

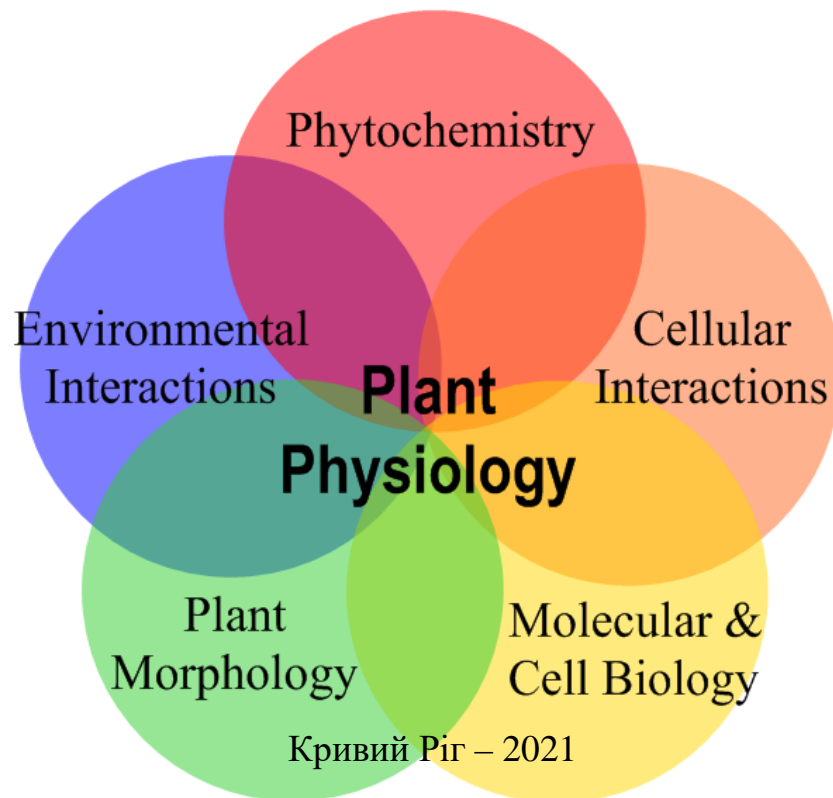
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра ботаніки та екології

АБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ З ФІЗІОЛОГІЇ ТА ЗАХИСТУ РОСЛИН

для студентів спеціальності 101 Екологія

Частина II



УДК 581.1.(076.5)

Укладач: Перерва В.В., к.пед.н., асистент

Рецензенти: : Гнілуша Н.В., к.пед.н., доц.

Комарова І.О., к.б.н., ст.викл.

Рекомендовано кафедрою ботаніки та екології
протокол №6 від «24»січня 2022 р.

рекомендовано вченою радою
природничого факультету КДПУ
протокол №6 від «27» січня 2022 р.

Перерва В.В. (уклад.) Лабораторний практикум з фізіології та захисту рослин для студентів спеціальності 101 Екологія. Частина друга. Кривий Ріг: КДПУ, 2022. 53 с.

Лабораторний практикум включає методичні рекомендації до лабораторних робіт з курсу „Фізіологія та захист рослин” щодо вивчення фізіології живлення, росту, розвитку рослин та механізмів стійкості рослин, виконання яких дозволяє закріпити знання з теоретичного курсу, набуті навичок експериментальної роботи та оволодіти методами досліджень в галузі фізіології та екології рослин.

Частина друга охоплює тематику лабораторних робіт з розділів „Фізіологія живлення, росту та розвитку рослин” та „ Фізіологічні механізми стійкості рослин ”.

Призначений для студентів IV курсу бакалаврату спеціальності 101 Екологія.

ЗМІСТ

III. ФІЗІОЛОГІЯ ЖИВЛЕННЯ, РОСТУ ТА РОЗВИТКУ РОСЛИН

<i>Лабораторна робота 1. Виявлення нітратів в рослинах.....</i>	<i>4</i>
<i>Лабораторна робота 2. Мікрохімічний аналіз золи рослин</i>	<i>7</i>
<i>Лабораторна робота 3. Якісне визначення алкалоїдів та дубильних речовин в рослинах</i>	<i>12</i>
<i>Лабораторна робота 4. Вирощування рослин у водних культурах на повній живильній суміші і з виключенням окремих елементів.....</i>	<i>18</i>
<i>Лабораторна робота 5. Сучасні технології вирощування культур (гідропоніка, аеропоніка).....</i>	<i>25</i>

IV. ФІЗІОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ СТІЙКОСТІ РОСЛИН

<i>Лабораторна робота 6. Переривання періоду спокою у бруньок деревних порід для раннього вигону рослин.....</i>	<i>27</i>
<i>Лабораторна робота 7. Стратифікація насіння у деревних порід.....</i>	<i>31</i>
<i>Лабораторна робота 8. Виявлення явища гідротропізму у рослин.....</i>	<i>36</i>
<i>Лабораторна робота 9. Спостереження за явищем фототропізму та визначення місця сприйняття світлового подразнення у молодих проростків злаків.....</i>	<i>36</i>
<i>Лабораторна робота 10. Спостереження за ростом коренів пшениці в розчині чистої солі і в суміші солей (антагонізм іонів)</i>	<i>38</i>
<i>Лабораторна робота 11. Солестійкість. Вплив концентрації розчину солей на проростання насіння</i>	<i>40</i>
<i>Лабораторна робота 12. Визначення жаростійкості рослин за Ф. Мацковим</i>	<i>43</i>
<i>Додаток I. Виготовлення поживних сумішей при вирощуванні водних культур (до лабораторної роботи №4).....</i>	<i>49</i>
<i>Додаток II. Сучасні технології вирощування культур (гідропоніка, аеропоніка) (до лабораторної роботи №5).....</i>	<i>51</i>

III. ФІЗІОЛОГІЯ ЖИВЛЕННЯ, РОСТУ ТА РОЗВИТКУ РОСЛИН

Лабораторна робота 1.

Тема: ВИЯВЛЕННЯ НІТРАТІВ В РОСЛИНАХ

Мета: обґрунтувати значення нітрогену для життєдіяльності рослин; виявити природні та штучні шляхи азотного живлення рослин; провести порівняльне визначення вмісту нітратів у різних рослин та різних їх органах та тканинах за допомогою якісних реакцій.

Обладнання, об'єкти та реактиви: парникові овочі (огірок, капуста, перець, помідор, редис), зелень (петрушка, кріп, зелена цибуля, базилік), ранні фрукти (полуниця), молодий часник та картопля; 1 %-й розчин дифеніламіну в концентрованій сірчаній кислоті, контрольний розчин нітратів (1,631 г хімічно чистого сухого KNO_3 розчиняють у воді та доводять до 1 л); чашки Петрі, піпетки, скальпелі.

Основні відомості:

Нітроген – один із обов'язкових елементів найважливіших органічних сполук, із яких складаються тканини всіх живих організмів (входить до складу білків, АТФ, нуклеїнових кислот). Основні запаси даного хімічного елементу знаходяться в атмосфері у вигляді молекулярного азоту, який не доступний для засвоєння рослинами в такій формі. В процесі колообігу нітрогену в природі під час розщеплення білків та інших нітрогеновмісних речовин виділяється аміак. Нітрифікуючі бактерії окислюють його до нітратів, а ті, в свою чергу, перетворюються на нітрити. Під дією денітрифікуючих бактерій останні знову перетворюються на азот, який знову потрапляє до атмосфери. У ґрунт нітроген надходить з різними видами добрив, залишками рослин, амонійними та нітратними солями, які містяться в дощовій воді.

Нітрати в невеликих кількостях є безпечними, оскільки не відносяться до отруйних речовин і в мінімальній кількості існують практично у кожному продукті який ми вживаємо в їжу. Насамперед, це природні речовини без яких не можливий нормальний ріст та розвиток рослин.

У разі вживання великих доз нітратів із питною водою чи продуктами харчування через 4–6 годин проявляються характерні симптоми нітратного отруєння: нудота, задуха, посиніння шкірних покривів і слизових оболонок, діарея. Нітрити взаємодіючи з гемоглобіном крові, перетворюють його в метгемоглобін, який не здатний переносити кисень до тканин, що призводить до кисневого голодування. Це часто супроводжується загальною слабкістю, запамороченням, болями в потиличній частині, тахікардією, почервонінням шкіри, зниженням артеріального тиску, синюшністю шкіри, погіршенням зору. Перша допомога при отруєнні нітратами – ретельне промивання шлунку,

сорбенти - активоване вугілля та ін., сольові проносні, свіже повітря, у складних випадках негайна госпіталізація.

Порівняно легко людина переносить денну дозу нітратів в 15 – 200 мг; 500 мг – це гранично допустима доза, 600 мг – вже токсична доза для дорослої людини. В Україні допустима середньодобова доза нітратів – 312 мг. Мішень дії великих доз нітратів – ядра гепатитів та нуклеїновий обмін. Нітрати знижують вміст вітамінів в продуктах, зменшують кількість йоду в організмі, можуть викликати різке розширення судин, внаслідок чого знижується кров'яний тиск. Тому кількісне та якісне визначення нітратів та нітритів в продуктах харчування є на сьогодні досить актуальним. Одним із методів визначення нітратів є використання реакції нітрат-йону з дифеніламіном, під час якої розвивається синє забарвлення. За інтенсивністю посиніння роблять висновок щодо кількості нітратів у об'єкті дослідження.

Хід роботи:

1. З контрольного розчину нітратів виготовити стандартні розчини концентрацією: 1000, 500, 250, 125, 10 мг/л.

2. Чашку Петрі поставити на білий папір, на дно чашки нанести по краплині стандартних розчинів різної концентрації, а також краплину соку досліджуваної рослини, вичавлюючи її ручним пресом.

Примітка. Замість краплини соку можна використати гомогенну масу, отриману з рослинної проби в об'ємі краплини.

3. До стандартних розчинів і клітинного соку додати по одній краплині дифеніламінового реактиву.

Примітка. Поява синього забарвлення свідчить про наявність нітратів. Впродовж 1-2 хв. забарвлення змінюється, тому оцінювати його треба відразу, порівнюючи зі стандартними розчинами.

Під час виконання цієї роботи доцільно вивчати такі питання: як впливає освітлення на вміст нітратів у різних органах рослин; в яких органах рослини перетворюються нітрати; як відновлюються нітрати в злакових і бобових рослинах.

4. Результати дослідів оцінити за шкалою стандартних розчинів нітратів і занести до таблиці.

Таблиця 1 – Визначення вмісту нітратів у рослинах

Об'єкт дослідження	Умови вирощування	Фаза онтогенезу	Вміст нітратів (середнє з трьох повторностей), мг/л			
			у листку	у стеблі	у корені	сумарний

***Примітка:** у плодах доцільно звернути увагу на концентрацію нітратів у частинах поблизу плодоніжок, у екзокарпії тощо.*

Контрольні питання:

1. Як пояснити зменшення вмісту нітратів у рослині, що перебуває на світлі?
2. Які ферментні системи відповідають за відновлення нітратів?
3. Чому нітрити не накопичуються в тканинах рослин?
4. Чи можна одержати азотові добрива з повітря й чому їх так не добувають у промислових масштабах?
5. Які форми азоту доступні для рослин?

Лабораторна робота 2.

Тема: МІКРОХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗОЛИ РОСЛИН

Мета: проаналізувати загальний хімічний склад рослин, опрацювати класифікацію хімічних елементів на органігенні, зольні, макро-, мікро-, ультрамікроелементи; опрацювати методи мікрохімічного (крапельного) аналізу хімічних елементів та визначити елементний склад листків залежно від умов живлення та віку рослин.

Обладнання, об'єкти та реактиви: зола листків різних видів рослин; дистильована вода, аміак, 10 %-й розчин соляної кислоти, 1 %-ві розчини: сульфату талію, хлориду платини, сірчаної кислоти, фосфату натрію, молібдату амонію в азотній кислоті, нітрату стронцію, жовтої кров'яної солі, тартрату натрію, щавлевої кислоти, гідрату нітрату ртуті (I), ацетату свинцю, нітрату срібла, комплексна натрієва мідно-свинцева нітратна сіль $\text{Na}_2\text{CuPb}(\text{NO}_2)_6$ для аналізу на калій; пробірки (по чотири на студента), скляні палички, штативи для пробірок, предметні стекла, маленькі лійки, мікроскопи, фільтрувальний папір, порцелянові пластинки.

Основні відомості:

Серед усіх поживних елементів у рослин 24 хімічні елементи є життєво необхідними, 21 елемент вважають умовно необхідними (рис.1). Життєво необхідні – це елементи, без яких рослина не може повністю закінчити цикл свого розвитку і які не можуть бути замінені іншими елементами. Фізіологічне значення умовно необхідних елементів остаточно не досліджено. Елементи, необхідні рослинам, відносяться до різних груп періодичної системи елементів Менделєєва. Наразі слід зазначити, що у високих концентраціях більшість елементів токсичні для рослин. Для встановлення хімічного складу золи застосовують мікрохімічний метод – якісні реакції, в результаті яких утворюються характерні для певних речовин кристали або забарвлення розчину. Цей метод не потребує значної кількості матеріалу. Аналіз дає змогу виявляти як макро-, так і мікроелементи.

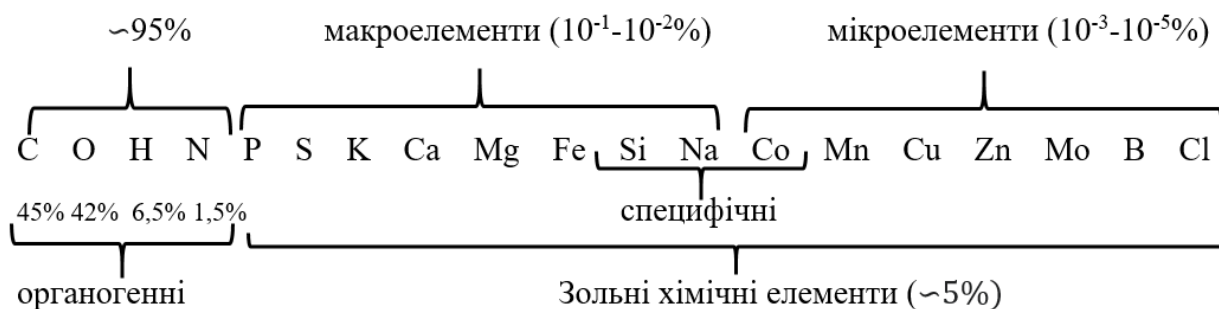


Рис.1 Хімічний склад рослинної клітини

До макроелементів відносять ті, які містяться в рослинах в значних (від сотих часток до цілих відсотків) кількостях - це карбон, кисень, гідроген, нітроген, фосфор, калій, сульфур, магній, ферум.

Мікроелементи - це хімічні речовини, необхідні для коректного протікання життєво важливих процесів в живих організмах. Мікроелементи містяться в рослинах в дуже малих кількостях (як правило, менше 0,001%), але незважаючи на мінімальний вміст вони вкрай необхідні для розвитку і росту рослин.

Ультрамікроелементи містяться в рослинах ще в менших кількостях.

Приготування реактиву:

- сіль $\text{Na}_2\text{CuPb}(\text{NO}_2)_6$: 2г NaNO_3 (що не містить калію), 0,9г $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ розчиняють у 15 мл дистильованої води, підкисленої 0,2 мл 30 %-ї оцтової кислоти. Отриманий розчин зберігають у склянці з притертою кришкою.

Хід роботи:

Мінеральні речовини, що входять до складу золи, розчинні у воді, або кислоті. Тому для мікрохімічного аналізу готують два розчини золи: у воді і в 10 %-й соляній кислоті.

1. Приготування водної і кислотної витяжки золи – у дві пробірки внести по 1см^3 золи та додати: в першу 5 мл води, а в другу – 5 мл 10 %-ї HCl , розчини ретельно перемішати склянкою паличкою (для кожної пробірки окремо). За 2÷3 хв. відфільтрувати крізь паперовий фільтр у чисті сухі пробірки.

2. На предметне скло на відстані 1 см нанести краплину витяжки золи (водної або кислотної, відповідно до елемента, який визначається) і краплину відповідного реактиву.

2.2. Виявлення хлору. Використовують водну витяжку золи.

- Реактивом на хлориди є сірчаноокислий талій (Tl_2SO_4). Між хлоридами і сульфатом талію відбувається реакція: $2\text{KCl} + \text{Tl}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{TlCl} + \text{K}_2\text{SO}_4$.

У результаті реакції хлорид талію випадає у вигляді кристалів хресто- або мечоподібної форми (рис.2). Внаслідок значного заломлення променів ці кристали мають чорний колір. Сульфат талію можна замінити нітратом талію.

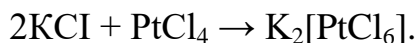
- Як реактив на хлориди використовують також розчин нітрату срібла AgNO_3 . Хлориди з AgNO_3 утворюють білий осад (реакція відбувається у пробірці).

2.3. Виявлення калію. Для реакції використовують як водну, так і кислотну витяжку золи залежно від реактивів.

- Реактив тартрату натрію однозаміщеного $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ з нейтральним розчином солей калію утворює кристали тартрату калію однозаміщеного

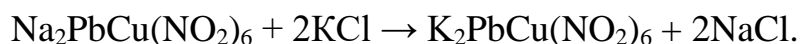
$\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ у вигляді великих призм і пластинок. Для реакції використовують водний розчин, який обов'язково доводять до нейтрального рН, оскільки кристали тартрату калію однозаміщеного добре розчиняються в кислотах і лугах.

- Реактив – хлорид платини PtCl_4 . Використовують водний або кислотний розчини. Відбувається реакція:



У результаті реакції утворюються жовто-зелені октаедричні кристали гексахлорплатинату калію, інколи у вигляді тетраедрів і кубів (рис. 1).

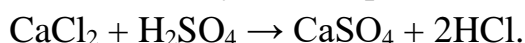
- Реактив комплексної солі $\text{Na}_2\text{PbCu}(\text{NO}_2)_6$. Використовують водну витяжку золи. Відбувається реакція:



Через деякий час утворюються свинцево-чорні і темно-коричневі кристали свинцево-мідного нітрату калію (рис. 1).

2.4. Виявлення кальцію. Для реакцій на кальцій і наступні елементи використовують кислотну витяжку золи.

- Реактив – сірчана кислота. Відбувається реакція:

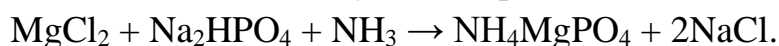


У результаті реакції утворюються характерні довгі тонкі голки гідратованого сульфату кальцію $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ (гіпс), потім голки об'єднуються в структури, що нагадують сніжинки, які накопичуються одна на одну (рис.1). Голки можуть переходити в тонкі призми та маси пластинок, що накопичуються одна на іншу.

- Реактив – щавлева кислота. У результаті реакції випадають кристали оксалату кальцію ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \times 3\text{H}_2\text{O}$) у вигляді октаедрів, кубів, інколи хрестів.

2.5. Виявлення магнію.

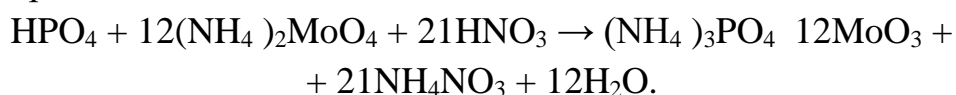
- Реактив – фосфат натрію Na_2HPO_4 . Спочатку в краплину досліджуваної рідини додають краплину аміаку для нейтралізації і вже потім з'єднують із реактивом дугоподібним каналом. Відбувається реакція:



У результаті реакції утворюються кристали фосфорно-аміачно-магnezіальної солі у вигляді кришечок, сніжинок, крил, квадратів, прямокутників, зірок (рис.1).

2.6. Виявлення фосфору.

- Реактив – 1 %-й розчин молібдату амонію в 15 %-й азотній кислоті. Відбувається реакція:



У результаті реакції випадає жовто-зелений осад дрібних кристалів фосфоромолібдату амонію. З часом осад набуває інтенсивнішого забарвлення (рис.1).



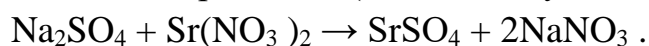
Рис.2 Мікроскопічне дослідження кристалів:

1 – хлорид талію, 2 – свинцево-мідний нітрат калію, 3 – сульфат кальцію (гіпсу), 4 – фосфорно-аміачно-магnezіальна сіль, 5 – фосфорномолібдат амонію.

- Реактив – гідрат нітрат меркурію (I) $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$. У результаті реакції утворюється осад фосфату меркурію у вигляді пучків, голок, кристалічних розеток. 208 209

2.7. Виявлення сірки.

- Реактив – азотнокислий стронцій $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$. Відбувається реакція:

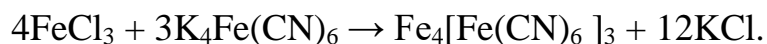


У результаті реакції випадає дрібнокристалічний осад сульфату стронцію. Кристалики мають заокруглену форму.

- Реактив – нітрат срібла AgNO_3 . У результаті реакції утворюються кристали сульфату срібла Ag_2SO_4 , які мають форму витягнутих шестикутників і ромбів. Охолодження може прискорити формування кристалів.

- Реактив – ацетат свинцю $Pb(CH_3COO)_2$. У результаті реакції утворюються дуже дрібні кристали сульфату свинцю у вигляді довгих голок, зірок, ромбів (рис. 2). 2.8. Виявлення заліза.

- Реактив – жовта кров'яна сіль $K_4Fe(CN)_6$. Реакція відбувається у пробірці або на порцеляновій пластинці. До кількох краплин досліджуваної рідини поступово додати кілька краплин 1 %-го розчину жовтої кров'яної солі. Відбувається реакція:



Наявність заліза визначають за утворенням берлінської лазурі яскраво-синього забарвлення.

3. Препарувальною голкою з'єднати обидві краплини дугоподібним каналом.

Примітка. Препарат можна злегка підсушити над полум'ям спиртівки. Однак слід пам'ятати, що тільки за повільної кристалізації утворюються великі, правильно сформовані кристали. Необхідно також уникати повного перемішування краплин, тому що відбудеться швидка кристалізація – випадуть дуже дрібні кристали, які майже непомітні в полі зору мікроскопа. Скляні палички і мікропіпетки після нанесення реактиву слід вимити і витерти фільтрувальним папером, щоб його залишки не заважали наступній реакції.

4. Препарат розглянути під мікроскопом без накривного скельця (об'єктив x8, x10, окуляр x15)

5. Результати мікрохімічного аналізу записати у таблицю Мікрохімічний аналіз золи:

Елемент	Витяжка золи (водна, кислотна)	Реактив	Хімічна реакція	Результат реакції (форма, розмір кристалів, колір розчину тощо)

Контрольні питання:

1. Як класифікують поживні елементи за їхнім вмістом у рослинах?
2. Які поживні елементи є життєво та умовно необхідними для рослин?
3. За якими критеріями хімічний елемент можна вважати життєво необхідним?
4. Для чого готують водну і кислотну витяжку золи?
5. Чому для одержання зольних елементів використовують соляну, а не інші кислоти?
6. Як виявити калій, кальцій, магній та інші елементи в золі?
7. Для чого проводять аналіз золи рослин?

Лабораторна робота 3.

Тема: ЯКІСНЕ ВИЗНАЧЕННЯ АЛКАЛОЇДІВ ТА ДУБИЛЬНИХ РЕЧОВИН В РОСЛИНАХ

Мета: виявити сутність та біологічне значення алкалоїдів та дубильних речовин рослин, опрацювати методику якісного визначення їх вмісту в рослинній сировині.

Обладнання, об'єкти та реактиви:

I. Порцелянова пластинка, піпетки, ступка, зразки рослин, що містять алкалоїди (види рослин жовтецевих, пасльонових, метеликових, мкових, барвінкових), розчин йоду в йодистому калії.

II. Порцелянова пластинка, піпетки, пробірки, спиртівка, ніж, зразки рослин, що містять дубильні речовини (листя, кора та гали дуба, різні види гірчака, ревеню, бадану, звіробою, скумпії, щавлю, чаю), розчин хлорного заліза ($FeCl_3$).

I. Якісне визначення алкалоїдів

Основні відомості:

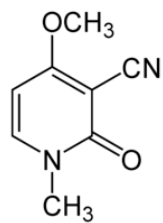
Алкалоїди – це велика група вторинних рослинних речовин, більшість з яких має валиві фармакологічні властивості, наприклад, алкалоїди хінного дерева. На сьогоднішній день відомо більше 2 тисяч рослинних алкалоїдів (обстежено тільки близько 5% усіх видів рослин). Більшість з них мають основні властивості, як ще свідчить з їхньої назви (алкалоїд – рослинний луг). Чіткої номенклатури не існує, але алкалоїди з гетероциклічними кільцями називають справжніми алкалоїдами, а алкалоїди без кілець – протоалкалоїдами.

Алкалоїди синтезуються в рослинах внаслідок обміну речовин як продукти розпаду білків. Вони містяться в клітинному соку рослин звичайно у вигляді солей органічних кислот. В сполуках з кислотами добре розчиняються у воді, погано в спирті. Один і той самий алкалоїд може міститись в різних рослинах, які належать до різних родин. Наприклад, алкалоїд берберин є в барбарисі звичайному (звідси походить назва), а також горіцвіті весняному й чистотілі звичайному.

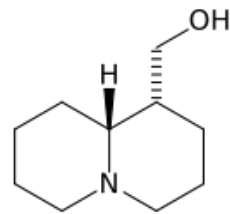
Найчастіше носіями алкалоїдів є представники родин *Ranunculaceae*, *Solanaceae*, *Fabaceae* та *Apocynaceae*.

У деяких рослинах їх буває дуже багато, як от в молочному соці макових коробочок, у чистотілі великому. Із загально відомих алкалоїдів кофеїн міститься в зернах кави і в листках чаю китайського, атропін – у беладоні лікарській, нікотин – в листках тютюну, морфін – у коробочках маку снотворного.

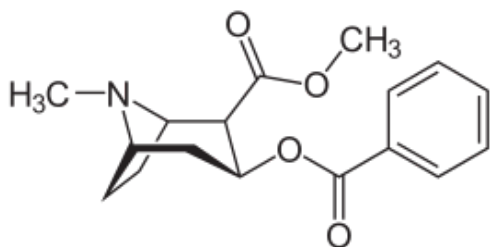
Приклади алкалоїдів та їх рослинне джерело:



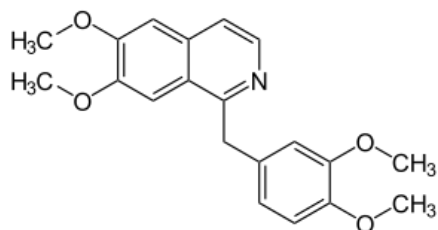
Рицин
Ricinus communis L.



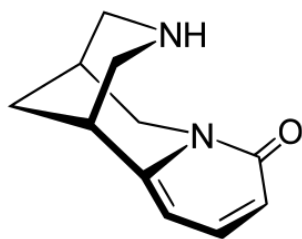
Люпинин
Lupinus sp.



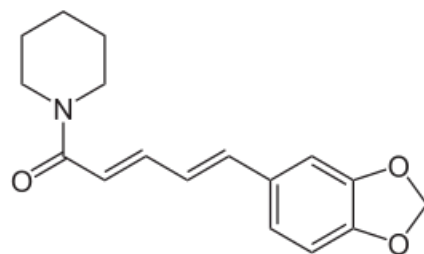
Кокаїн
Erythroxylum coca L.



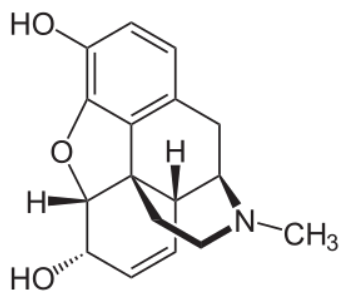
Папаверин
Papaver somniferum L.



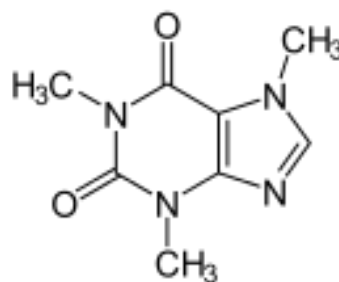
Цитизин
Бобові *Fabaceae*



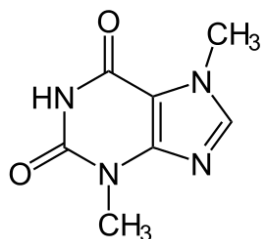
Піперин
Piperáceae



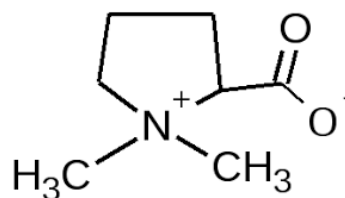
Морфін
Papaver somniferum L.



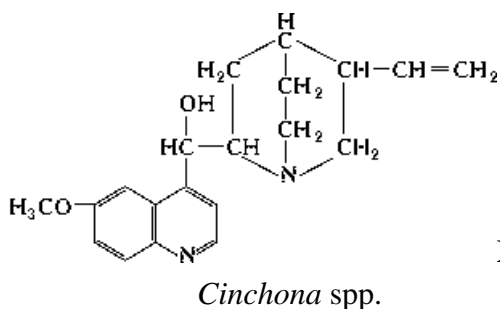
Кофеїн
Coffea arabica L.



Теобромин (какао)
Theobrōma cacao L.



Стахідрін
Medicago sativa L.



Алкалоїди накопичуються головним чином у тканинах чотирьох типів:

1. В активно зростаючих тканинах.
2. В епідермальних і гіподермальних тканинах.
3. В обкладці судинних пучків.
4. У латексних судинах.

Алкалоїди знаходяться у вакуолях і тому не виявляються в молодих клітинах доти, допоки не наступить вакуоляризація. Алкалоїди зрідка присутні в скорковілих, мертвих тканинах (навіть в корені хінного дерева, що містить 12% за масою алкалоїдів, які знаходяться винятково в паренхімі).

Часто алкалоїди накопичуються не в тих тканинах, у яких вони синтезуються. Наприклад, нікотин синтезується в коренях тютюну, проте запасається в листках. Вторинні структурні модифікації часто здійснюються не там, де відбувається первинний синтез.

Хід роботи:

Шматочок кореня, листка або плоду старанно подрібнюють в порцеляновій ступці та переносяться на порцелянову пластинку (або скляну, чи предметне скло, під які покладено білий папір). До одержаної маси додають кілька крапель йоду в йодистому калії.

Червоно-бурий колір вказує на наявність алкалоїдів (якісна реакція), а інтенсивність забарвлення – на їх кількість.

Результат роботи записують за такою схемою (ступінь забарвлення виражають за 5-бальною шкалою): 0 – відсутнє забарвлення, 1 – незначне, 2 – мало інтенсивне, 3 – середня інтенсивність, 4 – інтенсивне, 5 – дуже інтенсивне

№	Назва рослини	Частина рослини (орган, тканина)	Інтенсивність забарвлення в червоно- бурий колір, бали

II. Якісне визначення дубильних речовин

Основні відомості

Дубильні речовини, або **таніни (таніди)** – безазотні неотруйні органічні сполуки, похідні фенолу, які розчиняються в спирті та воді. Це складні ефіри фенолкарбонових кислот (наприклад, галової) з багатоатомними спиртами (наприклад, глюкозою), конденсовані феноли й інші. Звичайно до танінів відносять усі фенольні сполуки, що зустрічаються в рослинах, з молекулярною масою близько 300-3000, здатні утворювати міцні зв'язки з білками, полісахаридами, алкалоїдами та іншими макромолекулами, а також солями важких металів, утворюючи при цьому осад. Властивість танінів осаджувати білки лежить в основі їх дубильної дії (фр. Tanner – дубити шкіру).

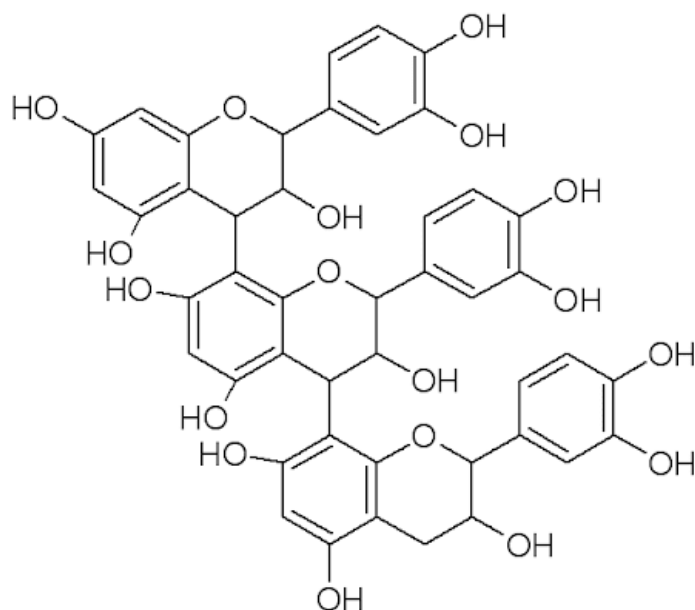
На повітрі під впливом ферментів окислюються і стають червоні або темно бурі. Характерною реакцією на дубильні речовини являється почорніння їх при обробці слабким розчином будь-якої солі заліза (III) (утворення чорнила).

Містяться в корі, деревині, листках і / або плодах багатьох видів рослин (в однодольних відсутні), накопичуються у вакуолях рослин, здатних до тигмонастій (наприклад, мімоза).

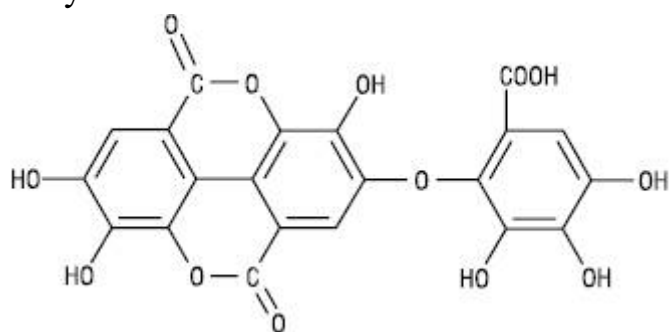
Пригнічують ріст багатьох патогенних для рослин мікроорганізмів, захищають рослини від поїдання тваринами (антифіданти), найбільше дубильних речовин є в корі дуба і дубових галах, в коренях перстачу прямостоячого, суниць лісових, гірчака зміїного, в траві звіробою звичайного, в чаї. Вони виявляють в'язучу та протизапальну дію і використовуються при різних захворюваннях шлунково-кишкового тракту, стоматитах, опіків і при шкірних захворюваннях, мають бактерицидні властивості.

Підрозділяються на дві головні групи: таніни, що гідролізуються і конденсовані таніни (що не гідролізуються).

Ядром танінів, що гідролізуються, є поліоксіалкоголь: глюкоза, що етирфікована галовою кислотою з утворенням галотанінів або етирфікована гексагідроксидифеновою кислотою з утворенням елаготанінів. Найпростіший приклад таніну, що гідролізується, є танін сумаху (*Rhus* sp.)



Конденсовані таніни можуть утворюватися тільки з фенолів флавонового типу. Їх часто називають флаволанами, оскільки вони являють собою полімери флавонів, таких як флаван-3-ол або флаван-3,4-діол. На відміну від танінів, що гідролізуються, вони ніколи не містять залишків цукрів. Димер процианіда, до якого приєднані інші молекули флавонів, являє собою типовий приклад конденсованого таніну.



Конденсований танін

Хід роботи:

Зразок сухого рослинного матеріалу, розміром з горошину, ввести в пробірку з 5-6 мл води і кип'ятити 2-5 хвилин. До витяжки додати 1-2 краплі хлорного заліза.

Видавити краплину соку зі свіжого рослинного матеріалу на порцелянову пластинку (або скляну, чи предметне скло, під які покладено білий папір). До одержаної маси додають кілька крапель хлорного заліза.

Нанести краплю хлорного заліза на свіжий зріз досліджуваної рослини.

Результат роботи записують за такою схемою (ступінь забарвлення виражають за 5-бальною шкалою): 0 – відсутнє забарвлення, 1 – незначне, 2 – мало інтенсивне, 3 – середня інтенсивність, 4 – інтенсивне, 5 – дуже інтенсивне

№	Назва рослини	Частина рослини (орган, тканина)	Інтенсивність забарвлення в червоно- бурий колір, бали

Контрольні питання:

1. Дубильні речовини: визначення та біологічна роль.
2. Яка локалізація дубильних речовин (тканини, органи)?
Де переважно містяться дубильні речовини? В яких частинах (органах, тканинах) рослин їх кількість більша?
3. Якісна реакція на дубильні речовини: реактив, колір.
4. Алкалоїди: визначення та біологічна роль.
5. Яка локалізація алкалоїдів в рослині (тканини, органи)?
6. Якісна реакція на алкалоїди: реактив, колір.
7. Назвіть рослини, що містять алкалоїди.
8. Назвіть рослини, що містять дубильні речовини.

Лабораторна робота 4.

Тема: ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН У ВОДНИХ КУЛЬТУРАХ НА ПОВНІЙ ЖИВИЛЬНІЙ СУМІШІ І З ВИКЛЮЧЕННЯМ ОКРЕМИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Мета: виявити фізіологічне значення макроелементів для рослин та опанувати методику дослідження мінерального живлення рослин на водних культурах за різних комбінацій вмісту макроелементів.

Обладнання, об'єкти та реактиви: проростки злакових культур; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KH_2PO_4 , KCl , NaCl , MgSO_4 , NaH_2PO_4 , FeCl_3 ; : аналітичні ваги, ножиці, електроплитка, скляні банки ємкістю (1 л), клей, нитки.

Основні відомості:

Мінеральне живлення рослин

Доведено, що для нормального життєвого циклу рослинного організму необхідними є такі елементи: вуглець, водень, кисень, азот, фосфор, калій, кальцій, магній, сірка, залізо, марганець, мідь, цинк, молібден, бор, натрій, кремній, кобальт, хлор та ін. Багато з них є суто мінеральними і поглинаються рослинами, головним чином, з ґрунтового розчину у вигляді іонів. А такі елементи, як вуглець, водень і кисень надходять до рослини переважно у вигляді CO_2 , H_2O і O_2 .

Усі хімічні елементи рослин за кількісним вмістом В.І. Вернадським поділено на три умовні групи.

- *Макроелементи* – мають вміст від 10 до 0,01% сухої маси рослини. Наприклад, С, Н, О, N, К, Р, Mg, Ca, S.
- *Мікроелементи* – містяться в рослині у значно меншій кількості (від 0,001 до 0,00001%). Наприклад, Fe, B, Mn, Zn, Mo, Co та ін.
- *Ультрамікроелементи* – вміст у рослин не перевищує 10-6%. Наприклад, Рb, Ag, Li, Hg, As та ін.

Слід зазначити, що із 60 мінеральних елементів, наявних у складі тканин рослин, тільки частина є дійсно необхідною для забезпечення їхньої життєдіяльності. Такі хімічні елементи дістали назву **біогенних**. Інші ж мінеральні речовини надходять до рослин чисто випадково, пасивно й фактично не потрібні для їхнього росту та розвитку. Такі мінеральні елементи називають **абіогенними**.

Загалом, найбільш важливі макроелементи це N, P, K.

Нітроген – один з основних біогенних елементів. Він входить до складу білкових речовин і багатьох інших природних життєвоважливих для рослин органічних сполук: ліпоїдів, хлорофілу, алкалоїдів, фосфатидів, нуклеопротейдів, різних ферментів. Вміст нітрогену в деяких рослинних білках становить 14,7–19,5%.

У сухій речовині рослин його вміст коливається від 0,4 до 5%. Найбільше азоту в насінні зернових (1,5–3%) і зернобобових (2,5–5%) культур на суху речовину, тоді як у соломі зернових злаків не більш як 0,4–0,6%.

Потреба рослин в азоті порівняно з іншими елементами живлення виявляється частіше і більшою мірою. Ефективність удобрення азотом щодо впливу на врожай – найвища.

Умови азотного живлення мають великий вплив на лінійний ріст і розвиток рослин. При азотному голодуванні гальмується ріст як окремих органів, так і всієї рослини; листки набувають світло-жовтого кольору і передчасно жовтіють; стебла стають тонкими. Однобічне азотне живлення, особливо у другій половині вегетації, сприяє формуванню великої вегетативної маси, затримує утворення генеративних органів. Такі рослини характеризуються підвищеним вмістом протеїну. Але це збільшення не завжди супроводжується зростанням біологічної і господарської цінності врожаю.

Фосфор в живих організмах нероздільно пов'язаний з енергетичним обміном, спадковою інформацією, ферментативним каталізом, проникністю клітинних мембран та іншими важливими функціями. Фосфор – основа життя на полях.

Роль фосфору, як і азоту, для рослинного організму надзвичайно важлива. Він належить до елементів-органогенів. У вигляді залишку фосфорної кислоти фосфор входить до складу таких конституційних речовин, як нуклеїнові кислоти, нуклеопротеїди, фосфатиди, до складу окремих запасних речовин, проміжних продуктів обміну, високоенергетичних сполук – рибулосодифосфату, фосфогліцеринової кислоти, фосфогліцеринового альдегіду, аденозин-фосфатів (АМФ, АДФ, АТФ та ін.). Фосфор є складовою частиною коферментів, які беруть участь у процесах фотосинтезу і дихання (НАД, ФАД, НАДФ, КоА та ін.).

Конституційні сполуки фосфору відіграють особливу роль при побудові ядер (входять до складу ДНК), біологічних мембран.

Сполуки фосфору беруть безпосередню участь в енергообміні при таких фізіологічних процесах, як поглинання і транспорт елементів мінерального живлення, перетворення і переміщення запасних органічних сполук.

Калій. Вважається, що калій не входить до складу органічних сполук клітини і перебуває лише в іонній формі. Свідченням цього може бути те, що значна частина калію легко вимивається водою з непошкоджених органів рослини, зокрема листків. Проте, останнім часом на підставі експериментальних дослідів висловлюється думка, що цей елемент знаходиться у рослині не тільки в іонній формі; він може утворювати лабільні

комплекси з колоїдами. Це має важливе значення для біологічних функцій мембран, зокрема мембран хлоропластів і мітохондрій.

Калій підвищує гідратацію колоїдів цитоплазми, її водоутримуючу здатність і сприяє стабілізації структури органоїдів і протопласта в цілому. Маючи вплив на гідрофільність колоїдів цитоплазми, калій регулює водопоглинаючу здатність клітини, має певний вплив на регуляцію стану продихів. Цей елемент активує діяльність понад 60 ферментів, зокрема синтетази крохмалю. Посилюючи обмін вуглеводів, він сприяє підвищенню зимостійкості і морозостійкості рослин.

Калій – кофактор більше ніж 60 ферментів з різних груп (оксидоредуктаз, гідролаз, ліаз, трансфераз, синтетаз) і з їх допомогою глибоко впливає на процеси метаболізму. Позитивний вплив калійних добрив на утворення вуглеводів при фотосинтезі та їх перетворенні пов'язують із впливом калію на ферменти вуглеводного обміну.

Водні культури

Водна культура – це метод вирощування рослин на рідкому (водному) живильному середовищі.

Метод водних культур був розроблений в 70-х рр. ХІХ ст. німецькими біологами І. Кнопом і Ю. Саксом. Застосовується в дослідженнях живлення, росту і розвитку рослин, а також у виробничих умовах (наприклад гідропоніка).

Метод водних культур дозволяє регулювати об'єм, склад, концентрацію, осмотичний тиск, реакцію і інші властивості живильного розчину. Після впровадження цього методу а також близького методу піщаних культур у практику фізіологічних і агрохімічних досліджень були встановлені елементи, необхідні для живлення і розвитку рослин, а потім з'ясована роль в житті рослин макроелементів та мікроелементів.

В умовах водних культур добре зростають всі однорічні сільськогосподарські культури, у тому числі коренеплоди і бульбоплоди. Середовищем при цьому методі є мінеральний розчин поживних речовин. Склад таких розчинів визначається завданнями дослідження і видом рослини, що вивчається. Зазвичай, судини з водними культурами знаходяться у вегетаційних будиночках.

Завдяки застосуванню методу воднику культур є можливим: спостереження за розвитком корневих систем дослідних рослин, систематичний аналіз і періодичну зміну живильного розчину.

Заздалегідь вирощене насіння закріплює ватою на кришках, що покривають судини і що мають отвори для коріння. У один з отворів вставляють ту, що доходить до дна судини скляну трубку для постачання

коріння киснем. Щоб уникнути перегріву судин, а також розвитку в них водоростей на судини надівають подвійні чохла: усередині з чорної, зовні з білої.

Щоб визначити необхідність того або іншого мінерального елемента для живлення рослин, доцільно спланувати та поставити спеціальні досліди з вирощування рослин на штучних живильних зрівноважильних розчинах. З цією метою виготовлюють суміші розчинів на дистильованій воді з хімічно чистих солей. Кожна така живильна суміш відрізняється від іншої відсутністю одного з елементів. Наприклад, з однієї суміші виключають азот, з другою – калій, з третьої – фосфор.

На приготвлених сумішах у скляних посудинах вирощують рослини одного якогось виду, взяті у вигляді проростків. Спостерігаючи за дальшим ростом і розвитком рослин на цих сумішах, можна говорити про необхідність виключеного із розчину елемента.

Виключення будь-якого мікроелемента з живильної суміші спричинює порушення обміну речовин, гальмування росту і навіть загибель рослин.

Хід роботи:

Закладення дослідів з водними культурами включає такі операції:

- монтування посуду,
- підготовка насіння і вирощування розсади,
- виготовлення живильних сумішей,
- спостереження та догляд за дослідями,
- ліквідація дослідів,
- аналіз результатів.

Монтування посуду. Для дослідів з водними культурами використовують скляний посуд, в якому добре спостерігати за рослою тою і розвитком кореневих систем рослин. Розмір посудини залежить від величини кореневої системи. Найчастіше для цих дослідів використовують скляні банки місткістю 0,5, 1,0 та 2,0 л.

Шийки банок повинні добре закриватися. Для цього виготовляють спеціальні кришки з корка або дерева, з яких роблять по три отвори: перший – для скляної трубки, через яку продувають повітря, другий (у центрі) – для рослин і третій – для підпорки, до якої прив'язують рослину. Кришки краще робити з висувним сектором для зручного пересаджування рослин (рис.3). Кришки перед закладанням дослідів парафінують. Оскільки скляний посуд пропускає світло, то його обов'язково світлонепроникною обгорткою з чорного паперу, а щоб живильний розчин не перегрівся, зверху роблять ще

одну – білого паперу. Обидві обгортки повинні добре прилягати до банки (щоб не проникало світло) і разом з тим мають легко зніматись.

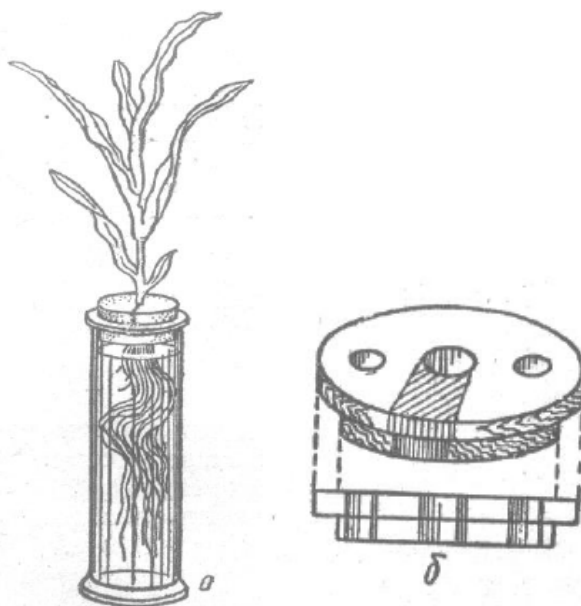


Рис.3. Загальний вигляд змонтованого посуду для водної культури
а – загальний вигляд, б – розріз кришки, якою закривають банку.

Підготовка насіння і вирощування розсади. З відібраного середнього зразка беруть 200-500 здорових на вигляд однорідних насінин, визначають енергію проростання і схожість. Потім насіння пророщують у чашках Петрі на фільтрувальному папері до утворення корінців 1,5-20 см завдовжки. Насіння можна пророщувати і в рулонній культурі (рис.4). Для цього беруть довгу стрічку фільтрувального паперу, розкладають вдовж по ній насіння, згортають у рулон, зав'язують нитками або гумовим кільцем і занурюють рулон, посудину з водою на 2-3 см, так щоб вода не вкривала насіння.

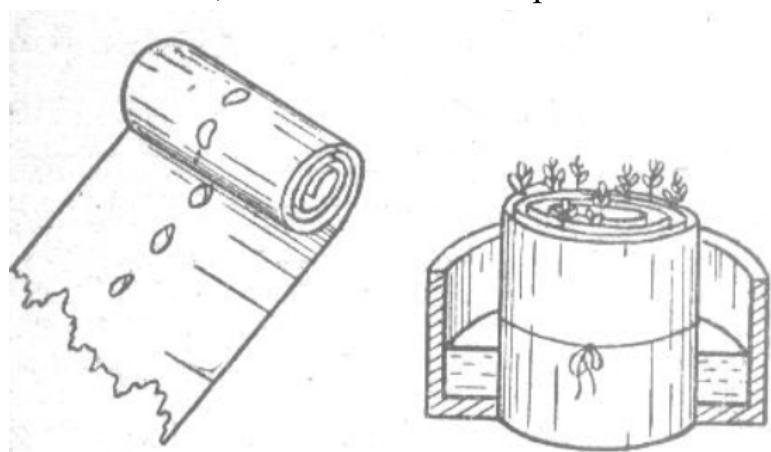


Рис. 4. Проростання насіння у рулонній культурі

Відібране проросле насіння переносять у тимчасові посудини (0,5 скляні банки зверху накриті і зав'язані пропарафінованою марлею з отворами для корінців). Проростки висаджують в отвори так щоб насіння залишалась на

поверхні, а корінці були занурені в розчин (рис.5). Ззовні банку обгортають подвійним шаром паперу. Коли на розсаді утворюються 2-3 справжніх листочки, рослини пересаджують на постійне місце у банки з живильними розчинами.

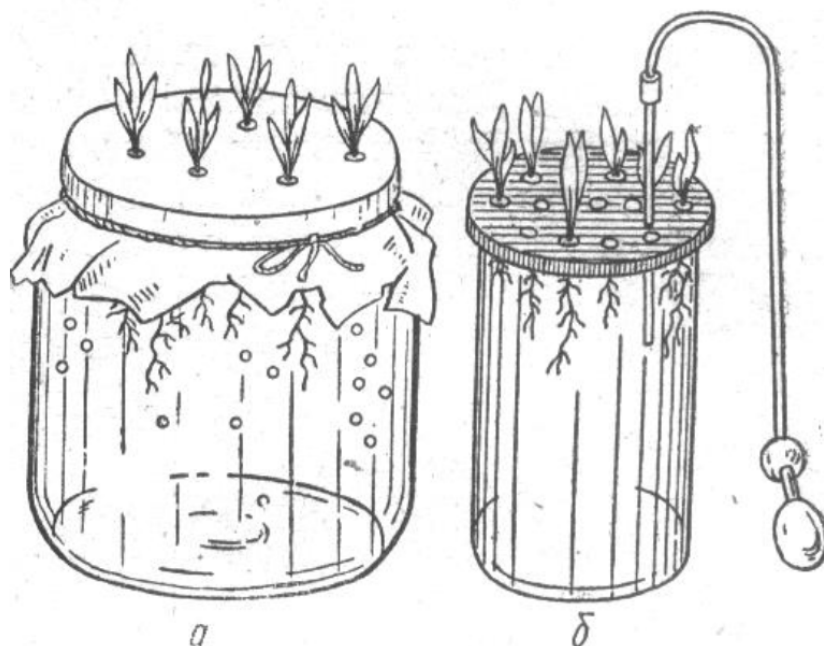


Рис.5. Вирощування проростків для водник культур

а – банка з проростками для культури,

б – продування розчинів повітрям

Виготовлення живильних сумішей. Заздалегідь складають схему досліду і тільки після цього виготовляють живильні розчини. Якщо за темою досліду треба вирощувати рослин на неповній живильній суміші, то для цього готують спеціальні розчини, з яких виключають той або інший елемент. При цьому елемент, який виключено, замінюють іншим, так щоб концентрація розчину залишилась без змін.

Для контролю виготовляють повну зрівноважену суміш. Після закінчення підрахунків потрібну кількість солей відважують на аналітичних терезах, розчиняють у дистильованій воді, збовтують і розливають у приготовлений посуд. Універсальним індикатором визначають рН розчинів. Для більшості видів рослин оптимальна рН середовища 5,5-6,5.

У змонтовані і заповнені живильними розчинами банки садять заздалегідь вирощену розсадку. В кожному посудині треба садити однакові рослини. Посудини з водними культурами ставлять на постійне місце, систематично доглядають і спостерігають за ними аж до закінчення і ліквідації досліду.

Спостереження та догляд. Регулярно (1 раз на тиждень) замінюють розчин, щодня в банки доливають води. Продувають розчини гумовою

грушею протягом 3-5 хв або додають у розчини 2-3 краплі H_2O_2 . Раз на тиждень перевіряють рН середовища. Підкислюють слабкими розчинами лимонної кислоти або додають їдкою натру. Листки рослин мийуть раз на тиждень.

За дослідами проводять систематичні фенологічні спостереження і акуратно записують їх у щоденники.

Фіксація результатів. Під час спостережень і перед закінченням досліду бажано зробити фотографії, а під час ліквідації дослідів рослини різних варіантів ретельно охарактеризувати: виміряти об'єм кореневої системи, висоту стебла, площу листків, сирі і суху масу надземної і підземної частини, кількість продихів, визначати вміст цукрі, пігментів, сирі золи тощо.

Загальні середні результати дослідів записують (табл.)

Таблиця – Результати вегетаційного експерименту з водними культурами

Об'єкт	варіант дослідів	висота стебла, см	об'єм коренів, см ³	листя середне		маса, г/ посудину				загальний вигляд рослин
				кількість	площа, см ²	стебло		корінь		
						сирі	суха	сирі	суха	

Контрольні питання:

1. Біологічна роль макро-, мікро- та ультрамікроелементів в житті рослин.
2. Охарактеризуйте потребу рослин в нітрогені, фосфорі, калії.
3. Метод водних культур: сутність та основні етапи.
4. Методика виготовлення живильних сумішей.

Лабораторна робота 5.

Тема: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУР (ГІДРОПОНІКА, АЕРОПОНІКА)

Мета: виявити сутність та значення основних сучасних технологій вирощування культур в штучних умовах; виявити суттєві особливості гідропоніки та аеропоніки; опрацювати методику вирощування рослин на водному поживному середовищі.

Обладнання, об'єкти та реактиви: насіння та проростки городніх та декоративних рослин; підготовлені поживні середовища (див. лабораторну роботу №4).

Основні відомості:

З розвитком сільського господарства зростає кількість інноваційних винаходів, способів та методів вирощування сільськогосподарських культур, які спрощують працю аграріїв. Передові технології культивування рослин стають все більш різноманітними та високопродуктивними, бо кожен хоче отримати високі врожаї з мінімальним зусиллям та витратами. Однією з таких високотехнологічних систем є аеропоніка.

Аеропоніка – один із напрямків гідропоніки, метод вирощування рослин без ґрунту та субстрату у вологому повітряному середовищі завдяки періодичному обприскуванню коренів поживними розчинами. Метод цієї повітряної культури рослин 1910 вперше було розроблено В. Арциховським, ботаніком, уродженцем міста Житомира. В 1911 році у статті «Про повітряні культури рослин» він описав власний метод фізіологічних досліджень кореневих систем за допомогою розбризкування різних речовин у повітрі. Як результат було вперше сконструйовано установки для аеропоніки, доведено їх практичну придатність для культивування рослин у закритому ґрунті.

Аеропоніка, як і інші методи вирощування культур має свої переваги та недоліки.

Переваги даного методу:

- екологічно чистий урожай, отриманий без застосування мінеральних або органічних добрив;
- середовище, насичене киснем, позитивно впливає на рослину, прискорюючи її ріст і розвиток;
- сприятливі умови, збільшують урожай в кілька разів у порівнянні з аналогами, вирощеними в ґрунті або в субстраті;
- прискорена вегетація дозволяє отримувати стабільні врожаї кілька разів на рік;
- розпилювачі контролюють зрошення за допомогою аеропонної системи;
- догляд за зеленню та овочами значно спрощується. Наприклад, для поновлення або пересадки досить видалити стару рослину і промити зрошувальну систему.

Недоліками даного методу можна вважати наступні:

- рослина має незвичний вигляд - коренева система занадто довга, потужна і розвинена в порівнянні з іншими частинами рослин;
- труднощі в управлінні системою зрошення можуть завдати великих збитків і погубити врожай;
- підвищені вимоги до гігієни та захисту від вірусів і бактерій, оскільки коренева система відкрита; -
- досить дороге оснащення для механізованих зрошувальних систем.

Завдяки аеропоніці можна отримувати до 10-14 врожаїв на рік, виключається поява бур'яні, також при аеропонній технології йде велика економія води та добрив, а вертикальний спосіб вирощування економить площу, таким чином, ця перевага дає можливість вирощувати рослини навіть вдома. Тому саме зараз потрібно впроваджувати і розвивати аеропонну технологію в Україні, адже це дуже перспективний напрямок розвитку АПК.

Хід роботи:

Обґрунтувати проєкт гідропонної установки, скласти кошторис та змонтувати відповідну її модель. Врахувати такі складові, як:

1. Субстрати.
2. Горщики.
3. Освітлення.
4. Добрива.
5. Датчики контролю і вимірювання рН, кондуктометр (ЕС), солеметр (TDS)
6. Системи поливу.
7. Наявність гроубоксу.
8. Вентиляція.
9. Зволожувачі / осушувачі повітря.

Примітка: дані можна отримати, використовуючи інтернет-ресурси за пошуком «промислового гідропоніка».

Контрольні питання:

1. Охарактеризуйте сучасні методи вирощування овочевих культур в теплицях?
2. Які біологічні особливості овочевих культур в першу чергу забезпечують їх оптимальний ріст і розвиток?
3. Основні способи вирощування рослин в теплицях.
4. Проаналізуйте гідропонний спосіб вирощування сільськогосподарських культур: переваги та недоліки.
5. Що розуміють під терміном «захищений ґрунт»?
6. Поясніть тлумачення понять «іригація» та «фертигація».

IV. ФІЗІОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ СТІЙКОСТІ РОСЛИН

Лабораторна робота 6.

Тема: ПЕРЕРИВАННЯ ПЕРІОДУ СПОКОЮ У БРУНЬОК ДЕРЕВНИХ ПОРІД ДЛЯ РАНЬОГО ВИГОНУ РОСЛИН

Мета: з'ясувати сутність та біологічне значення стану спокою рослин; опрацювати методику переривання спокою рослин; встановити основні методи виведення рослин зі стану спокою; провести спостереження вплив різних факторів на вихід бруньок деревних рослин зі спокою.

Обладнання, об'єкти та реактиви: гілки липи (*Tilia*), клену (*Acer*), форзиції (*Forsythia*), бузку (*Syringa*), гіркокаштану (*Aesculus*), ліщини (*Corylus*), спіреї (*Spiraea*), робінії (*Robinia*), тополі (*Populus*), винограду (*Vitis*), яблуні (*Malus*), абрикосу (*Armeniaca*); термос для теплих ванн; банки ємністю 1 л; ступка; гострий ніж; ізоляційна стрічка; скальпель; піпетки, тирса або цигарка; склянка; скляний ковпак (фітотрон). Розчин спиртовий 5–10%-ий; 0,1%-ий розчин ефіру; шприц; дистильована вода; препарувальні голки; банки або широкогорлі бутлі.

Основні відомості:

У більшості рослин у певний період сповільнюється інтенсивність життєвих процесів, в результаті чого гальмується ріст і в багатьох випадках опадає листя. Це явище дістало назву стану спокою (періоду спокою). У цьому стані рослини можуть перебувати на різних етапах онтогенезу.

Період спокою рослин як пристосування до несприятливих умов, поділяють на три фази: 1) органічний спокій, 2) глибокий спокій, 3) вимушений спокій.

У фазі органічного спокою в рослині відбуваються глибокі зміни в нуклеїновому і білковому обміні в ембріональних клітинах, які забезпечують нормальний ріст рослини навесні. Одночасно з органічним спокоєм або після його закінчення настає глибокий спокій, під час якого змінюється стан цитоплазми клітин, які зумовлюють зимостійкість даного виду.

При несприятливих для росту умовах навколишнього середовища у рослин настає вимушений спокій. Вважають, що тривале перебування рослин у стані вимушеного спокою при несприятливих умовах зумовлене накопиченням природних інгібіторів росту.

Дослідження періоду спокою дало змогу розробити методи керування цим процесом з метою штучного виведення рослин зі стану спокою. Або, навпаки, з метою пролонгації стану спокою, що має вагоме практичне значення в рослинництві, квітництві, лісовому господарстві тощо.

Стан спокою обумовлений сезонними явищами (виключення – тропіки та субтропіки) та настанням несприятливих умов для вегетації багаторічних

рослин. Одним із пристосувань є захист верхівкової меристеми покривами бруньки – т.зв. *закриті бруньки*. *Відкриті бруньки* позбавлені захисних лусок. Їх вирощування в нашому кліматичному поясі потребує створення спеціальних умов.

Брунька (лат. gemma) – зачатковий пагін, який складається з основних зачаткових його елементів. Бруньки класифікують за такими ознаками:

I. За будовою: закриті, що вкриті захисними лусками (у більшості рослин); відкриті (голі), в яких покривні луски відсутні (горлянка, зеленчук, калина цілолистка);

II. За розміщенням на стеблі: *верхівкові*, що розміщені на верхівці стебла (у більшості рослин); *бічні*, які розміщені збоку стебла в пазухах листків. Бічні бруньки бувають пазушні, які розміщені в пазухах листків (у більшості рослин); *додаткові*, які виникають ендогенно із внутрішніх тканин поза пазухою листка (малина, кульбаба, льонок, тополя, верба та ін.). Серед пазушних бруньок розрізняють поодинокі і групові. останні поділяють на серіальні, якщо бруньки розміщені в пазусі листка одна над другою вертикально (жимолость), колатеральні – бруньки розміщені одна біля одної по горизонталі (часник) і кільчасті – бруньки розташовані по колу (у деяких видів роду слива).

Крім того розрізняють виводкові бруньки – бруньки, що закладаються в пазухах листків або суцвіттях деяких рослин і, відпадаючи, дають початок новій рослині (брюфілюм, жируха лучна, деякі види роду лілія); бруньки відновлення, які дають нові пагони після деякого періоду спокою (більшість деревних рослин); бруньки збагачення, які не мають періоду ростового спокою, а перебувають у функціональній активності разом з ростом материнського пагона, на якому вони закладаються (квасоля, красоля, волошка синя, дзвінець, волошка лучна, дзвоники розлогі, вероніка довголиста, деякі види роду верба); сплячі бруньки, які тривалий час перебувають у стані спокою.

Хід роботи:

Спосіб 1. Переривання періоду спокою бруньок деревних рослин за методом Красносельської та Ріхтера.

Беруть кілька гілок та витримують їх у теплій ванні. Через 5-6 діб бруньки на цих гілках починають розпускатися.

Дві бруньки, що вже прокинулися, розтирають у ступці з 2 мл води до повного руйнування тканин і перетворення їх у безструктурну м'язгу. Потім на гілці, яка перебувала у стані спокою (дослід), роблять поздовжній розріз довжиною 3 см і два поперечних – на кінцях поздовжнього, відшаровують кору на половину гілки і за неї вкладають 2–3 краплини м'язги. На змочений

розріз накладають кору і все операційне місце обв'язують ізоляційною стрічкою.

Разом з дослідною, в посудину ставлять 2 контрольні гілки тієї ж рослини. Одна з них нічим не оброблена, інша – з такими ж розрізами, як у досліджуваної рослини, тільки замість м'язги в них нанесена вода.

Як контрольні, так і дослідні гілки вміщують в люміностаг або залишають стояти в лабораторії за температури 15–17°C.

Результати досліду можна побачити вже через 5–6 діб. У досліджуваних гілок бруньки прокидаються і рушають в ріст, в обох контрольних гілок пробудження не спостерігається.

На підставі експериментальних даних робиться висновок про вплив м'язги бруньок, що розпустилися, на переривання періоду спокою в гілки деревної рослини.

Спосіб 2. Поранення бруньок як засіб ранньої вигонки рослин.

Вколюють голкою (механічне пошкодження) деревні рослини біля основи бруньки на таку глибину, щоб кінчик голки доходив до її середини. Наколота у такий спосіб брунька починає швидко рости. Гілки поранених рослин ставлять у теплу оранжерею і вони починають рушати у ріст.

Метод ін'єкції води дає ще кращі результати. Якщо так само ввести її за допомогою шприца, то можна спостерігати, як ін'єктована крапелька води продавиться через усю бруньку і повисне на її кінчику. Головна роль при цьому припадає на поранення, вода ж підсилює дію цього методу.

Упорскування слабого розчину алкоголю або ефіру замість води значно прискорює вигонку. Ін'єктовані бруньки гілок акації, тополі, винограду розквітають на 15–30 діб раніше, ніж контрольні.

Зробити висновок про вплив поранення бруньок на вихід гілок деревних рослин зі стану спокою як засіб ранньої вигонки рослин.

Спосіб 3. Виведення рослин зі стану спокою обробкою димом.

Гілки бузку, що перебувають у стані глибокого спокою, поміщають у склянку з водою і переносять у велику банку з притертою кришкою або під скляний ковпак. Краї ковпака змазують вазеліном і притирають до скла. У даному просторі дають повільно зотліти тирсі (10 г) або цигарці. Гілки перебувають у цій камері протягом 24–48 годин. Потім їх переносять в лабораторію на світло. Через місяць бруньки дослідних рослин розпускаються, контрольні залишаються у стані спокою.

На підставі експериментальних даних робиться висновок про вплив диму на виведення рослин зі стану спокою.

Контрольні питання:

1. Брунька: визначення, функції, типи.
2. Система клімаморф Раункієра - життєві форми рослин залежно від розташування бруньок відновлення.
3. Наведіть по 10 видів рослин різних клімаморф Раункієра.
4. Стан спокою у рослин: сутність та біологічне значення.

Лабораторна робота 7.

Тема: СТРАТИФІКАЦІЯ ТА СКАРИФІКАЦІЯ НАСІННЯ У ДЕРЕВНИХ ПОРІД.

Мета: виявити сутність та біологічне значення стратифікації та скарифікації насіння як основних методів передпосівної підготовки насіння.

Обладнання, об'єкти та реактиви: насіння гледичії (*Gleditsia*), робінії псевдоакації (*Robinia pseudoacacia*), жолуди дуба (*Quercus*), абрикоса (*Armeniaca*) або ін.; сірчана кислота; кипляча вода; чашки Петрі; фільтрувальний папір, наждачний папір, леза.

I. Стратифікація насіння.

Основні відомості:

Свіжозібране і підсушене насіння знаходиться в глибокому спокої, тобто воно не здатне до проростання. Ця властивість не дозволяє проростати насінню вос

насіння з глибокого спокою йому слід створити умови наближені до природних, тобто до умов протягом зими у підстилці під снігом. Висока вологість, низькі температури протягом тривалого часу сприяють повному фізіологічному визріванню насіння і виводять його зі стану глибокого спокою.

Стратифікація насіння – захід по виведенню насіння з глибокого спокою в штучно створених відповідних умовах. Тривалість стратифікації перш за все залежить від культури, в яких умовах вид проходив еволюцію, а також вологості і температури. Види які сформувалися в субтропіках мають короткий період природної стратифікації насіння, види з північних регіонів – тривалий період. Період стратифікації залежить також від строків досягання насіння. Ті види, які завершують формування насіння пізно восени, швидше стратифікуються, ті у яких плоди визрівають влітку – довше.

Умови стратифікації. При стратифікації насіння для кожного виду створюють умови наближені до природних.

Вологість. Насіння вимочують протягом 2-3 діб, періодично зливаючи воду, або пропускають через воду повітря. Набухле насіння підсушують від краплинної вологи і обробляють антисептиками, щоб не розвивалася гнилісна чи грибкова мікрофлора.

Насіння багатьох видів має щільну насінневу шкірку (виконує захисну функцію) і, відповідно, тривалий період спокою (табл.1). Такому насінню притаманна висока твердість і низька життєздатність.

Субстрат. В якості субстрату для стратифікації використовують промитий річковий пісок, вермикуліт, керамзит. Для видів з великим насінням (абрикос, персик, мигдаль, волоський горіх) в якості субстрату можна також використати не розкладений торф чи мох. Вологість субстрату підтримують

на рівні 55-70%. Вологе оброблене насіння змішують з вологим субстратом в співвідношенні 1:3. Як правило, насіння перешаровують субстратом: шар насіння – шар субстрату.

Таблиця 1 – Терміни стратифікації

Вид	Терміни стратифікації, діб
Яблуня, груша	90-100
Вишня, черешня	150-180
Слива, алича	120-130
Абрикос, айва	80-100
Персик	100-120
Волоський горіх	60-70
Мигдаль	50-70
Дерен	850-870

Варіанти субстратів для стратифікації насіння:

- чистий річковий пісок (контроль),
- тирса листяних порід дерев,
- верховий торф,
- мох,
- перегній,
- ґрунт (верхівковий, родючий шар чорнозему опідзоленого), що є типовим для регіону проведення досліджень.

Характерною є така залежність пророслого насіння від субстрату (у напрямку зменшення зазначеного показника):

Річковий пісок>Тирса>Мох>Ґрунт>Перегній>Торф
(можливі виключення).

При стратифікації в холодильних камерах з регульованою температурою і вологістю стратифікувати насіння можна в поліетиленових перфорованих пакетах безсубстратним способом.

Температура. Для кісточкових період стратифікації ділять на теплий і холодний, спочатку насіння витримують при температурі +18-20°C, через 20-30 діб знижують до +5-8°C, аж до розтріскування кісточок. Після розтріскування температуру знижують до 0-1°C. Для зерняткових застосовують лише холодний – при температурі 0-+3°C.

Протягом стратифікації за насінням ретельно спостерігають. При появі зародкових корінців температуру знижують до -1°C.

Хід роботи:

Перед стратифікацією насіння усіх досліджуваних видів рекомендовано намочування протягом 24 год.

Для дослідження рекомендовано використовувати насіння кількістю 50 шт. у 3-кратній повторності в кожному варіанті досліду. Суміш насіння і субстрату поливається та перемішується протягом усього періоду стратифікації. Товща субстрату в досліджуваних варіантах має бути співрозмірна, наприклад, 10-15 см. Зберігати суміш доцільно у дерев'яних ящиках за температури 5-7°C.

За тривалістю підготовки насіння до посіву насіння можна згрупувати на такі групи: 1. До першої групи відносимо важкопроростаючі види, які потребують 8-12 місяців стратифікації насіння. 2. До другої групи – середньої важкості проростання – 3-7 місяці. 3. У третю групу – насіння, що має період стратифікації 1-2 місяці.

II. Скарифікація насіння.

Основні відомості:

У ряді випадків спокій і непроростання насіння залежить від слабого проникнення покривів для води. Для прискорення проростання твердого насіння з метою руйнування насінних покривів або підвищення проникності шкірки насіння застосовують різні методи його механічної обробки, хімічні (обробка сірчаною або іншими кислотами) або фізичні (обшпарювання, прогрівання). Пошкодження покривів насіння для прискорення проростання насіння називають **скарифікацією**.

Хід роботи:

Для досліду беруть по 10 насіння гледичії на кожний варіант.

Варіанти досліду: 1) непошкоджене насіння; 2) насіння з пошкодженою шкіркою; 3) насіння, яке занурюють на 10 с в киплячу воду; 4) насіння, яке обробляють протягом 30 хв концентрованою сірчаною кислотою, а потім ретельно відмивають водою; 5) насіння, яке протягом 30 хв струшують.

Після впливу перерахованих чинників насіння пророщують в чашках Петрі на вологому фільтрувальному папері у вологій камері.

Через 5, 7, 14 днів обчислюють кількість насіння, яке проросло.

Завдання: в кінці досліду кількість насіння, яка проросло у варіантах, виражають у відсотках до кількості пророслого в контролі. Роблять висновок про вплив різних методів пошкодження шкірки насіння на його проростання.

Контрольні питання:

1. Сутність та біологічне значення стратифікації та скарифікації насіння.
2. Основні методики стратифікації насіння.
3. Субстратний та безсубстратний способи стратифікації насіння.

?? Лабораторна робота 8.

Тема: ВИЯВЛЕННЯ ЯВИЩА ГІДРОТРОПІЗМУ У РОСЛИН

Мета: з'ясувати сутність та біологічне значення явища гідротропізму, виявити та обґрунтувати позитивний гідротропізм коренів.

Обладнання, об'єкти та реактиви: насіння квасолі, соняшнику, цибулі, льону або гірчиці; скляні пластинки або предметні скла; шматок скла, не набагато більший отвору банки; фільтрувальний папір; нитки, банки або інші ємкості.

Основні відомості:

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.

Гідротропізм – це явище ростового руху рослини залежно від впливу вологи. Позитивний гідротропізм – ростові рухи у бік води. Для рослин характерний виключно позитивний гідротропізм.

Гідротропічна чутливість зосереджена в основному, в кінчику кореня.

Хід роботи:

В обидві банки наливають воду завтовшки приблизно 5 см, скляні пластинки обгортають фільтрувальним папером і перев'язують нитками. На зволожений папір предметного скла розкладають в рядках 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 (рисб.).



Рис.6. Демонстраційна модель гідротропізму рослин

Одну банку накривають скляною пластинкою, іншу залишають відкритою. Обидві банки ставлять в темне місце. В першій банці, де вологість рівномірною, корені будуть направлені вертикально до поверхні води у 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.

Зробити висновки про причину росту кореня у певному напрямку та замальовки.

Контрольні питання:

1. Гідротропізм: сутність, види, фактори, біологічне значення.
2. Механізм гідротропності.
3. Методика визначення гідротропізму.
4. Подібність та відмінність гідротропізму та реотропізму.

Лабораторна робота 9.

Тема: СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ЯВИЩЕМ ФОТОТРОПІЗМУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ СПРИЙНЯТТЯ СВІТЛОВОГО ПОДРАЗНЕННЯ У МОЛОДИХ ПРОРОСТКІВ ЗЛАКІВ

Мета: з'ясувати сутність та біологічне значення явища фототропізму, виявити та обґрунтувати позитивний фототропізм пагону на прикладі проростків злаків/

Обладнання, об'єкти та реактиви: молоді проростки пшениці (*Triticum*) або інших злакових культур, фольга, фототропна камера, джерела світла.

Основні відомості:

Фототропізм (від гр. фотос – світло) – це орієнтований ріст органів рослин під дією одностороннього освітлення. Розрізняють позитивний і негативний фототропізм. Для стебла характерний позитивний, а для кореня – негативний фототропізм.

Фототропні згини виникають в результаті того, що спрямований до світла бік рослини росте повільніше, ніж протилежний. Явище фототропізму, як і ріст взагалі, спостерігається насамперед у діапазоні синіх і фіолетових променів (445-480 нм). Згідно з гормональною теорією М.Г. Холодного і Ф.А. Вента, причиною тропізмів є нерівномірний розподіл фітогормонів, який зумовлюється електричною поляризацією тканин рослинного організму.

Завдяки фототропізму листки рослин розміщуються так, щоб кожен дістав максимальну кількість світла – т.зв. листова мозайка. Щоб виявити явище фототропізму, як і при вивченні гео- і гідротропізму, проводять прості досліди.

Хід роботи:

Колеоптиль є специфічним утворенням проростка злакової культури (рис.7). Ще Ч.Дарвінін було доведено значення колеоптилю як фотоакцептора проростка (рис.8).

За 10-12 днів до початку досліду висівають у горшечки з ґрунтом насіння пшениці або іншу злакову культуру і ставлять в темряву для проростання. Коли проростки будуть 4-5 см завдовжки, на непрорвані колеоптилі надівають ковпачки із фольги, близько 1 см завдовжки. Посудину з проростками, частина яких покрита ковпачками, ставлять у фототропну камеру (рис.9) – закритий з усіх боків ящик з чорними внутрішніми стінками і малим отвором в одній з них і виставляють на світло.

В камеру світло пропускають так, щоб воно освітлювало верхівки проростків. За 1-2 доби спостерігають і відмічають, що ті проростки, які мають

верхівки, закриті ковпачками, продовжують рости у вертикальному положенні, а проростки без ковпачків зігнулися у напрямі до світла.

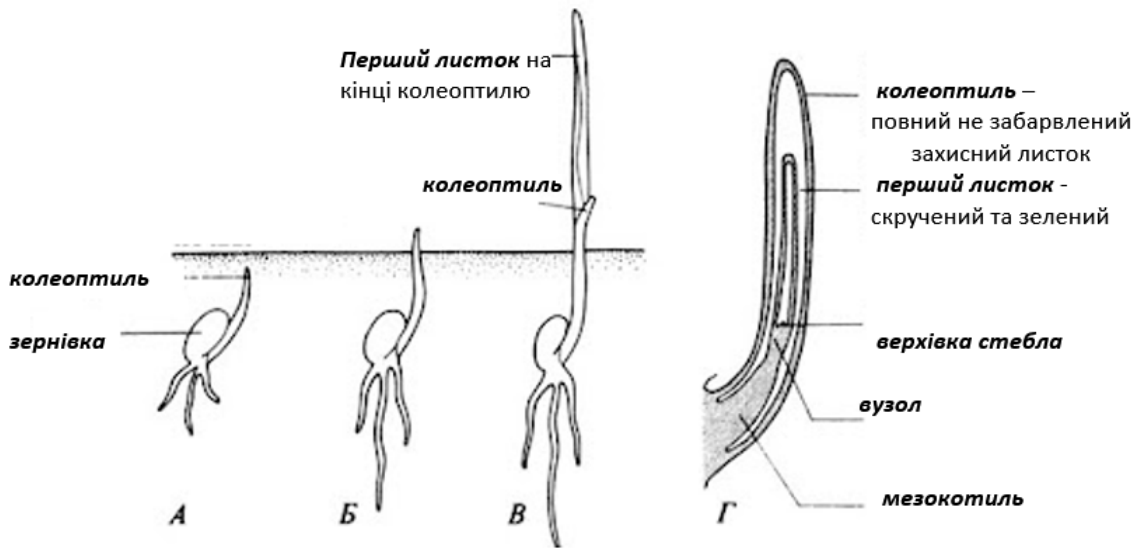


Рис.7 Проростання типового проростка злаку.

А, Б, В – окремі стадії проростання, Г – розріз колеоптиля на стадії Б.

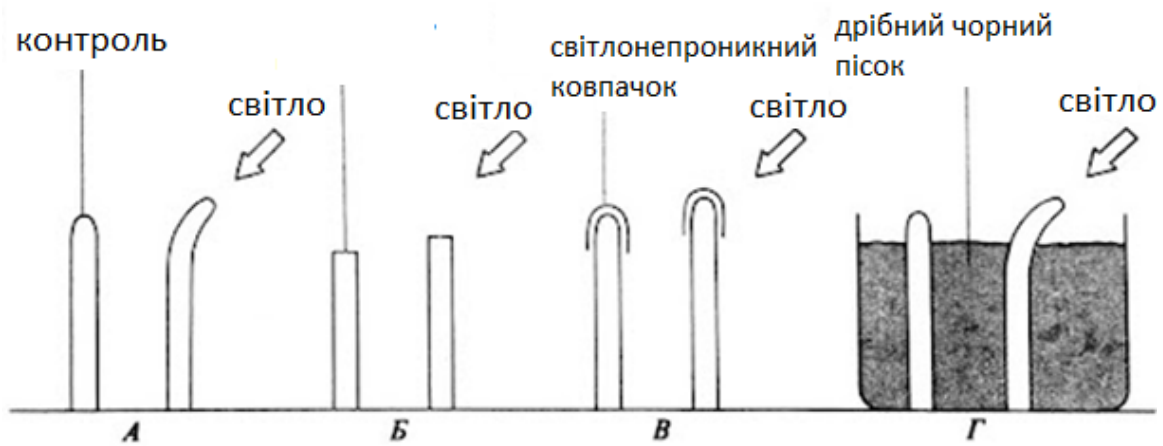


Рис. 8 Досліди Ч. Дарвіна з фототропізму колеоптилів вівса.

А, Б, В та Г – різні досліди; зліва в кожному випадку зображено вплив, справа – його результат.

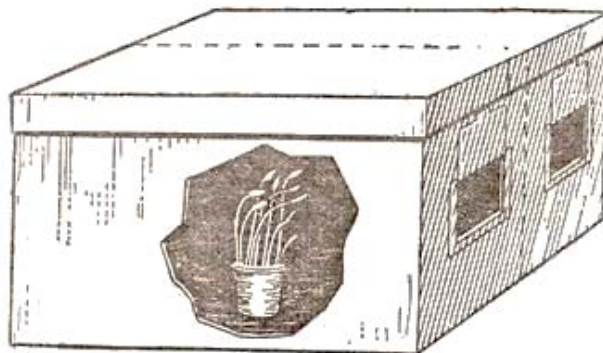


Рис.9. Фототропна камера

Контрольні питання:

1. Дайте визначення таким поняттям, як: колеоптиль, фітогормон, ауксини, меристема, апекс.
2. Обґрунтуйте біологічне значення фототропізму та листкової мозаїки.

Лабораторна робота 10.

Тема: СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА РОСТОМ КОРЕНІВ ПШЕНИЦІ В РОЗЧИНІ ЧИСТОЇ СОЛІ І В СУМІШІ СОЛЕЙ (АНТАГОНІЗМ ЙОНІВ)

Мета: з'ясувати сутність та біологічне значення явища антагонізму йонів; виявити антагоністичний вплив йонів різних солей у розчинах чистих солей та їх сумішах методом морфометрії проростків.

Обладнання, об'єкти та реактиви: проросле насіння пшениці (*Triticum*) (початок другої стадії проростання); стакани чи посудини на 200 мл, обклеєні папером, мірний циліндр, пропарафінена марля, етикетки, клей або клейка стрічка, пінцет, лінійки, міліметровий папір, ножиці, 0,12 н розчини хімічно чистих солей KCl , $NaCl$, $CaCl_2$, дистильована вода.

Основні відомості:

Односольові розчини отруйні для живого організму. Рослини, що вирощувалися на такому розчині спочатку пригнічувались, а потім гинули. Зокрема, розчин очищеної солі $NaCl$, який відповідає концентрації морської води, отруйний для рослин. Якщо додати до розчину чистої солі $NaCl$ незначну кількість солей кальцію або магнію, то токсичність його різко знижується. Це явище дістало назву антагонізму йонів. Найчастіше антагонізм йонів виявляється між одно- і двовалентними катіонами.

Антагонізм йонів можна вивчати на розвитку кореневої системи рослин, які вирощуються в 0,12 н розчинах KCl , $NaCl$, $CaCl_2$ та їх сумішах. Підбираючи різні концентрації йонів можна скласти таку їх комбінацію, на якій рослини нормально розвиватимуться. Таку оптимальну комбінацію йонів називають *зрівноваженим розчином*.

Шкідлива дія цього розчину зменшується, якщо додати до нього іншу сіль. Зниження чи повне зняття шкідливої дії на рослину одного йону іншим одержало назву *фізіологічного антагонізму*, а розчини, складені з урахуванням взаємодії йонів, називаються фізіологічно урівноваженими.

Явище антагонізму обумовлено різним впливом окремих йонів на фізико-хімічні властивості цитоплазми. Найчастіше антагонізм можна спостерігати між одно- та двовалентними катіонами.

Хід роботи:

На підготовчому етапі стакани або матеріальні банки обгортають спочатку чорним, а зверху білим папером. Зазвичай беруть банки, місткістю 0,2-0,5 л і закривають пропарафінованою марлею. В марлевій кришці роблять маленькі отвори для корінців рослин. Після цього готують 0,12 н розчини хімічно чистих солей KCl , $NaCl$, $CaCl_2$ і заливають їх у банки доверху. Повну суміш готують, змішуючи 100 мл $NaCl$, 2,2 мл KCl , та 1,0 мл $CaCl_2$.

Для кожного варіанту беруть пінцетом 5-10 проростків пшениці, які перед пророщуванням двічі промили дистильованою водою, вимірюють довжину корінців та пагонів так, щоб не пошкодити їх, і висаджують їх в розчини – розміщують проростки на пропарафіненій марлі так, щоб зерно знаходилося зверху, а корінці опускалися в розчин крізь невеликий отвір в тканині. Через 7-10 днів проростки виймають з розчинів, знов вимірюють довжину корінців і пагонів, і розраховують приріст.

Зарисовують загальний вигляд кореневої системи і роблять висновок про дію окремих чистих солей на ріст кореневої системи пшениці в контрольних і дослідних варіантах.

Результати дослідів записують в таблицю і роблять відповідні висновки

Об'єкт	Варіант дослідів		Довжина надземної частини (приріст)		Довжина коренів (приріст)	
			мм	% до контролю	мм	% до контролю
	1	Контроль				
	2	NaCl				
	3	KCl				
	4	CaCl ₂				
	5	Повна суміш				

II. Варіант. Альтернативним дослідженням є аналогічний морфометричний аналіз, але з додаванням суміші KCl + CaCl₂

Показники	Номери посудин					
	1	2	3	4	5	6
розчин	KCl	NaCl	CaCl ₂	KCl + CaCl ₂	KCl + NaCl + CaCl ₂	Контроль
Об'єм, мл						
Середня довжина корінців проростків, см:						
а) на початку дослідів						
б) по завершенню дослідів						
Приріст корінців за час дослідів, см						
Середня довжина надземної частини, см:						
а) на початку дослідів						
б) по завершенню дослідів						
Приріст надземної частини за час дослідів, см						

Контрольні питання:

1. Поясніть поняття «фізіологічний антагонізм йонів».
2. Охарактеризуйте фізико-хімічний антагонізм та синергізм йонів.
3. Що розуміють під фізіологічно-рівноважним розчином?
4. Яке значення анатагонізм йонів має для рослин?
5. Які органи рослин більш чутливі до йонного складу середовища?

Лабораторна робота 11.

Тема: СОЛЕСТІЙКІСТЬ. ВПЛИВ КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИНУ СОЛЕЙ НА ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ

Мета: з'ясувати сутність та біологічне значення солестійкості рослин, провести порівняльний аналіз солестійкості рослин методом морфометрії на проростках.

Обладнання, об'єкти та реактиви: пагони деревних порід; насіння квасолі (*Phaseolus*), насіння пшениці (*Triticum*); хімічні стакани; чашки Петрі, фільтрувальний папір або марля (бинт), леза; 4%-ий розчин NaCl або Na₂SO₄; лінійки; або ін.

Основні відомості:

Вивчення солестійкості рослин має велике практичне значення, оскільки 25 % ґрунтів планети засолені, а третина іригаційних земель у світі уже змінені убік засолення внаслідок поганого дренажу.

За рівнем засолення розрізняють практично незасолені, слабозасолені, середньозасолені ґрунти і солончаки (Б. Строганов, 1962). Тип засолення визначається по вмісту аніонів у ґрунті: хлоридне, сульфатне, сульфатно-хлоридне, хлоридно-сульфатне і карбонатне. Переважаючим катіоном у таких ґрунтах є натрій, але зустрічаються також карбонатно-магнієве і хлоридно-магнієве засолення.

Рослини, пристосовані до існування в умовах надлишкового засолення, називають галофітами (від гр. «galos» – сіль, «phyton» – рослина). Вони відрізняються від глікофітів – рослин незасолених водойм і ґрунтів – рядом анатомічних і фізіолого-біохімічних особливостей. Галофіти захищаються від надлишкової концентрації солей трьома основними способами: 1) поглинанням великої кількості солей і концентруванням їх у вакуолярном соці, що приводить до виникнення високого осмотичного тиску; 2) виведенням солей, що поглинаються, із клітин разом з водою за допомогою спеціалізованих сольових залоз і видаленням надлишку солей з опалим листям; 3) обмеженим поглинанням солей клітинами коренів.

Усі галофіти можна розділити на три групи:

1. Справжні галофіти (евгалофіти) – найбільш солестійкі рослини, що накопичують у вакуолях значні концентрації солей. Ростуть на вологих засолених ґрунтах. Внаслідок високого осмотичного тиску в клітинах рослини володіють великою всисною силою, що дозволяє поглинати воду із сильно засоленого ґрунту. Для рослин цієї групи характерна м'ясистість листків (галосукулентність), яка зникає при вирощуванні їх на незасолених ґрунтах.

Типові представники справжніх галофітів – солерос (*Sahcornia herbacea*) і сведа (*Suaeda maritima*).

2. Солесекретуючі галофіти (криногалофіти), поглинаючи солі, не накопичують їх усередині тканин, а виводять із клітин за допомогою секреторних залоз, розташованих на листках. Виділення солей залозами здійснюється за допомогою іонних насосів і супроводжується транспортом великої кількості води. Солі осідають білим нальотом на листках. Частина солей видаляється з опалим листям. Ці особливості характерні для кермека (*Statice gmelini*), тамариксу (*Tamarix speciosa*) і ін.

3. Соленепроникні галофіти (глікогалофіти) ростуть на менш засолених ґрунтах. Високий осмотичний тиск у їхніх клітинах підтримується за рахунок продуктів фотосинтезу, а клітини малопроникні для солей. Типові представники цієї групи – полин (*Artemisia salina*), різні види кохії (*Kochia*).

Рослини-глікофіти в умовах засолення також виявляють певну здатність до перенесення надлишку солей. Із сільськогосподарських рослин відносно солестійкі ячмінь, цукровий буряк, бавовник; м'яка пшениця стійкіша твердої. При тривалому вирощуванні в умовах засолення для ячменю, проса, томатів виявлено значне підвищення їх солестійкості без втрати продуктивності.

Погіршення водопостачання рослин під впливом солей призводить також до деструкції хлоропластів, порушення синтезу хлорофілу, зниження інтенсивності ростових процесів.

Хід роботи:

Беруть паростки берези, клена і інших рослин, що не закінчили ріст. Їх проксимальні кінці підрізають під водою. Виміряють довжину паростків, підраховують число листя. Паростки поміщають в п'ять судин: один з чистою водою (контрольний варіант) і чотири з розчином NaCl (або Na₂SO₄) різної концентрації: 2,5%, 5%, 10%, 15%.

Банки з паростками на сім днів поміщають в умови розсіяного освітлення. На сьому добу враховують зміни в забарвленні листя, виміряють довжину паростків (звертаючи увагу на подовження верхнього міжвузля) і довжину взятого для спостереження верхнього листя, відзначають можливу появу нового листя при продовженні росту паростка за рахунок розгортання верхівкової бруньки.

Під впливом солей, що поступають в листя, можливо руйнування хлорофілу. При порівнянні з контрольним варіантом листя стає менш зеленим (відбувається його вицвітання). Крім того, на листі з'являються «сольові плями», площа яких з часом збільшується.

Завдання: описати хід роботи, зробити малюнки листя на сьомий день досліду, описати стан паростків; сформулювати висновки про вплив

засолення на інтенсивність ростових процесів і ступінь руйнування хлорофілу в листі.

Таблиця - Відносна солестійкість рослин

Нестійкі	Середньостійкі	Стійкі
<i>Польові культури</i>		
Квасоля, горох	Жито, пшениця, сорго, соя, боби кінські, кукурудза, льон, соняшник	Ячмінь, цукровий і кормовий буряк, ріпак
<i>Кормові трави</i>		
Конюшина повзуча, шведська, лучна, лисохвіст	Буркун білий і жовтий, райграс багаторічний, кострець, канаркова трава, суданська трава, люцерна, вівсяниця лугова, лядвенець, грястиця збірна	Споробулус, безкильниця, пирій високий і американський, фестука, тонконіг
<i>Овочеві культури</i>		
Редис, селера, квасоля на зелені боби	Томати, капуста качанна та цвітна, кукурудза цукрова, картопля, перець, морква, цибуля, горох, гарбузи столові, огірки	Буряк столовий, капуста листовая, спаржа, шпинат, ріпа
<i>Флодові культури</i>		
Груша яблуня, слива, мигдаль, абрикос, персик, полуниця	Гранат, виноград	Відсутні

Контрольні питання:

1. Солестійкість рослин: визначення та біологічне значення.
2. Морфометричний метод визначення солестійкості рослин.
3. Мінеральне живлення рослин.
4. Закон мінімуму Лібіха та фізіологічні процеси рослин.

Лабораторна робота 12.

Тема: ВИЗНАЧЕННЯ ЖАРОСТІЙКОСТІ РОСЛИН ЗА Ф.МАЦКОВИМ

Мета: з'ясувати сутність та біологічне значення жаростійкості рослин; визначити рівень жаростійкості рослин різних видів.

Обладнання, об'єкти та реактиви: листки різних видів дерев, чагарників чи трав'янистих дикорослих рослин, кімнатних рослин, водяна баня, 0,2 н розчин соляної кислоти, чашки Петрі, термометри, кристалізатори, чайник з окропом..

Основні відомості:

Підвищення температури вище оптимальних значень обумовлює пригнічення фізіолого-біохімічних процесів, зниження ферментативної активності і як наслідок призводить до нагромадження токсичних речовин в клітинах. При значно вищих температурах від оптимальних спостерігається явище денатурації білка. При зануренні листків, що піддались дії високих температур у розчин кислоти відмічається їх побуріння. Це явище є результатом руйнування біологічних мембран, які стають легкопроникними для кислоти. Кислота, вступаючи у реакцію з хлорофілом призводить до зміни його кольору, як результат витіснення іонів магнію іонами водню. Листки, що не піддавались дії високих температур, при зануренні в розчин соляної кислоти кольору не змінюючись.

Хід роботи:

Визначення ступеня жаростійкості деревних рослин.

1. Взяти по п'ять листків різних видів деревних рослин і помістити у водяну баню при температурі 40°C. Витримати листки при цій температурі протягом 10 хв. Після цього вийняти по одному листку кожного виду і розмістити у чашки Петрі з холодною водою.

2. Аналогічні дії виконати при підвищенні температури на кожні 100°C. Таким чином поступово довести температуру води до 80°C.

3. Воду у чашках Петрі замінити 0,2н розчином соляної кислоти. Витримати в ньому листки протягом 20 хв і визначити ступінь пошкодження. Результати досліджень занести в табл.3.1.

Результати досліджень і їх аналіз

Таблиця 1. Ступінь пошкодження листків при різних температурах

Вид рослини (або сорт)	Температура, °C				
	40	50	60	70	80

Примітка: - побуріння відсутнє, + слабке, ++ середнє (більше 50%), +++ суцільне (сильне).

Контрольні питання:

1. Поясніть сутність явища феофітинізації хлорофілу. Які чинники зумовлюють феофітинізацію?
2. Чому за дії пошкоджуючих факторів зростає ступінь феофітинізації?
3. У рослин якої екологічної групи найвищий рівень жаростійкості? В яких рослин цей рівень найнижчий?

Література

Основна:

1. Власенко М.Ю., Вельямінова-Зернова Л.Д., Мацкевич В.В. Фізіологія рослин з основами біотехнології: *Підручник*. Біла Церква: БДАУ, 2006. 504 с.
2. Векірчик К.М. Практикум по фізіології рослин. Київ: Вища школа, 1984. 240 с.
3. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин: *Підручник*. 2-е вид., вип. та доп. Київ: Фітосоціоцентр, 2001. 392 с.
4. Гіль Л.С., Пашковський А.І., Суліма Л.Т. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Ч.1. Закритий ґрунт: *Навчальний посібник*. Вінниця: Нова книга, 2008. 368 с.
5. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин: Підручник. К.: Либідь, 2005. 808 с.
6. Макрушин М.М., Макрушина Є. М., Петерсон Н.В., Мельников М.М. Фізіологія рослин. Вінниця: Нова Книга, 2006. 416 с.
7. Злобін Ю.А. Курс фізіології і біохімії рослин. Суми: Університетська книга, 2004. 463 с.
8. Скляр В.Г. Екологічна фізіологія рослин: Підручник. За ред. Ю.Л. Злобіна. Суми: Університетська книга, 2015. 271 с.
9. Тарнопільська О.М. Фізіологія рослин: *Конспект лекцій*. Харків: Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова. (ХНУМГ ім. О. М. Бекетова), 2018. 159 с.
10. Бондарева Л.М., Тихонова О.М. Фізіологія рослин: Методичне видання. Робочий зошит для виконання лабораторних занять для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальностями: «агрономія», «захист рослин», «садово-паркове господарство». Суми, 2013 69 с.
11. Викторов Д.П. Малый практикум по физиологии растений: *Учеб. пособие для биол. спец. Вузов*. Москва: Высшая школа, 1983. 135 с.
12. Войтович О.М., Левчук Г.М., Лях В.О. Фізіологія та біохімія рослин: *Методичні рекомендації до лабораторних робіт*. Запоріжжя: ЗНУ, 2016. 57 с.
13. Мацкевич В.В., Олешко О.Г., Роговський С.В. Методичні вказівки для забезпечення самостійного вивчення теоретичної частини курсу Фізіологія рослин. Біла Церква: БНАУ, 2008. 116 с.
14. Приседський Ю.Г. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із спецкурсу Фізіологія стійкості рослин. Донецьк: Норд-Комп'ютер, 2005. 35 с.

Додаткова:

15. Авдеев В.И. Изменчивость и биосистематика растений. Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет, 2016. 316 с.
16. Авксентьева О.А., Жмурко В.В. Физиология цветения: *Учебное пособие*. Харьков: ХНУ им. В.Н. Каразина, 2011. 132 с.
17. Алехина Н.Д., Балнокин Ю.В., Гавриленко В.Ф. Физиология растений. Москва: Академия, 2005. 640 с.
18. Бернье Ж., Кине Ж.-М., Сакс Р.М. Физиология цветения: Т.1. Факторы цветения. Том 2. Москва: Агропромиздат, 1985. 192 с.
19. Борисова Г.Г., Малева М.Г., Чукина Н.В. Растение и стресс: *Курс лекций*. Екатеринбург: Урал. гос. ун-т им. А. М. Горького, 2008. 267 с.
20. Васильева Е.М. Эксперимент по физиологии растений в средней школе (пособие для учителей). Москва: Просвещение, 1978. 114 с.
21. Высоцкая Л.Б., Веселов Д.С., Фархутдинов Р.Г., Веселов С.Ю. Гормональная регуляция водного обмена и роста растений на разных фонах минерального питания и при дефиците воды. Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. 244 с.
22. Гельцер Ф.Ю. Симбиоз с микроорганизмами основа жизни растений. Москва: Изд-во МСХА, 1990. 134 с.
23. Генкель П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений. Москва: Наука, 1982. 280 с.
24. Генкель П.А., Окнина Е.З. Состояние покоя и морозоустойчивость плодовых растений. Москва: Наука, 1964. 242 с.
25. Головкин Т.К. Дыхание растений. Физиологические аспекты. Санкт-Петербург: Наука, 1999. 204 с.
26. Гордеев А.М., Шешнев В.Б. Электричество в жизни растений. Москва: Наука, 1991. 160 с.
27. Гриценко Л.А., Панфилова О.Ф. Стресс физиология растений. *Учебное пособие*. Москва: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. 56 с.
28. Гусев Н.А. Состояние воды в растении. Москва: Наука, 1974. 134 с.
29. Дроздов С.Н., Сычева З.Ф., Будыкина Н.П., Курец В.К. Эколого-физиологические аспекты устойчивости растений к заморозкам. Ленинград: Наука, 1977. 228 с.
30. Журавлева Н.А. Механизм устьичных движений, продуктивный процесс и эволюция. Новосибирск: Наука, 1992. 141 с.
31. Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного метода. Москва: Наука, 1968. 266 с.
32. Зёдинг Г. Ростовые вещества растений. Москва: Издательство, 1955. 389 с.

- 33.Лукина Л.Ф., Смирнова Н.Н. Физиология высших водных растений. Киев: Наукова думка, 1988 188 с.
- 34.Полевой В.В. Физиология растений: Учебник для биологических специальностей ВУЗов. Москва: Высшая школа, 1989. 464 с.
- 35.Усманов И.Ю., Рахманкулова З.Ф., Кулагин А.Ю. Экологическая физиология растений: Учебник. Москва: Логос, 2001. 224 с.
- 36.Чорний І. Спокій у рослин. Київ: Урожай, 1980. 70 с
- 37.Юрин В.М. и др. Минеральное питание, физиология стресса и адаптации растений: *Учебно-методическое пособие*. Минск: БГУ, 2014. 103 с.
- 38.Юрин В.М. Физиология растений: *Учебное пособие*. Минск: БГУ, 2010. 455 с.
39. Яковец О.Г. Фитофизиология стресса: *Курс лекций*. Минск: БГУ, 2010. 103 с.
- 40.Якушкина Н.И. Физиология растений: *Учебное пособие*. Москва: Владос, 2004. 464 с.
- 41.Яковец О.Г. Фитофизиология стресса: Методические рекомендации к лабораторным занятиям, задания для самостоятельной работы и контроля знаний студентов. Минск.: БГУ, 2011. 50 с.
- 42.Campbell A.M., Paradise C.J. Plant Physiology. New York: Momentum Press, LLC, 2016. 57 p.
- 43.Fitter A.H., Hay R.K.M. Environmental Physiology of Plants. Third Edition. Academic Press, 2002. 367 p.
- 44.Fitzpatrick B. Plant Cells. Chelsea House, 2012. 119 p.
- 45.Kochhar S., Gujral S. Plant Physiology: Theory and Applications. 2nd Edition. Cambridge University Press, 2020. 880 p.
- 46.Madhava Rao K.V., Raghavendra A.S., Janardhan Reddy K. Physiology and molecular biology of stress tolerance in plants. Springer, 2006. 345 p.
- 47.Mahalingam R. (Ed.) Combined Stresses in Plants: Physiological, Molecular, and Biochemical Aspects. Springer, 2015. 281 p.
- 48.Montanaro G., Dichio B. (eds.) Advances in Selected Plant Physiology Aspects. InTech, April 25, 2012. 388 p.
- 49.Nobel P.S. Physicochemical and Environmental Plant Physiology. 4th Edition. Elsevier, 2009. 604 p.
- 50.Pallardy S.G. Physiology of Woody Plants. Third Edition. Elsevier, 2008. 454 p.
- 51.Pareek A., Sopory S.K., Bohnert H., Govindjee (eds.) Abiotic Stress Adaptation in Plants: Physiological, Molecular and Genomic Foundation. Springer, 2010. 546 p.
- 52.Rahman I., Hasegawa H. (Edited) Water Stress. NTeOp, 2011. 310 p.
- 53.Rigobelo E.C. (ed.) Plant Growth. InTech, 2016. 230 p.

54. Salisbury F.B. (Ed.) Units, Symbols, and Terminology for Plant Physiology. A Reference for Presentation of Research Results in the Plant Sciences. New York: Oxford University Press, 1996. 234 pp
55. Schwartz M.(ed.) Phenology: An Integrative Environmental Science. Second Edition. Springer, 2013. 610 p.
56. Shabala S. (Ed.) Plant Stress Physiology. CAB International, 2012. 318 p.
57. Sperotto R.A., Ricachenevsky F.K., Williams L.E. (eds.) From Soil to Seed: Micronutrient Movement Into and Within the Plant. Frontiers in Plant Science, 2014. 194 p.
58. Taiz L., Zeiger E. Plant Physiology. 3rd Edition. Sinauer Associates, 2002. 690 p.
59. Tripathi B.N., Müller M. (Eds.) Stress Responses in Plants: Mechanisms of Toxicity and Tolerance. Springer, 2015. 293 p.
60. Tripathi D. et al. (Eds.) Plant Life under Changing Environment: Responses and Management. Academic Press, 2020. 994 p.

Інтернет-ресурси

1. Photosynthesis. URL: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Biology/phoc.html>
2. Plant physiology. URL: <https://academic.oup.com/plphys>
3. Екологічна фізіологія рослин. URL: https://pidru4niki.com/86580/ekologiya/ekologichna_fiziologiya_roslin
4. Крамер П.Д, Козловский Т.Т. Физиология древесных растений. URL: <http://www.bonsai.ru/dendro/phcontent.html>
5. Физиология растений. Конспект лекций. URL: http://bio.sfu-kras.ru/files/1839_Konspekt_lekcii_Fiziologiya_rastenii.pdf
6. Кафедра физиологии растений. Биологический Факультет МГУ имени М. В. Ломоносова. URL: https://www.youtube.com/watch?v=q9oIYK-nt3M&ab_channel=БиологическийФакультетМГУимениМ.В.Ломоносова
7. Фізіологія солестійкості. URL: https://www.youtube.com/watch?v=qUnE-3dD_FU&ab_channel=НМЦВищоїтафаховоїпередвищоїосвіти
8. Физиология растений. Изучение осмотических явлений (А. Доброчаев). URL: <https://www.youtube.com/watch?v=C6SssZovtcY>
9. Морфогенез рослин. URL: https://www.youtube.com/watch?v=RI_SoHc7lOI&ab_channel=НМЦВищоїтафаховоїпередвищоїосвіти
10. Ознаки нестачі елементів живлення рослин. URL: https://www.youtube.com/watch?v=_Sc1pW6IDOQ&ab_channel=НМЦВищоїтафаховоїпередвищоїосвіти

ДОДАТКИ
Додаток I
ВИГОТОВЛЕННЯ ПОЖИВНИХ СУМІШЕЙ ПРИ ВИРОЩУВАННІ
ВОДНИХ КУЛЬТУР
(до лабораторної роботи №4)

Виготовлення поживних (або живильних) сумішей.

Заздалегідь складають схему досліду і тільки після цього виготовляють поживні розчини. Якщо за темою досліду треба вирощувати рослини на неповній поживній суміші, то для цього готують спеціальні розчини, з яких виключають той або інший елемент. При цьому елемент, який включено, замінюють іншим, так щоб концентрація розчину залишалась без змін. Якщо, наприклад, треба приготувати живильну суміш без азоту, міркують так.

До складу поживної суміші I. Кнопа нітроген входить у вигляді солі $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. При виключенні його з поживного розчину зв'язаний з NO_3^- катіон Ca^{2+} повинен зберегтися в тій самій кількості. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ можна замінити $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Для цього роблять простий підрахунок: визначають кількість кальцію в солі $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Грам-молекула $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ - 164 г містить Ca – 40,04 г, а в 1г $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – міститься Ca x г:

$$164\text{г} - 40,04\text{г}$$

$$1\text{г} - x.$$

$$\text{Звідси } X = 1 * 40,04 / 164 = 0,24 \text{ г Ca}$$

2. Далі визначають, яку кількість $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ треба внести в живильну суміш, щоб зберегти таку кількість Ca, яка міститься в 1г $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Грам-молекула $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 172,16 г містить Ca – 40,04 г, а 0,24 г Ca міститься в x г $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$:

$$172,16 \text{ г} - 40,04 \text{ г},$$

$$x \text{ г} - 0,24 \text{ г}.$$

$$\text{Звідси } x = 172,16 * 0,24 / 40,04 = 1,03 \text{ г}.$$

Отже, замість 1 г $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, виключеного з живильної суміші I.Кнопа, треба взяти 1,03 г $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, щоб концентрація розчину не змінилася. В цьому випадку живильний розчин без азота з додаванням мікроелементів матиме такий склад:

CaSO₄·2H₂O – 1,03 г;

KH₂PO₄ – 0,250 г;

KCl – 0,125 г;

MgSO₄·7H₂O;

MnSO₄ – 0,003 г;

H₃BO₃ – 0,003 г;

FeCl – 5 крапель 1% -го розчину.

Вода дистильована – 1л.

В цьому випадку склад поживної суміші без калію, з додаванням мікроелементів буде таким:

$Ca(NO_3)_2 - 1,00 \text{ г};$	$MnSO_4 - 0,003 \text{ г};$
$NaH_2PO_4 \cdot H_2O - 0,250 \text{ г};$	$H_3BO_3 - 0,003 \text{ г};$
$NaCl - 0,09 \text{ г};$	$FeCl_3 - 5 \text{ крапель } 1\% \text{-го розчину};$
$MgSO_4 \cdot 7H_2O - 0,250 \text{ г};$	$\text{вода дистильована} - 1 \text{ л.}$

Щоб приготувати розчин І. Кнопа без фосфору, треба KH_2PO_4 замінити на KCl . Розрахунки проводять аналогічно, як і для азоту та калію.

Склад поживного розчину без фосфору, з додаванням мікроелементів буде таким:

$Ca(NO_3)_2 - 1,00 \text{ г};$	$H_3BO_3 - 0,003 \text{ г};$
$KCl - 0,255 \text{ г};$	$FeCl - 5 \text{ крапель } 1\% \text{-го розчину};$
$MgSO_4 \cdot 7H_2O - 0,250 \text{ г};$	$\text{вода дистильована} - 1 \text{ л.}$
$MnSO_4 - 0,003 \text{ г};$	

Подібні розрахунки проводять при виключенні будь-якого елемента з живильного розчину. Для контролю виготовляють повну зрівноважену живильну суміш. Після закінчення підрахунків потрібну кількість солей відважують на аналітичних терезах, розчиняють у дистильованій воді, збовтують і розливають у приготовлений посуд. Універсальним індикатором визначають рН розчинів. Для більшості культур оптимальна рН середовища 5,5-6,5.

У змонтовані і заповнені живильними розчинами банки садять заздалегідь вирощену розсаду. В кожному посудині треба садити однакові рослини.

Посудини з водними культурами ставлять на постійне місце, систематично доглядають і спостерігають за ними аж до закінчення і ліквідації досліду.

Догляд за водними культурами

Регулярно (1 раз на тиждень) замінюють розчини, щодня доливають воду. Продувають розчини гумовою грушею протягом 3-5 хв або додають у розчини 2-3 краплі H_2O_2 . Раз на тиждень перевіряють рН середовища. Підкислюють слабкими розчинами лимонної кислоти або додають їдкого натру. Листки рослин мийуть раз на тиждень.

Додаток II

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУР (ГІДРОПОНІКА, АЕРОПОНІКА) (до лабораторної роботи №5)

Методів вирощування рослин без ґрунту чимало. Вони різняться за способами постачання кореневої системи рослин повітрям, водою й елементами мінерального живлення.

Розрізняють такі методи гідропоніки:

- агрегатопоніка;
- водна культура;
- хемопоніка;
- іонітопоніка;
- аеропоніка.

З усіх різновидів гідропоніки промислове значення в тепличному овочівництві має агрегатопоніка.

Гідропонний метод. При використанні гідропонного методу вирощування проводиться в воді за допомогою поживних розчинів. Рослини вкорінюються в органічному субстраті, який укладається на спеціальні основи-сітки, що опускаються в розчин зі спеціально підібраним складом, що містить всі необхідні солі та мікроелементи. Основна складність застосування цього методу – забезпечити доступ кисню до коренів, оскільки повністю занурювати коріння в розчин не можна. Тому між коренями і субстратом залишається повітряний простір, в якому створюється підвищена вологість, щоб коренева система не пересохла і не загинула. При сьогоdnішньому рівні розвитку технологій на гідропоніці можна виростити велику кількість овочевих культур, кімнатних квітів та декоративних рослин.

Аеропоніка. При такому методі вирощування не використовуються ні ґрунт, ні субстрат. Рослини ростуть і розвиваються у вологому повітрі. Для цього їх поміщають в спеціальні посудини, в яких лише нижня частина кореневої системи знаходиться у водному середовищі, а решта коріння знаходиться між розчином і верхньою кришкою посудини. Спеціальна система проводить періодичне зволоження «повітряної» частини.

Другий варіант аеропонного вирощування – створення в судинах регулярного зрошення за допомогою спеціальних розпилувачів, дія яких схоже принцип роботи будь-якого аерозолі, який використовується в побуті. В цьому випадку в ємності створюється і достатня вологість, і поставляється потрібну кількість кисню.

Аквапоніка, як симбіоз методів. Основне завдання цього методу – формування особливої екосистеми, в якій звичайні рослини і водне середовище, заселена рибами і бактеріями, допомагають один одному активно розвиватися. При цьому природні відходи, що виникають в процесі життєдіяльності риб, стають основою для харчування бактерій і рослин, які, в свою чергу, харчуючись ними, очищають воду.

Хемопоніка або хемокультура. Сутність цього методу полягає у вирощуванні рослин в субстраті з відсутньою живильним середовищем. Це

може бути як органічний матеріал, наприклад, кора, тирса або кокосова стружка, так і інертні матеріали: пісок, гравій, щебінь, цеглу. При цьому всі харчування здійснюється через полив складами, що містять в собі повний комплекс мінералів, солей і мікроелементів, які потрібні конкретній культурі.

Іонопоніка або іонітопоніка. Новий крок людини до створення штучної ґрунту. Іонопоніка – активно розвивається напрямок в безпідставною технології вирощування рослин. Метод побудований на використанні синтетичних субстратів, створених з іонітних смол, тканин, поліуретану. Всі ці матеріали здатні проводити іонний обмін між собою і рослинами, віддаючи корисні іони кальцію, магнію, фосфору, калію і забираючи продукти життєдіяльності рослини, які виділяються кореневою системою (рис.10, 11, 12).

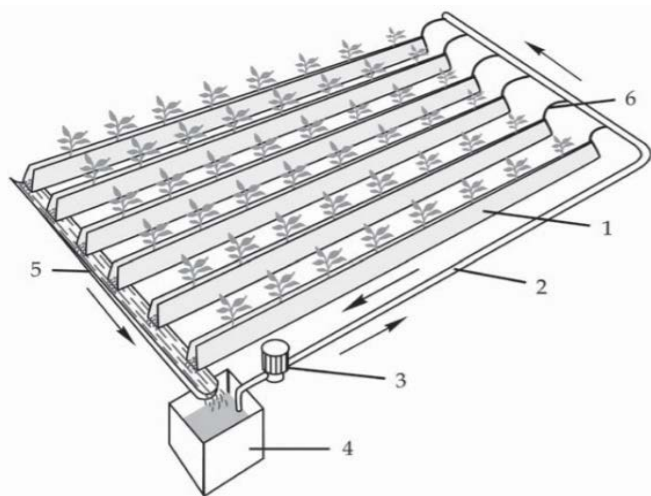


Рис.10 Схема проточної малооб'ємної гідропонної установки (за Таракановим Г.І., 1982):

1 – лотки пластмасові, 2 – магістральний трубопровід, 3 – насос, 4 – резервуар з поживним розчином, 5 – приймальний жолоб, 6 – трубка для подачі розчину в лотки.

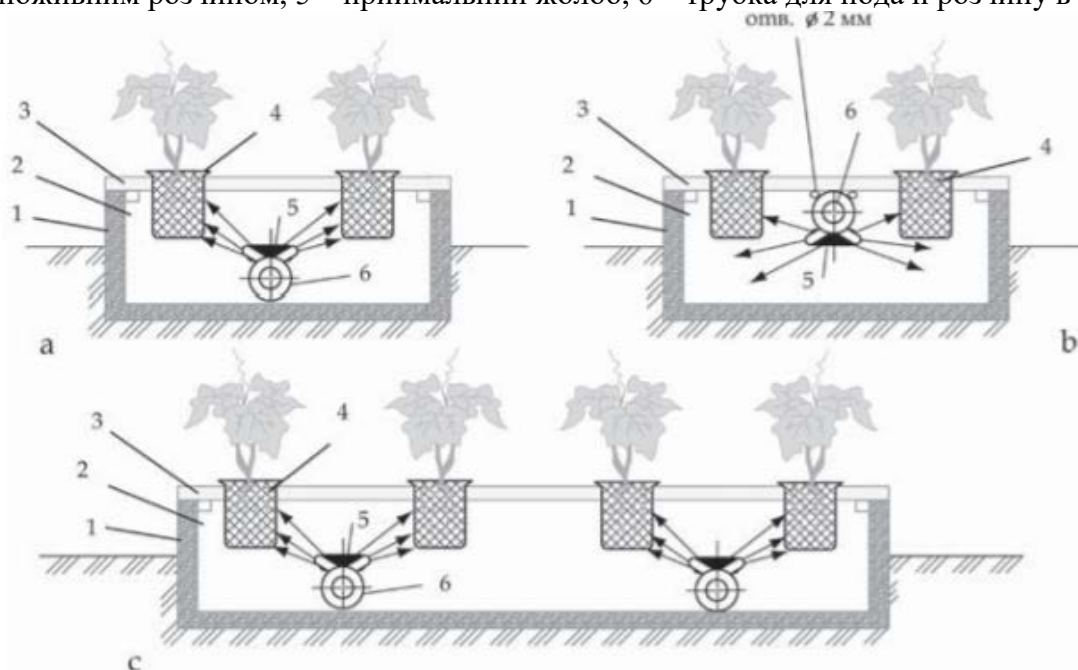


Рис.11 Схема стелажів із різним розташуванням колекторів для зрошення кореневої системи при гідропонному вирощуванні (за І.Г.Мурашом)

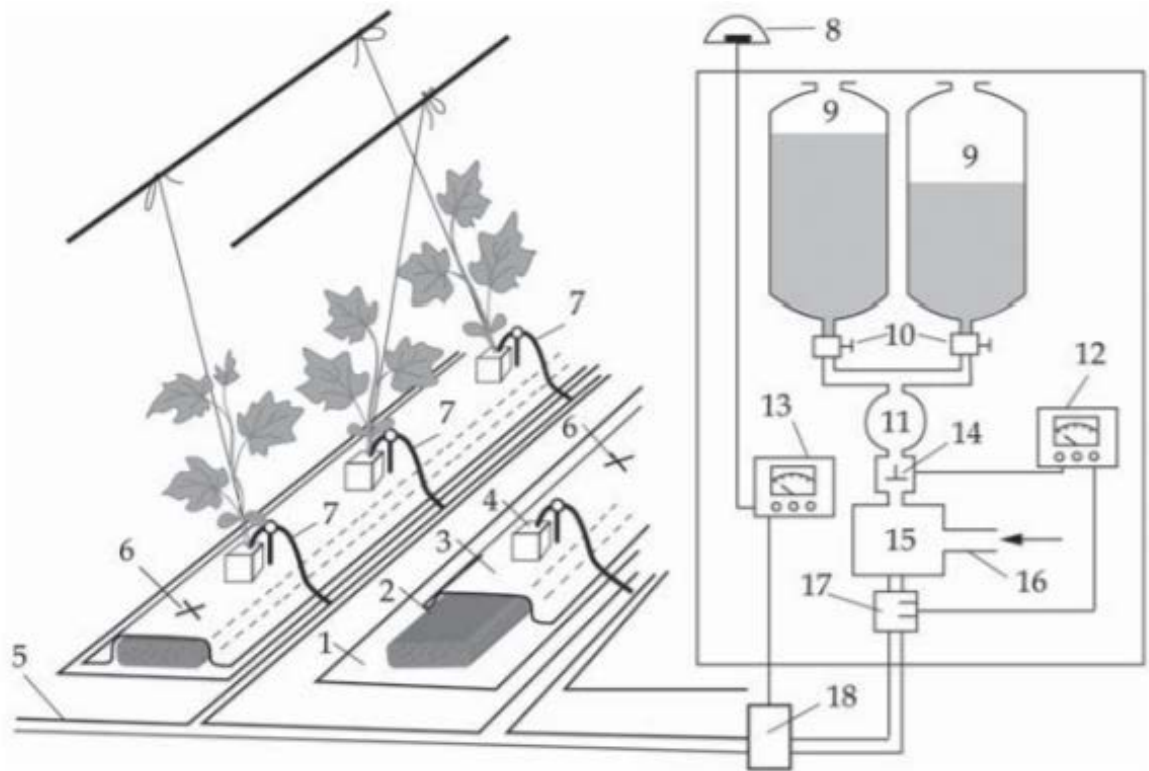


Рис.12 Схема вирощування овочів на субстраті «Гродан» (мінеральна вата)

1 – плівка-підстилка, 2 – пласт із гродану, 3 – покривна світлонепроникна та світловідбиваюча плівка, 4 – поживний розсадний кубик із гродану, 5 – пластмасовий зрошувальний трубопровід, 6 – хрестовидний розріз у покривній плівці для встановлення розсадного кубика, 7 – крапельниця, 8 – датчик надходження сонячної радіації, 9 – ємність з концентрованими розчинами мінеральних добрив, 10 – вентиль, 11 – помпа, 12 – регулятор-концентратор, 13 – інтегратор сонячної радіації, 14 – регульований клапан для подачі концентрованої розчину добрив, 15 – змішувальна камера, 16 – магістральний водогін, 17 – датчик концентрату, 18 – регулятор витрати зрошувальної води (за Г.І.Таракановим, 1982).