

С.С. Руденко, С.С. Костишин, І.О. Ситнікова

ШТУЧНІ СИСТЕМИ В ЕКОЛОГІЇ



Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича

С.С. Руденко, С.С. Костишин, І.О. Ситнікова

ШТУЧНІ СИСТЕМИ В ЕКОЛОГІЇ

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів вищих
навчальних закладів*



**Чернівці
2006**

УДК 574.084

Р 83

ББК 28.081.2

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів
(лист № 1.4/18-Г-195 від 26.01.07)*

Рецензенти

- В.П. Пішак**, доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри медичної біології, генетики та гістології, член-кореспондент АПН України;
- В.І. Ніколайчук**, доктор біологічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України; декан біологічного факультету Ужгородського національного університету;
- Ю.С. Ющенко**, доктор географічних наук, завідувач кафедри гідроекології, водопостачання та водовідведення ЧНУ імені Юрія Федьковича;
- О.П. Мельник**, доктор біологічних наук, заслужений працівник сільського господарства України.

Руденко С.С., Костишин С.С., Ситнікова І.О.

Р 83 Штучні системи в екології: Навчальний посібник для вищих навчальних закладів. – Чернівці: Рута, 2006. – 200 с.

ISBN 978-966-568-880-8

Книга присвячена використанню штучних екосистем (мікрокосмів) для вивчення загальної екології. Автори розглядають кращі мікрокосмні моделі зарубіжних авторів, а також пропонують власні. Фактично, це перший досвід застосування мікрокосмів у навчальному процесі в Україні. За інструкціями, поданими у посібнику, студент спочатку будує мікрокосм певного типу, а потім вивчає з його допомогою екологічні процеси та явища. Засвоєння матеріалу сприятимуть активізуючі запитання та завдання, список рекомендованої літератури, контрольні тести, а також чисельні фотографії. Для полегшення ознайомлення з іноземною літературою з питань мікрокосмних технологій наприкінці посібника подано англо-український словник найбільш вживаних термінів.

Посібник може бути використаний не тільки для навчальних цілей, але й для наукових екологічних досліджень.

Призначений для викладачів, а також студентів і аспірантів спеціальності «Екологія та охорона навколишнього середовища».

ББК 28.081.2

© С.С.Руденко, 2006

© С.С.Костишин, 2006

© І.О.Ситнікова, 2006

© "Рута", 2006

ISBN 978-966-568-880-8

«Я часто замислююся над тим, що відбувається протягом досліджень, пов'язаних з використанням пляшкових систем. Думаю, що саме важливе полягає в тому, що студенти мають можливість робити власні відкриття, власні дослідження середовища і відповідати на всі запитання: хто, що, де, чому і яким шляхом».

Laura Kelly, Бруклін, Нью-Йорк

Від авторів

Нормативний курс „Основи загальної екології”, який читається студентам 2-го курсу спеціальності „Екологія та охорона навколишнього середовища”, не тільки найбільш об'ємний, але й складний для засвоєння. Він переповнений великою кількістю теоретичних положень, які викладачу доволі важко роз'яснити і, а тим більше, продемонструвати студентам у міському середовищі. Колись Дмитро Менделєєв слушно зауважив: „Сказати можна все, а ти піди – продемонструй”. В Україні до цієї проблеми додається ще одна – поки що слабка матеріально-технічна база кафедр екології. І все ж автори даного навчального посібника, здається, знайшли вихід з цієї ситуації. При цьому ми керувались висловом Ернеста Резерфорда „У нас немає грошей, тому нам доводиться думати”.

Одним із дешевих, але ефективних способів вивчення екологічних закономірностей та понять може стати використання штучних екосистем - мікрокосмів. Матеріалом для їх виготовлення є ПЕТ-пляшки – головний забруднюючий матеріал міських і сільських ландшафтів. Автори вирішили продовжити термін використання цієї утильсировини. Що само по собі вже є екологічним.

Якщо в Україні подібний досвід використання мікро-

космів є першим, то в провідних вузах світу, особливо в США, „пляшкова екологія” вже давно зайняла провідне місце в навчальному процесі. Сама методика побудови штучних екосистем змушує студентів мислити та самостійно робити узагальнення, спостерігаючи на власні очі екологічні процеси і явища, з якими вони познайомились у лекційному курсі.

Значною перевагою мікрокосмів є не тільки дешевизна матеріалу, з якого вони виготовляються, але й можливість вивчення екологічних процесів у будь-яку пору року. Завдяки автоматичному реле часу можна регулювати фотоперіод у культиватійній кімнаті і спостерігати за перебігом функціональних процесів у штучних екосистемах навіть узимку.

У посібнику наведені власні оригінальні методики, які ми розробили та апробували протягом 5 років навчання студентів-екологів у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича. Успішній реалізації розробок сприяла участь авторів у науковій держбюджетній темі „Розробка мікрокосмних моделей різних типів екосистем з метою дослідження їх стійкості до глобальних екологічних змін”, № держреєстрації 0103U002588. Переважна більшість запропонованих нами методик прості у реалізації, не потребують коштовних реактивів чи обладнання.

Книга містить також лабораторні роботи, які використовуються в різних навчальних закладах світу. Ознайомлюючись з досвідом застосування мікрокосмів для вивчення екології, ми спробували перейняти і сам стиль викладання. Тексти робіт зарубіжних авторів перекладені максимально близько до оригіналу. Це зроблено навмисне, щоб читач зміг проїнятися тим неоціненним духом творчості, який панує в багатьох зарубіжних ВНЗ. У текстах лабораторних робіт, зокрема, незвичний для нас постійний повтор „ваш мікрокосм”, „ваші рослини”, „ваше середовище”. Таке звернення має психологічне підґрунтя:

цінитися праця студента, підкреслюються його особисті здобутки. Досить незвичні для нас також рубрики робіт „активізуючі запитання”, „інструкції” тощо. Всі рубрики спрямовані на те, щоб студенту було, з одного боку, цікаво, а з другого – щоб він міг самостійно рухатися при виконанні цих лабораторних робіт. Крім того, ми залишили також вказівки на веб-сторінки навчальних програм, які передбачають використання мікрокосмів, і веб-сайти зарубіжних фірм, які постачають матеріали для досліджень у мікрокосмах. Навіть якщо ви не зможете ними скористатися, то, принаймні, будете мати уявлення про високий ступінь використання інтернет-ресурсів у навчальному процесі США і країн Євросоюзу та розвиток наукової індустрії – особливої галузі народного господарства, яка покликана забезпечувати навчальні заклади усім необхідним – від насіння рослин до яєць метелика.

Після назви кожної лабораторної роботи зазначено тему або питання з курсу „Основи загальної екології”, до якої вона відноситься. Кожний цикл лабораторних робіт починається з теоретичного вступу. Наприкінці книги подано список літературних джерел, яким студент зможе скористатися для розширення свого світогляду з того чи іншого питання. Щоб полегшити переклад англомовної літератури з використання мікрокосмів, пропонуємо в кінці книги спеціальний словник.

Книга буде корисна викладачам вузів і студентам-екологам, оскільки вона спрямована, перш за все, на розкриття творчого потенціалу студентів і глибинне засвоєння матеріалу.

Практика показує, що вивчення студентами екології при використанні мікрокосмів перетворюється у захоплюючий процес. Підтвердженням цього, наприклад, є той факт, що деякі студенти вже по закінченні університету продовжують займатися науковими дослідженнями, використовув-

ючи мікрокосми як зручні екологічні моделі. У даний час на кафедрі загальної та експериментальної екології Чернівецького національного університету готуються три кандидатських дисертації із застосуванням мікрокосмів.

Штучні екосистеми можна використати безпосередньо на лабораторних заняттях з курсу „Основи загальної екології”, або ж у рамках окремого спецкурсу, який запланований за навчальним планом на 2-му курсі. Ми дослідження на мікрокосмах виокремили в спецкурс „Експериментальна екологія”, який читається паралельно з нормативним курсом „Основи загальної екології”, і спрямували його на поглиблення останнього.

Наприкінці посібника подано підсумковий тест-контроль з пройденого курсу, який допоможе систематизувати та закріпити отримані студентами знання. При цьому кількість вірних відповідей для різних запитань вибрана умисне нестабільною: від однієї до всіх. На стор. 26 наведено ключ для перевірки правильності відповідей.

Автори сподіваються, що книга стане у пригоді викладачам, студентам і аспірантам, які пов'язали своє професійне життя з екологією. Свої враження, пропозиції та запитання направляйте на e-mail: rud@chnu.cv.ua



Розділ I

ПОНЯТТЯ ПРО ШТУЧНІ ЕКОСИСТЕМИ ТА ЇХ ТИПИ

Невеликі автономні “світи”, або мікрокосми, в пляшках або інших посудинах можуть імітувати в мініатюрі природу різних екосистем. Ці невеликі “світи” можна розглядати як мікроекосистему. Створення невеликих, повністю закритих систем, які потребують лише світлової енергії (своєрідних мініатюрних біосфер), – дуже складне завдання. Експериментальні мікрокосми здебільшого варіюють від частково закритих систем, у яких відбувається газообмін з атмосферою, але не відбувається обміну біогенними елементами й організмами, до повністю відкритих систем, які охоплюють угруповання організмів, що містяться в різних хемостатах і турбідостатах з регульованим притоком і відтоком біогенних елементів і організмів (рис.1.1). У добре змодельованих мікрокосмах можна спостерігати багато або навіть усі основні функції та трофічні структури природної екосистеми, проте, в силу необхідності, різноманіття та розміри компонентів таких мікрокосмів у край невеликі. **Переваги мікроекосистем для дослідника полягають у тому, що вони мають чіткі межі, легко відтворювані та зручні для експериментів.** Не варто, проте, думати, що мікрокосми є копіями тієї або іншої конкретної екосистеми, це всього лише живі працюючі моделі (спрощення) природи.

Можна виділити два типи мікрокосмів: 1) **вмонтовані** – взяті безпосередньо в природі з різних місцезростань і подалі поміщені в пляшки (або інші ємності); 2) **гнотобіотичні** – системи, які містять комбінацію видів, створену експериментатором за власним бажанням.

Перші вмонтовані та гнотобіотичні мікрокосми були створені з використанням мікроорганізмів. При цьому вмон

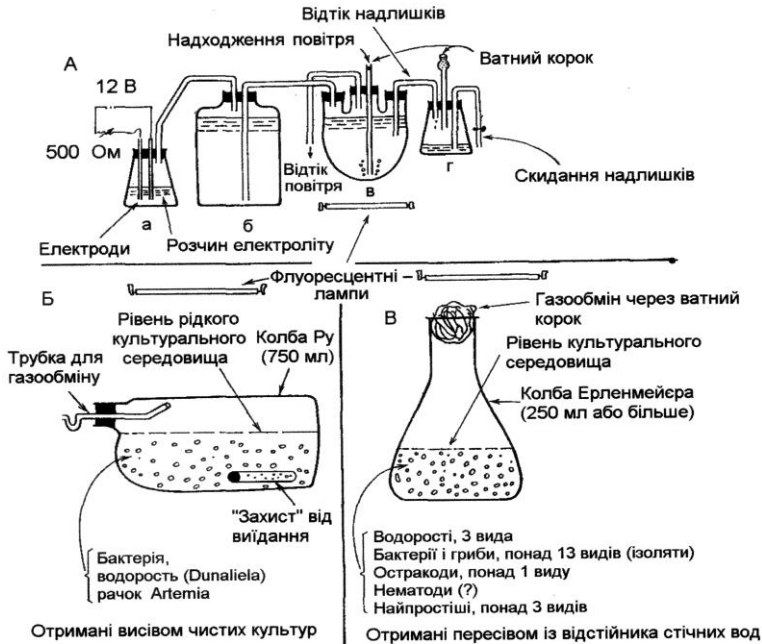


Рис. 1.1. Три типи лабораторних екосистем. *А* – простий недорогий хемостат, в якому потік поживного середовища (б) через камеру з культурою (в) та посудина для надлишків (г) регулюється змінами електричного струму, що подається в електролізний насос (а). У турбідостаті регуляція стаціонарного стану досягається за допомогою вимірювального елемента, який поміщають у культивоване угруповання і який реагує на щільність організмів (каламутність середовища). Це приклад внутрішньої регуляції на протидіагу зовнішній регуляції з постійним входом у хемостаті. (Carpenter, 1969) *Б* – гнотобіотичний мікрокосм (або мікрокосм з відомим складом), який містить три види з аксенічної (чистої) культури. Пробірка слугує для водоростей місцем, де вони можуть розмножуватися без ризику бути з'їденими рачками (так запобігається, як вважають, "перевипас" рачків на водоростях). (Nixon, 1969) *В* – мікроекосистема, одержана з природної екосистеми шляхом багаторазового пересіву. (Beyers, 1963). Система *А* "відкрита", а системи *Б* та *В* "закриті" для потоків речовин, але відкриті для надходження світлової енергії та газообміну з атмосферою. Рівновага в закритих системах, якщо вона досягається, забезпечується регуляцією угрупованням колообігу елементів живлення, а не механічними регулюючими пристроями, як у хемостаті або турбідостаті.

товані мікроекосистеми створювалися шляхом багатократного засіву культурального середовища пробамі з різних природних місцезростань. Гнобіотичні мікроорганізмові штучні екосистеми формувалися шляхом поєднання видів, вирощуваних у “чистих”, або аксенічних, культурах (вільних від інших організмів), допоки не були одержані бажані комбінації.

Системи першого типу – це, по суті, “демонтована” або “спрощена” природа, зведена до тих мікроорганізмів, які можуть тривалий час підтримуватись і функціонувати в умовах вибраної експериментатором посудини, культурального середовища, освітленості та температури. Такі системи, відповідно, здебільшого імітують якісь певні природні ситуації. Наприклад, мікрокосм показаний на *рис. 1.1* походить з відстійного ставка; на *рис. 1.3* – з угруповання, яке утворилося на покладах.

Одна з проблем, яка виникає при роботі з такими похідними системами, полягає в тому, що важко визначити їх точний видовий склад, особливо склад бактерій. Початок використанню в екології похідних або “множинних” систем поклали праці Г. Одума та його учнів Ч. Хоскінса та Р.Бейерса в 60-х роках ХХ століття.

При другому підході, шляхом добору первісно ізольованих і ретельно вивчених компонентів, створюється система з відомим складом. Одержані при цьому культури часто називають гнотобіотичними, оскільки тут точно відомий склад і навіть те, присутні чи відсутні бактерії. Гнотобіотичні культури раніше використовували, в основному, для вивчення живлення, біохімії та інших аспектів життя окремих видів і штамів або для вивчення взаємодії двох видів. Проте пізніше екологи почали експериментувати з більш складними поліаксенічними культурами в пошуках шляхів побудови автономних екосистем (наприклад, С. Ніксон та Ф.Тауб).

Ці два протилежних підходи до створення лабораторних мікроекосистем паралельні двом давно існуючим підходам (холістичному та мерологічному) екологів до вивчення озер та інших великих більших систем, які існують у природі.



Фото. 1.1. Великі експериментальні екосистеми, що знаходяться під відкритим небом або *мезокосми*. *А* – декілька високих циліндрів на березі затоки Нарагансет (шт. Род-Айленд). У них моделюються умови та угруповання, характерні для неглибокої морської затоки, що дозволяє спостерігати результати змін, які вводяться в експерименті, наприклад, додавання забруднюючих речовин. *Б* – плавучі пластикові камери (на фото видно лише три таких камери), достатньо великі для того, щоб у них можна помістити значну кількість компонентів, які існують у природних умовах у товщі води (включаючи дрібну рибу). Фотографія зроблена в одній із заток Британської Колумбії (*Pilson, Nixon, 1980*).

Великі штучні басейни для водних екосистем і різні ємності для наземних місцеіснувань слугують прикладом все частіше використовуваних експериментальних установок, проміжних між лабораторними культурами і світом реальної природи. Ці позалабораторні експериментальні установки можна розглядати як *мезокосми*, (“світи” середньої величини), на відміну від мікрокосмів і природних екосистем – “макрокосмів”. На *фото 1.1* показано ряд великих циліндрів, установлених на березі затоки Нарагансет на о.Род-Айленд, які є морськими мезокосмами.

Кожний циліндр заповнений водою, яка має такий же хімічний склад і солоність, що і в затоці. За допомогою поршневого насоса вода в циліндрах приводиться в слабкий рух, який імітує потоки води, що, звичайно, існують у морських бухтах з припливною та іншою течіями. На дно циліндра поміщають осад, узятий з дна затоки; між кожним циліндром і затокою відбувається обмін водою й організмами (час оберту для води 1 місяць). На думку М.Пілсома та С.Ніксона (1980), ці мезокосми доволі точно відображають сезонні зміни в поведінці організмів і метаболізмі угруповання (продукції та диханні), які відбуваються в затоці у природних умовах.

І лабораторні, і позалабораторні модельні екосистеми корисні для приблизної або попередньої оцінки впливу забруднювачів чи інших експериментальних впливів, пов’язаних з діяльністю людини. Було з’ясовано, наприклад, що нафта, введена в морські мезокосми з метою моделювання помірного її розливу, більш токсична для консументів, ніж для продуцентів. Внаслідок цього через зменшення чисельності зоопланктону та послаблення його тиску на фітопланктон зростає чисельність останнього: циліндр, в який додано нафту, помітно зеленіє порівняно з контролем. Ця зміна трофічної структури спричиняє посилення мікробного розкладу, який продовжується до тих пір, поки не будуть зруйновані повністю органічні речовини нафти і не призупиниться посилений ріст водоростей. Плавучі мезокосми, показані на *рис. 1.2*, сконструйовані спеціально для вивчення дії різних забруднювачів. Ці експерименти дозволяють зробити

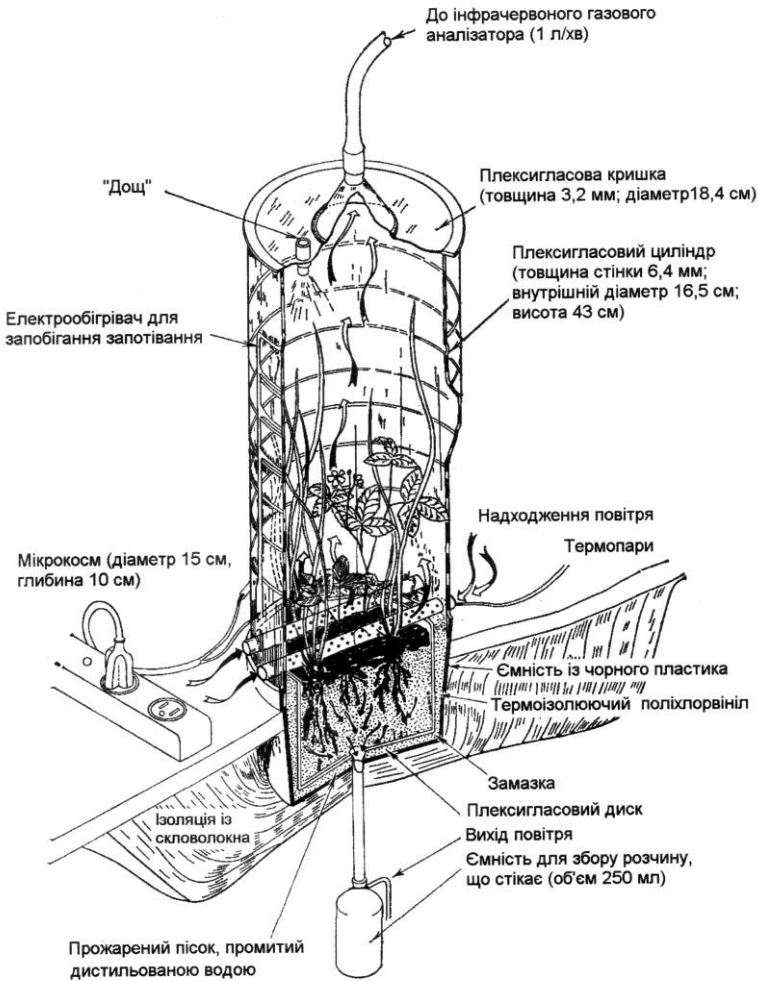


Рис. 1.3. Лабораторний наземний мікрокосм.

Керн ґрунту з рослинністю, взятий з покинутого поля, поміщений у прозору ємність. Метаболізм угруповання постійно реєструється шляхом вимірювання потоків CO_2 за допомогою інфрачервоного газового аналізатора. Оскільки стресовий вплив часто порушує колообіг мінеральних речовин, кількість речовин, що вимивається та збирається з дна ґрунтової колонки, може слугувати мірою того чи іншого стресового впливу. (Van Voris et al., 1980).

такий загальний висновок. Морські модельні екосистеми реагують на низькі концентрації токсичних речовин так само, як природні угруповання реагують на нестачу поживних речовин. Отже, ефект постійного забруднення подібний до ефекту “голодування”: продуктивність системи та загальна інтенсивність її функціонування знижуються.

Для моделювання процесів у наземних екосистемах Ван Воріс уперше запропонував використати пляшкову систему (*рис.1.3*). Як видно з рисунка, автор подбав про запобігання конденсації води на внутрішніх стінках мікрокосму шляхом системи електрообігріву. Модель передбачала відведення газу CO₂ до газоаналізатора, а також збір підземних вод у спеціальній ємності, приєднаній до дна мікрокосму.

Рекомендована література

1. Одум Ю. Экология: в 2 т. – М.: Мир, 1986. Т. 1.– 326с.
2. Beyers R.J. The metabolism of twelve aquatic laboratory microecosystems //Ecol. Monogr.–1963.– Vol.33.– P.281-306.
3. Carpenter E.J. A simple, inexpensive algal chemostat //Limnol. Oceanogr.–1969.– Vol. 14.–P.720-721.
4. Nixon S.W. A synthetic microcosm //Limnol. Oceanogr.– 1969.– Vol. 14.–P. 142-145.
5. Pilson M.E.Q., Nixon S.W. Marine microcosms in ecological research. In: Microcosms in Ecological Research, J.P. Giesy, ed. U.S. Dept. of Energy Symp.–№ 52, Springfield, Va., National Technical Info. Center. –P.724-741.
6. Van Voris P., O'Neill R.V., Emanuel W.R., Shugart H.H. Functional complexity and ecosystem stability //Ecology.– 1980.–Vol. 61.– P.1352-1360

Розділ II

«БІОС-3» ТА «БІОСФЕРА –2»

Одними з перших дослідження мезоекосистем, включаючи замкнуті системи життєзабезпечення (СЖЗ) людини, проводилися в м. Красноярську (Росія) в Інституті біофізики РАН (Сибірське відділення) (рис.2.1). Вони показали можливості моніторингу, моделювання і прогнозування стану штучних і природних екосистем з метою їх раціонального використання. Дослідження проводилися на СЖЗ людини «Біос–3», всі розробки та матеріали дослідження були перекладені англійською мовою і тому існує припущення, що були використані при створенні «Біосфери–2» в США. Вчені даного інституту вважають, що хронологічно другою, після справжньої біосфери є саме красноярська модель, яка пройшла випробовування в 1973–1985 рр.

Розміри мезокосмів (маються на увазі «Біос – 3» та «Біосфера –2») були підібрані пропорційно до розмірів природної біосфери. Кількість продуцентів, консументів різних порядків і редуцентів були в них збалансованими як у макроекосистемі.

Загальна характеристика «Біос–3»:

- Місце знаходження – м.Красноярськ (Росія)
- Рік створення – 1973
- Вартість – 6 млн. доларів
- Герметизований об'єм – 300 м³
- Екіпаж – 3 людини
- Результативність – життя екіпажу протягом 6 міс. за рахунок біологічного колообігу



Рис. 2.1. Місце розробки «Біос-3»

На початку дев'яностих років XX ст. унікальну систему побудували в американському штаті Арізона, поряд з містом Оракл і назвали її «Biosphere –2» («Біосфера–2»). При цьому автори проекту виходили з того, що «Біосфера–1» – це наша Земля. «Біосфера–2» – це грандіозна і велична конструкція зі скла та армованої сталі, яка займала площу 1,27 гектара і мала об'єм повітря –203 760 м³. «Біосфера–2» містила понад 3000 видів рослин і тварин, сім біомів – дощовий тропічний ліс, савану, пустелю, болото, навіть маленький океан з кораловим рифом, інтенсивне сільське господарство і апартаменти для людей. Ця споруда обійшлася Едварду Бассу в понад 150 мільйонів доларів.

Розробка конструкцій і систем зайняла близько 10 років, протягом цього часу спеціальні групи вчених збирали по всій Землі види тварин і рослин для заселення «Біосфери–2», підбирали зразки ґрунту, ретельно спостерігаючи за тим, щоб

усе було біологічно збалансовано.

Загальна характеристика «Біосфери–2»:

- Місце знаходження – поблизу м.Оракл (штат Арізона, США)
- Рік створення – 1991
- Вартість – понад 150 млн. доларів
- Площа – 1,27 га
- Об'єм повітря всередині – 203 760 м³
- Екіпаж – 8 людей (4 чоловіки та 4 жінки)
- Результативність – життя екіпажу протягом 2 років за рахунок біологічного колообігу
- Містила 7 біомів

«Біосфери–2» була достатньо великою, щоб підтримувати всю екосистему в рівновазі, і, водночас, достатньо малою, щоб усі процеси, які відбуваються в ній було легко досліджувати. А що найцікавіше, «Біосфери–2» була розроблена спеціально для того, щоб у ній могли жити люди, причому абсолютно ізольовано від решти світу: ні їжа, ні повітря, ні вода, ні будь-яка інша речовина не проникала всередину і ніщо не виходило назовні, окрім сонячного світла, електрики та інформації по дротах.

Навіть “дно” конструкції було ізольоване від землі, на якій вона стояла спеціальними герметично звареними залізними листами. Для підтримки постійного тиску повітря, коливання якого відбувалися через зміну температури (вдень і вночі) усередині «Біосфери–2» були передбачені гігантські мембрани-легені. Витік повітря з усієї конструкції складав не більше 10% за рік.

«Біосфера–2» була оснащена великою кількістю спеціальних датчиків, які постійно визначали температуру, вміст тих чи інших елементів у ґрунті, воді і повітрі, записуючи ці параметри для подальших досліджень.

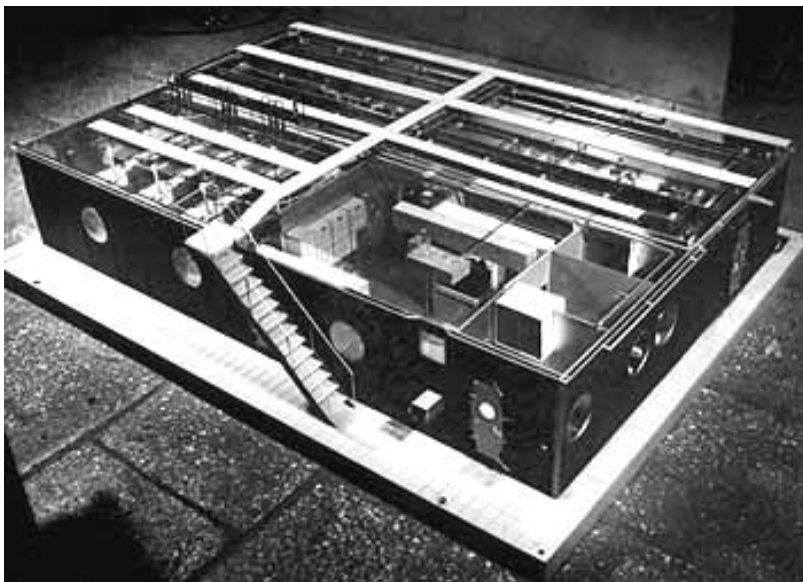


Фото 2.1. Схема будови «Біос-3»



Рис. 2.2. Місце розробки та розміщення «Біосфери-2»

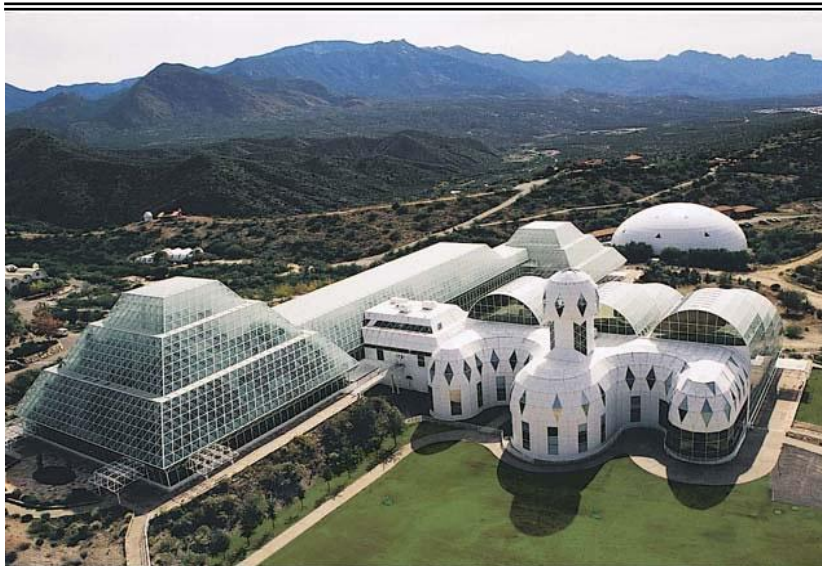


Фото 2.3. “Біосфера-2”

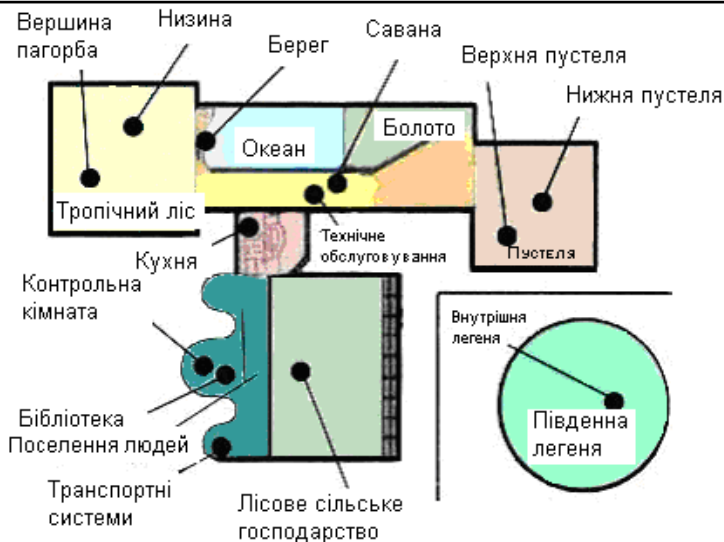


Рис. 2.3. Схема будови "Біосфери-2"

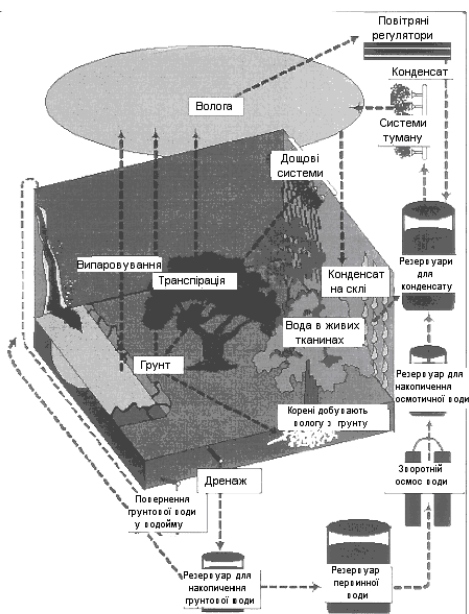


Рис. 2.4. Схема функціонування "Біосфери-2"



Фото 2.4. Замкнуті системи типу “Beach World”

26 вересня 1991 року вісім добровольців (чотири жінки і чотири чоловіки) увійшли до «Біосфери–2» з метою перебування в ізоляції протягом двох років.

Як функціонувала «Біосфери–2»? Вода циркулювала й очищувалася завдяки роботі жалюзей, що регулювали сонячне освітлення, яке приводило в дію конвекційні потоки теплого повітря, що викликали випаровування з поверхні “океану”. Конденсуючись, волога випадає у вигляді сильних дощів над “тропічним лісом”. Звідси вода просочувалася в “болота” і знову потрапляла в “океан” через ґрунтові фільтри. В процесі фотосинтезу поглинався вуглекислий газ, що виділявся при диханні, і підтримувався необхідний вміст кисню в повітрі. Люди контролювали роботу цих систем. У них була можливість передавати і одержувати будь-яку інформацію, проте це був єдиний зв’язок із зовнішнім світом.

На спеціальній ділянці інтенсивного сільського господарства за допомогою особливих методів оброблялися агрокультури, які слугували їжею для людей – адже іншої їжі їм не було звідки взяти. Крім землеробства, жителі «Біосфери–2» займалися скотарством. У них були кози, кури і навіть поросята. Причому це були особливі тварини, пристосовані до суворих умов. Наприклад, кури були дикої породи з Індії – вони пристосовані до життя в тропіках (висока температура і вологість) і могли харчуватися відходами.

У «Біосфері–2» не можна було використовувати пестициди – через замкненість біологічних циклів усередині ними можна було отруїти все живе, тому шкідники почувалися пречудово і з’їдали іноді значну частину врожаю. Люди для боротьби з ними розводили їх природних ворогів, наприклад комах, які харчуються личинками шкідників, але часто просто збирали їх руками, як у нас збирають колорадських жуків.

Не допускалося також використання забруднюючих середовище джерел енергії, наприклад спалювання палива.

Всю енергію для приготування їжі, освітлення і роботи устаткування давали сонячні батареї.

Для очищення води в «Біосфері–2» вирощували водні гіацинти. Ці квіти, виявляється, вбирають у себе забруднення з води.

Здавалося, що все враховано і побудований ідеальний світ, але були і проблеми, зокрема:

1. **Біосфера-2 виявилася перенаселеною.** Через деякий час людям стало не вистачати їжі, і тут виявилось, що проблеми усередині «Біосфері–2» дуже нагадують земні. Площа ділянки, де оброблялися агрокультури, була відносно невеликою, а погода в Арізоні протягом 2-х років експерименту була рекордно дощовою і похмурою, рослинам не вистачало сонячного світла і, як наслідок цього, погані врожаї, брак їжі. Довелося в “джунглях” висадити небагато бананів і папайї, ущільнити насадження зернових без збільшення площі і ввести розподіл їжі.

Керівники, що контролювали експедицію, дали чітко зрозуміти її учасникам, що якщо вони дуже голодні, всі вони, або хтось з них, можуть покинути «Біосферу–2» у будь-який час. Їм не доставлятимуть їжу ззовні і при цьому не дозволять знищувати ділянки дикої природи.

2. Не всі природні явища були враховані:

- Над "пустелею" на скляному даху «Біосфери-2» вранці конденсувалася вода і випадав дощ. Його виникненню неможливо було запобігти, тому пустеля стала не такою пустою, як планувалося спочатку – на ній почали виростати рослини.
- Чомусь розвелось багато мурашок, хоча ніхто не планував спочатку привносити їх у систему.
- Передбачивши течії в “океані”, творці «Біосфери-2» не передбачили вітер, а він, як виявилось, дуже важливий для рослин (під його дією дерева гойдаються і зміцнюються корені та стовбури), що призвело до обламу-

вання крон багатьох дерев під власною вагою.

- Зменшився за два роки вміст кисню в “атмосфері” (з 21% до 14%), а це спричинювало постійний головний біль і втрату працездатності в учасників експерименту.

Проблеми, що виникли в “Біосфері–2”

- Перенаселення, як наслідок – нестача їжі
- Конденсація води на скляному даху “Біосфери–2” та випадання дощу над “пустелею”
- Не був передбачений вітер, внаслідок чого спостерігалось обламвання крон під власною вагою
- Зменшення вмісту кисню в повітрі “Біосфери–2” з 21% до 14%

Не зважаючи на всі ці труднощі, перший експеримент на «Біосфері–2» завершився успішно: вся команда учених і переважна більшість рослин і тварин з успіхом пережило два роки в ізоляції. Цей експеримент ще раз показав, що існує небезпека зіштовхнутися в майбутньому на Землі з такими проблемами, як перенаселеність, брак їжі, зменшення вмісту кисню в атмосфері тощо.

Тепер «Біосфера–2» є підрозділом Колумбійського університету. Хоча тепер у ній немає постійних жителів, її значення для науки зовсім не зменшилося: у ній проводяться наукові дослідження і навчання студентів. Деякі частини наукового комплексу тепер відкриті для екскурсій.

Двоє вчених, що були у складі першої експедиції, – Табер Маккаллум і Джейн Пойнтер – створили корпорацію Paragon Space Development Corporation і запатентували технологію виробництва замкнених біосистем. Вони розробили мініатюрні біологічні аквасистеми – розміром від 10 до 30 см у діаметрі, в яких абсолютно без жодних відходів можуть жити різноманітні морські і прісноводні тварини (креветки, равлики) та рослини. Їх назвали

“BioSphere” і “Beach World” (фото 2.4). Американське космічне агентство NASA виявило велику зацікавленість до цих досліджень, а саме: до аквасистем, а не до “сухопутних”, тому, що при однакових об'ємах концентрація живої біомаси в них вища. Перші випробування таких акваріумів почалися в травні 1996 року.

Тепер ці “вічні” акваріуми використовуються як навчальні посібники з біології та екології в американських школах і університетах, а в санаторіях та будинках відпочинку – як елемент зоотерапії.

Цікаво

За 2 роки експерименту тільки один з членів команди покидав комплекс на 5 годин – для проведення операції на пораненій руці, після того, як він пошкодив палець.

Взагалі те, що їли біосферяни, заслуговує окремої розмови, вони ж не могли сходити в найближчий магазин і купити хліб або, скажімо, соняшникову олію. З олією для смаження, зауважимо, були проблеми: шкода було переводити на нього боби, які можна було з'їсти, так що замість смаження стали варити, пекти або готувати на пару. Взагалі доводилося вигадувати багато нового, вони винайшли навіть бананове вино. Рецепти страв учасники експедиції зібрали і, по закінченні проекту, видали навіть спеціальну куховарську книгу.

Часто питають, чи не було серед біосферян подружніх пар. Коли вони почали експеримент – не було, але через два роки, після виходу з «Біосфери-2», деякі з них одружилися.

Та, як не дивно, життя в ізоляції пішло людям на користь: адже вони два роки споживали екологічно чисту їжу, не труїлися отрутохімікатами, не вживали багато жирів. Після виходу з «Біосфери 2» виявилось, що рівень холестерину в крові помітно знизився, а самі біосферяни не могли звикнути до звичайної їжі – вона їм здавалася якоюсь штучною, позбавленою смаку.

Отже, експерименти з мезокосмами довели можливість існування живих організмів у штучних екосистемах, побудованих на знанні екологічних законів і правил. Успіх цих досліджень підтверджується теорією В.І.Вернадського про ноосферу, тобто теорією розумного співіснування людини з природою. Експеримент у мезоекосистемі дозволив викристалізувати проблеми, з якими зіткнулося людство вже через декілька років. Моделі мезоекосистем слугують чудовою базою для розробки мікроекосистем.

Рекомендована література

1. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества: В 2-х т. Т.2. – М.: Мир, 1989. – 477 с.
2. Биогеохимия растений /Ковалевский А.Л. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1991. – 204 с.
3. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. – М.: Наука, 1965. – 282 с.
4. Герасимов И.П. Биосфера Земли. – М: Педагогика, 1976. – 96 с.
5. Кучерявий В.П. Екологія: Підручник. – Львів: Світ, 2001. – 500 с.
6. Мусієнко М.М., Серебряков В.В., Брайон О.В. Екологія. Охорона природи: Словник – довідник. – К.: Т-во «Знання», КОО, 2002. – 550 с.
7. Потіш А.Ф., Медвідь В.Г., Гвоздецький О.Г., Козак З.Я. Екологія: основи теорії і практикум. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Львів: Новий світ – 2000, Магнолія плюс, 2003. – 296 с.
8. Шеляг–Сосонко Ю.Р. Біосферна, екологічна та соціальна роль фітостроми //Екологія та ноосферологія. – 2001. –Т.10, № 1-2. – С. 42 – 51.
9. Шипунов Ф.Я. Организованность биосферы. – М.: Наука, 1980. – 292 с.
10. Экологический энциклопедический словарь / Дедю И. И.– К.: МСЭ. – 408 с.

-
-
11. <http://www.futura.ru/index.php3?idart=67>
 12. <http://darwin.museum.ru/floor/LivePlanet/bio2.htm>
 13. <http://www.bio2.com/images/gallery-destination/pages/>

Ключ для перевірки правильності відповідей на підсумковий тест-контроль (див. стор. 194)

1.	1	9.	1	17.	1	25.	1	33.	2
2.	2	10.	3	18.	1	26.	3	34.	1
3.	1	11.	2	19.	3	27.	2	35.	1
4.	1	12.	2	20.	3	28.	2	36.	1,2,3
5.	3	13.	6	21.	1	29.	1,2	37.	1
6.	1	14.	2	22.	3	30.	1	38.	2
7.	2	15.	2	23.	4	31.	1	39.	1,2,3
8.	3	16.	1	24.	1	32.	2	40.	1

Розділ III

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПЛЯШКОВИХ СИСТЕМ

Анатомія пляшки

Найважливіші частини пляшки умовно названі як „плече” та „стегно” (рис.3.1). Це точки, де пляшка починає звужуватися догори та донизу, і де пляшки з’єднуються. Здебільшого ви повинні розрізати пляшки або вище плеча, або вище стегна, залежно від системи, яку ви будете. Оскільки діаметри пляшок різних торгових марок можуть сильно відрізнятися, то найліпше використовувати пляшки лише однієї марки.



Рис.3.1. Умовні назви частин пляшки для створення мікрокосмів

Зняття етикетки

1. Наповніть пляшку водою, щоб вона не коробилась і прикрутіть назад ковпачок.
2. Зафіксуйте пляшку між ногами так, щоб у одній руці ви могли тримати фен, а другою знімати етикетку.
3. Установіть фен на низькому рівні потужності.
4. Тримайте сопло фену на відстані 10 см від пляшки і швидко переміщуйте його вгору та вниз так, щоб повітря нагрівало шов етикетки. Спостерігайте, щоб пляшка не перегрівалася та не коробилась.
5. Обережно потягніть за край етикетки, поки ви не відчуєте, що клей починає піддаватися. Потім потягніть етикетку.

Розрізання пляшок

1. Спочатку нанесіть на пляшку усі лінії розрізу. Найкраще це зробити восковими олівцями (виробництва Китай), оскільки вони не мастяться і можуть легко стиратися. Остаточне позначення усіх ліній виконайте маркером.
2. Корисно використати коробку для фіксації горличка пляшки при здійснюванні маркування. При цьому маркер потрібно тримати нерухомо, а пляшку прокручувати навколо власної осі.
3. Використайте безпечну бритву або канцелярський ніж, щоб почати розрізання пляшки. Завершіть цю операцію ножицями. Підрівняйте краї, як тільки пляшка буде порізана на частини.

Основні розрізи

Є чотири лінії, по яких пляшки можуть бути розрізаними (рис.3.2): вище і нижче плеча, вище і нижче стегна.

Для того, щоб кінці мали конусоподібну форму ліпше різати вище плеча (розріз 1) або нижче стегна (розріз 4). Щоб зробити кінці прямими, необхідно різати нижче плеча (розріз 2) або вище стегна (розріз 3).

З'єднання пляшок

Щоб з'єднати дві пляшки разом, вам необхідно одна пляшка з конічним кінцем і одна пляшка з прямим кінцем.

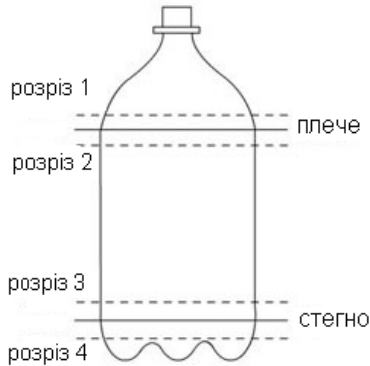


Рис. 3.2. Лінії (пунктиром), по яких пляшки можуть бути розрізані

Конічний кінець повинен бути верхньою пляшкою, а прямий кінець – нижньою пляшкою (рис.3.3).

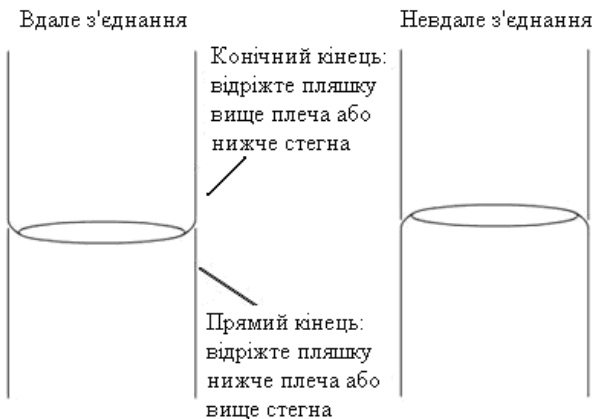


Рис.3.3. З'єднання двох пляшок

Побудова пляшкових блоків

Існує декілька стандартних блоків пляшки, які можна використовувати по-різному, залежно від структури пляшкової системи. Ці блоки зроблені вирізуванням пляшок різними шляхами, як це зображено на *рис. 3.4 (A-F)*.

Пляшкові системи на мотузках

Компоненти пляшкової колони можуть бути підвішені на мотузках. Такі моделі мають декілька переваг. Адже ви можете:

- мати більш легкий доступ до різних компонентів вашої системи;
- стабілізувати вашу систему і ліпше з'єднати ваші компоненти;
- легко транспортувати вашу систему;
- збільшити шанс, що ваші діти або домашні тварини не стукнуть вашу систему.



Інструкції до побудови:

1. Використайте паяльник (можна використати перфоратор, але зроблені ним отвори легко розриваються), щоб зробити отвори діаметром 4 мм один проти одного на кожному боці пляшкових компонентів А, В, С і D як показано на *рис.3.5*;
2. Оплавіть кінці мотузки над полум'ям або за допомогою гарячого цвяха;
3. Зав'яжіть простий вузол на одному кінці мотузки і заправте її через отвір у компоненті D так, щоб вузол знаходився всередині цього резервуару. Продовжте заправляти мотузку зверху по одній стороні та знизу по – другій, чергуючи між зовнішньою та внутрішньою сторонами компонентів С, В, А.

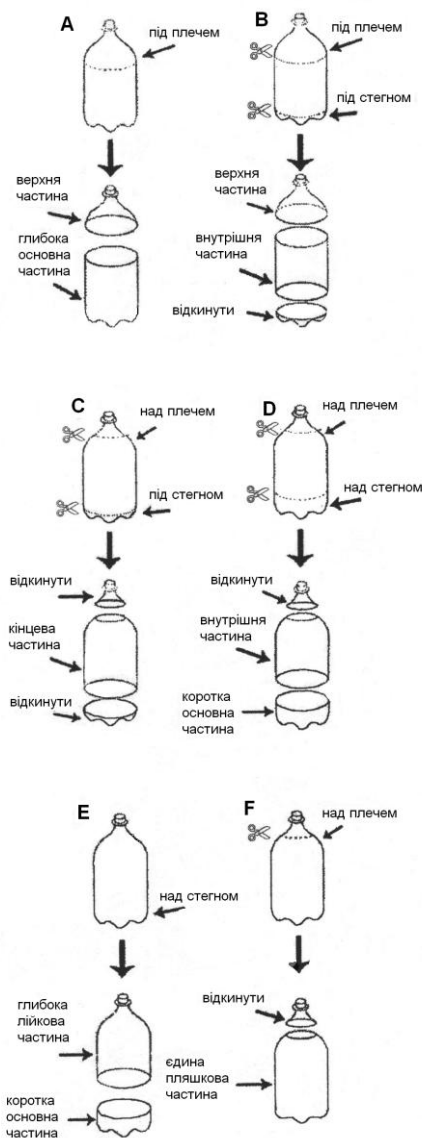


Рис.3.4. Стандартні блоки для побудови різних типів пляшкових систем

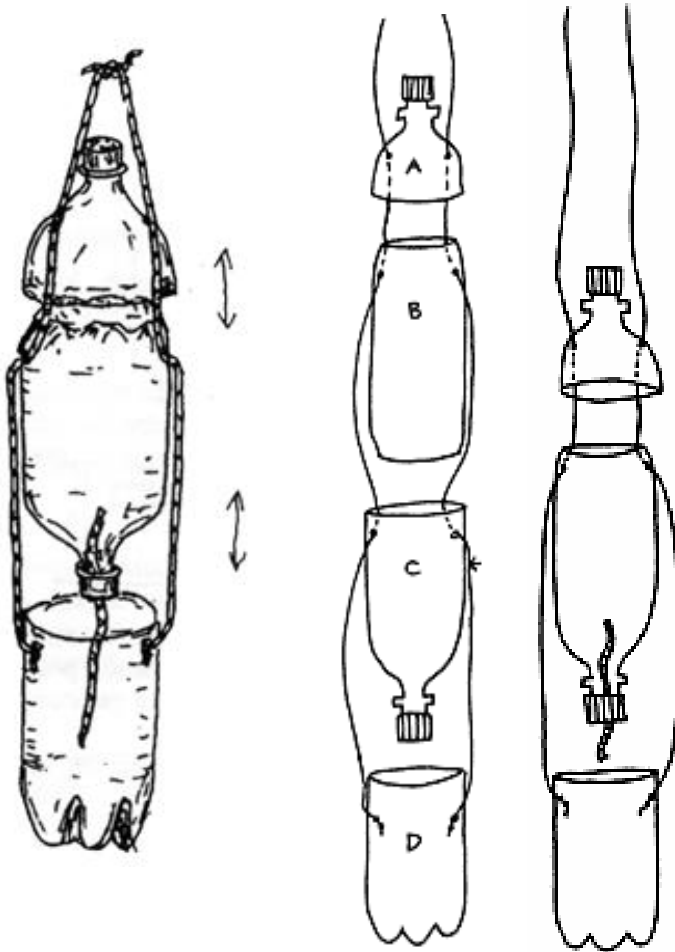


Рис.3.5. Пляшкові системи на мотузках

Основні технологічні операції

1. Роздівіть основні частини пляшки (фото 3.1).
2. Промийте пляшку теплою водою і зніміть етикетку.
3. Збережіть усі частини пляшки і ковпачок.
4. Покладіть пляшку на бік у коробку, упріться дном пляшки у протилежний бік коробки.

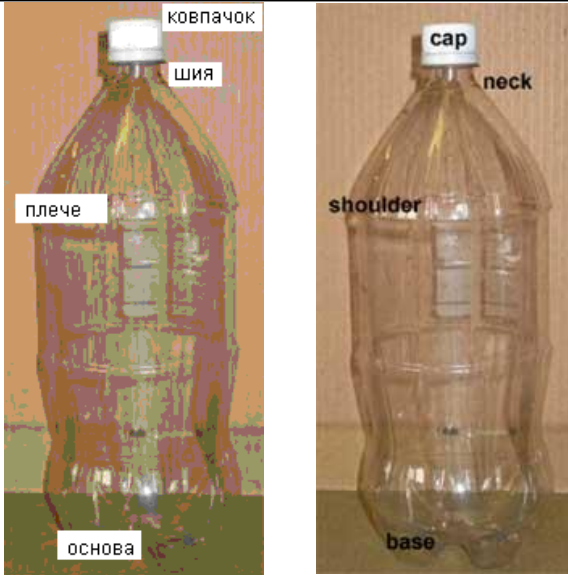


Фото 3.1

5. Нанесіть лінії розрізу восковим олівцем.
6. Використовуйте канцелярський ніж для відрізування верхньої частини від пляшки. При цьому один студент повинен обертати пляшку, а інший – тримати канцелярський ніж на місці (фото 3.2– 3.5).
7. Використайте електричний дріль, щоб зробити 3-5 маленьких отворів у ковпачку (фото 3.6, 3.7)
8. Зробіть 4-6 дренажних отворів у дні пляшки (фото 3.8)
9. Зробіть 10-12 отворів у верхній частині пляшки (це необхідно для вільного надходження повітря в екосистему) (фото 3.9).



Фото 3.2



Фото 3.3



Фото 3.4



Фото 3.5



Фото 3.6



Фото 3.7



Фото 3.8



Фото 3.9

Розділ IV

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ «ОРГАНІЗМ – СЕРЕДОВИЩЕ»

*Моделі розроблені організацією „Annenberg Media” разом
з Harvard–Smithsonian Center for Astrophysics*

При розробці такого напрямку як „пляшкова екологія” вчені США виходили, перш за все, із того, що цей напрямок сприяє рециклічному використанню пластикових пляшок, а це вже само по собі є чудовим прикладом розв’язання важливої екологічної проблеми – утилізації даного типу відходів.

При цьому пляшкові контейнери можуть бути використані як будівельні блоки для утворення штучних систем (мікрокосмів) з метою наукових досліджень природи і довкілля.

Найчастіше для фундаментальних екологічних досліджень у навчальних закладах США використовуються 2 пляшкові біологічні системи. Кожна з них призначена забезпечити застосування та розширення діяльності з тем, об’єднаних у послідовні пари занять, з яких складається курс.

Модель „**ЗемноВодна Колона**” (TerrAqua Column) закріплює розуміння понять „середовище існування”, „умови” та „ресурси”.

Система моделей „**Pina та Метелик**” („Brassica & Butterfly System”) дозволяє на власному досвіді познайомитися з різними типами взаємодії між організмами, що належать до різних видів.

Протягом перших 2-х тижнів курсу студенти повинні вибрати одну із систем і зібрати необхідні матеріали та об’єкти для її побудови. Наприкінці другого тижня система повинна бути в наявності і повністю готовою до запуску.

Модель «ЗемноВодна Колона»

До тем „Основні середовища життя й адаптація до них організмів”, „Поняття про умови існування та ресурси”

ЗемноВодна Колона (див. інструкцію щодо її побудови) є пляшковою системою, яка побудована із земного та водного середовищ. Земне середовище, або тераріум, надає помешкання організмам у ґрунті та надземному середовищі. Водне середовище, або акваріум, надає помешкання плаваючим і зануреним організмам, а також організмам, які живуть у донних відкладах. Тераріум і акваріум пов'язані між собою водою – тераріум дренажований в акваріум, який, забезпечує тераріум водою, яка зтягується через гніт, розміщений між ними. Ця система підходить для дослідження відмінностей між організмами, основаних на місцях поширення та ролях, які вони відіграють.

Загальна екологія передбачає декілька занять із ЗемноВодними Колонами, які є чудовим вступом до наукового вивчення навколишнього середовища організмів. Лекція на тему „Середовища існування, умови та ресурси” супроводжується показом відеофільму „Одержжи життя!”, створеного розробником Пляшкової Біології Полом Вільямсом. У цьому фільмі, доброволець повинен виявити, який з об'єктів є живим, шляхом створення життєво-підтримуючих умов у невеличких тюбиках, які можна носити на шії (*фото4.1*).

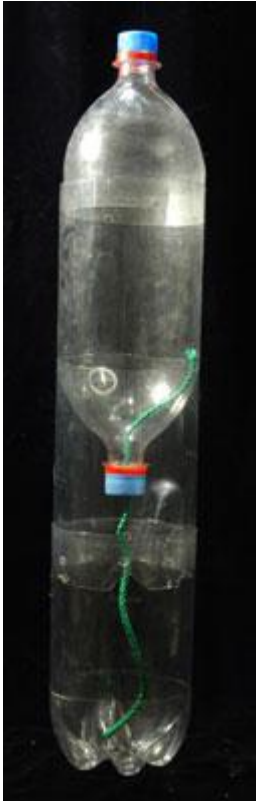


Фото 4.1. Намисто Пола Вільямса

Для одержання більш повної інформації та для додаткової активізації ідей ви можете самі відвідати веб-сайт Пляшкової Біології в www.bottlebiology.org.

Побудова ваших ЗемноВодних Колон

Головна частина ЗемноВодної Колони об'єднує глибоку основу, з'єднану з лійкою і верхнім кінцем. Ми додали внутрішню частину до акваріуму в нашій ЗемноВодній Колоні для того, щоб збільшити поле зору та можливості фотографування (*фото 4.2*). Робота з вашою ЗемноВодною Колоною складається з певних завдань для дослідження,



джерел ваших зразків – місцевих чи закуплених – і вашої особистої творчої енергії. Найбільш простий шлях створення Колони полягає в доборі компонентів з вашої місцевості. Проте якщо вашим завданням є більш фундаментальні дослідження, то варто поєднати місцеві зразки із закупленими, щоб зробити вашу систему більш різноманітною.

Фото 4.2. ЗемноВодна Колона

Необхідні матеріали:

- три 2-літрові пластикові пляшки (пляшка 1 дасть основну опорну частину і верх, пляшка 2 дасть внутрішнє з'єднання, пляшка 3 –глибоку лійку);
- два пляшкових ковпачки для верху та для лійки;

- одна нейлонова мотузка довжиною 20 см (для гноту);
- китайський або нестійкий маркер;
- безпечне лезо або канцелярський ніж (щоб почати розрізання пляшок);
- ножиці (для завершення розрізання пляшок);
- паяльник або дріль (щоб зробити отвір для гноту в пляшковому ковпачку);
- булавка або цвях (щоб зробити повітряні отвори).

Дуже важливо, щоб усі внесені в колону живі, мертві та неживі компоненти були чистими та вільними від будь-яких токсичних для існування чинників (наприклад, нафти, пестицидів тощо). Організми, які ви вводите, повинні бути невеликими і пристосованими до створених середовищ. Кількість організмів, які ви вносите, залежатиме від їх розмірів.

Водне середовище:

- Дрібно подрібнений акваріумний ґравій (імітує „материнську породу”)
- Пісок або ґрунт з орного шару (імітує донні відклади)
- Відстояна водопровідна або дистильована вода (імітує водне середовище)
- „Валуни”, гілки дерев та інші мініатюрні об’єкти, притаманні для дна ставка
- Водні рослини та тварини
- Корм для риб (якщо ви запускаєте їх у систему).

Земне середовище:

- Дрібно подрібнений акваріумний ґравій (імітує „материнську породу”)
- Ґрунт з орного шару (імітує ґрунтовий субстрат)
- Опале листя (імітує підстилку)
- Наземні рослини та тварини
- „Валуни”, „мертві дерева” та інші мініатюрні об’єкти, характерні для лісового середовища
- Їжа, необхідна для тварин



Інструкції до побудови:

1. Згідно з інструкціями щодо нанесення розрізів на пляшкові основи, зробіть глибоку основу, глибоку лійку та верхівку. За бажанням ви можете зробити внутрішній блок або для акваріуму, або для тераріуму.
2. Розплавте або просвердліть отвір в обох пляшкових кришках і прикрутіть їх до верхньої частини та до глибокої лійки.
3. Уставте гніт через отвір у пляшковому ковпачку глибокої лійки так, щоб він виступав на 10 см знизу та зверху.
4. Зробіть повітряні дірки у верхній частині акваріума й тераріуму.
5. Якщо ви хочете підвісити вашу систему, зверніться до інструкцій щодо виготовлення підвішених пляшок, викладених у параграфі „Пляшкові системи на мотузках”.
6. Зібрана система перевертається так, щоб глибока лійка була розміщена над глибокою основою і доповнена верхом.



Інструкції до створення акваріума:

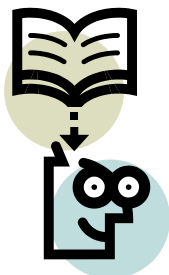
1. Додайте шар піску або ґрунтового покриву (2-3 см) в глибоку основу.
2. Додайте шар гравію (1-2 см) поверх піску або ґрунтового покриву.
3. Додайте воду до рівня на 1 см нижче від ковпачка вставленої глибокої лійки.
4. Устроміть водні рослини в „донні відклади” (пісок або ґрунт). Для цього ви можете використати китайські палички або рожен.
5. Розмістіть „валуни” та інші об’єкти на „донних відкладах”.
6. Додайте плаваючі водні рослини.
7. Додайте водних тварин.

Інструкції до створення тераріума:

1. Додайте в глибоку трубку шар гравію (1-2 см).
2. Змішайте рівні частини листової підстилки та верхнього шару ґрунту і розмістіть цю суміш над гравієм. Товщина цього шару повинна бути 6-8 см.
3. Додайте ґрунтових тварин, які риють ґрунт (наприклад, черви).
4. Установіть у ґрунті наземні рослини.
5. Розмістіть на ґрунті „мертві дерева” та інші об’єкти.
6. Додайте наземних тварин.
7. Створіть „водний зв’язок” між водним і наземним середовищами, тримаючи тераріум над акваріумом під невеличким кутом і повільно наливаючи воду в нижню частину тераріуму до тих пір, поки вона не почне капати з „гноту” в акваріум.

**Інструкції до обслуговування:**

1. Забезпечте джерело світла, найліпше поставте на вікно. Маленька настільна лампа або лампа денного світла також підійдуть. Для достатнього освітлення потрібен 12-14-годинний світловий день.
2. Змінюйте воду щотижня.
3. Регулярно годуйте тварин, вони потребують незіпсованих продуктів.

Активізуючі запитання та завдання

1. Які водні та земні організми ви внесли у вашу ЗемноВодну Колону? Чому ви вибрали саме ці організми?
2. Яких змін ви очікуєте у вашому водному середовищі?
3. Назвіть 5 характеристик, які можуть бути використані, щоб визначити „засоби для існування”.
4. Чи очікуєте ви на появу „новинок” у

- будь-якому середовищі, яких ви не вводили?
5. Якщо так, то подумайте, які це будуть новинки.
 6. Які типи змін відбуваються у вашому водному середовищі? У земному середовищі?
 7. Чим викликані ці зміни?
 8. Чи знайшли ви новинки в кожному середовищі? Як вони опинилися там?
 9. Чи були у вас проблеми в якомусь середовищі?
 10. Як би ви змінили проект для подальших досліджень?

Система моделей «Ріпа та Метелик»

*До тем „Біотичні фактори середовища”,
„Міжвидові взаємовідносини”*

Система „ріпа-метелик” дозволяє побачити повний життєвий цикл рослин і тварин протягом короткого періоду. *Brassica rapa* - поширена рослина, що належить до роду Капуста (*Brassica*), з коротким життєвим циклом: від насіння до насіння приблизно 30 днів, внаслідок чого вона отримала назву „швидкостигла” рослина. *Pieris rapae* – метелик, відомий як білан ріпаковий. Також має цикл розвитку, що триває приблизно 30 днів.

Ці організми пов’язані між собою через харчування і процес репродукції. Лялечка *Pieris rapae* харчується листками ріпи, тоді як дорослий метелик використовує їх для відкладання яєць.

Існує багато дослідів, які можна провести з ріпою, біланом чи ними обома. Модель „Життєві цикли ріпи та метелика” дає можливість краще зрозуміти взаємозв’язок циклів розвитку даних видів: *Brassica* – від насіння до насіння, *Pieris* – від яйця до яйця. Модель „Бджола чи не бджола” можна використати для розуміння значення та способів запилення квітів ріпи, як яскравого прикладу мутуалістичних взаємовідносин між видами. Різні концентрації цукру в моделі „Як це солодко” демонструють другий бік цих мутуалістичних відносин, важливих для метелика. Остання модель „Мати знає краще” розкриває,

яким видам рослин білан ріпаковий надає перевагу для відкладання яєць.

Для більшої інформації про діяльність даної системи скористайтесь веб-сторінкою www.fastplants.org.

Модель «Життєві цикли Ріпи та Метелика»

Що відбувається протягом типового життєвого циклу рослини? А як щодо життєвого циклу пов'язаної з нею комахи? Ця лабораторна робота присвячена вивченню життєвих циклів рослин зі швидким розвитком, або ріпи (*Brassica rapa*) та білана ріпакового (*Pieris rapae*).

Необхідні матеріали:

- Одна пляшкова культивацийна система для вирощування ріпи
- Один освітлюваний будиночок
- Один „розсадник” хрестоцвітих
- Одна „комора” для брюссельської капусти
- Календар паралельного розвитку та догляду
- Інформаційні таблиці про ріпу та метелика



Інструкції до проведення експерименту:

1. Забудьте ваше насіння швидкостиглих рослин та яйця метеликів, а також купіть насіння для розсадника хрестоцвітих у місцевому садовому магазині (редиски, ріпи, та/або насіння гірчиці).

Примітка: Вам необхідно висадити насіння за 5 днів до одержання яєць метелика, які можна замовити у компанії біологічного постачання (Кароліна, США, тел. 1-800-334-5551 або www.carolinabiological.com).

2. До одержання насіння рослин сконструйте пляшкову культивацийну систему, освітлюваний будиночок, „розсадник”, „комору”.
3. Коли вони прибудуть, посадіть насіння ріпи в Пляшкову Культивацийну Систему і помістіть в освітлюваний будиночок.

4. У той же день, або декількома днями раніше, висадіть насіннєву суміш хрестоцвітих рослин у розсадник і помістіть його також в освітлюваний будиночок.

Протягом досліджуваного періоду. Обидва життєвих цикли займуть біля 30-40 днів до повного завершення. Протягом цього часу робіть спостереження кожні 2-3 дні та занотуйте їх у журнал. Результати ваших досліджень порівняйте з результатами, одержаними авторами даного проекту (фото 4.3, 4.4).

Пляшкова культивацийна система для вирощування ріпи

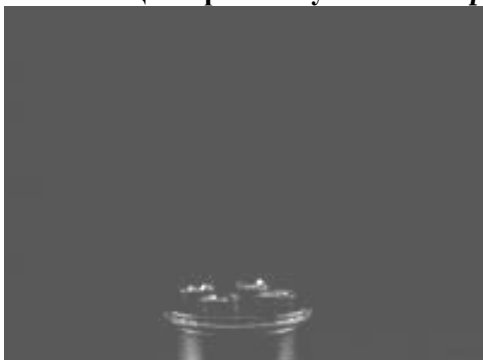


Фото 4.5. Пляшкова культивацийна система для вирощування ріпи

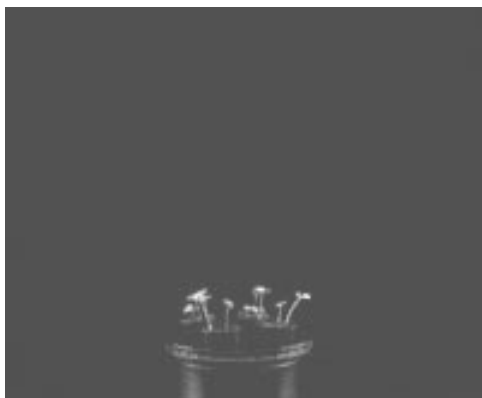
Необхідні матеріали:

- Однолітрова пластикова пляшка з ковпачком;
- Нейлонова мотузка довжиною 20 см;
- Маркер;
- Ніж;
- Ножиці;
- Дриль або цвях для проколювання дірок у ковпачку пляшки
- Насіння ріпи (*Brassica rapa*);
- Універсальна ґрунтова суміш (продається у квіткових магазинах)
- Підживлювальний розчин (розчин збалансованого добрива).

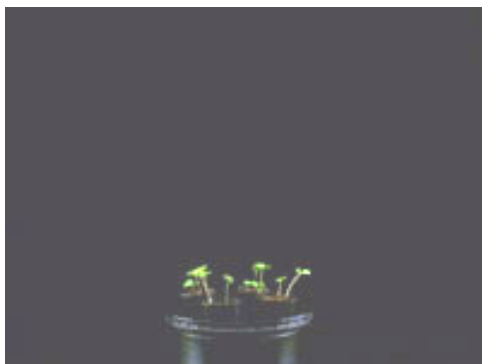
Цикл розвитку *Brassica rapa* (фото 4.3.)



День 0:
Насіння висадили



День 2:
Проростання
насіння



День 4:
Ріст рослин



День 6



День 8



День 10:
Розвиток квіткових
бруньок



День 12



День 14:
Цвітіння



День 16



День 18



День 20:
Формування
насіння в стручках



День 22:
Насіння
розвиваються в
стручках



День 24



День 26



День 28



День 30



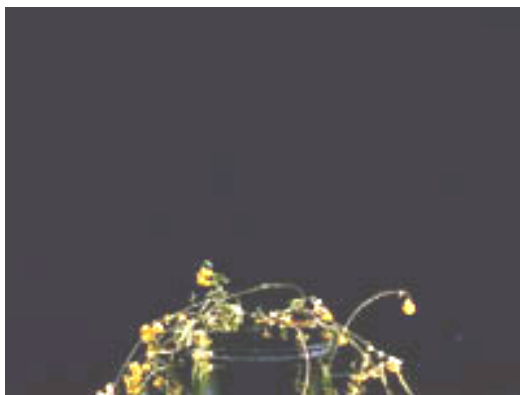
День 32



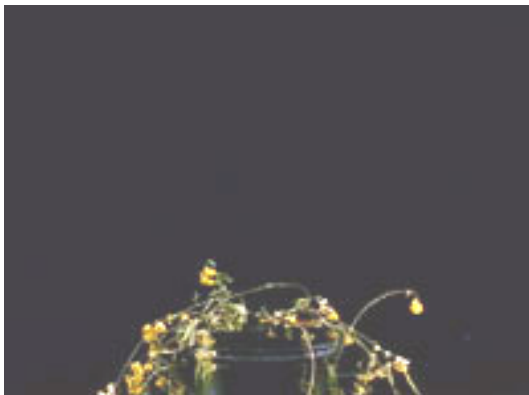
День 34:
Старіння і
дозрівання насіння



День 36



День 38



День 40:
Загибель рослин і
достигання насіння

Цикл розвитку *Pieris rapae* (фото 4.4.)



День 0:
Яйця



День 2



День 4:
перша стадія –
з'явилась
личинка



День 6:
Личинки
харчуються



День 8:
Перше линяння



День 10:
Харчування
личинки на
другій стадії



День 12:
Друга личинкова
стадія змінюється
на третю



День 14:
Четверта
личинкова стадія
змінюється на
п'яту



День 16:
Харчування
личинки на
четвертій стадії



День 18:
Харчування
личинки на п'ятій
стадії



День 20:
Стадія лялечки



День 22:
Лялечки
розвиваються



День 24



День 26:
Перед появою
метелика



День 28



День 30:
Перетворення
лялечки в
метелика



День 32:
Метелики
харчуються



День 34



День 36:
Метелики
спаровуються



День 38:
Відкладання яєць



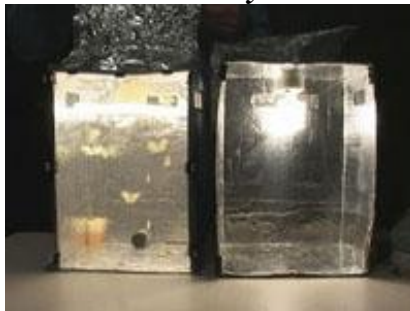
День 40:
Цикл
починається з
початку



Інструкції до побудови:

1. Відповідно до інструкцій нанесення розрізів, розглянутих у розділі „Технологія виготовлення пляшкових систем”, розріжте пляшку на дві частини: глибоку нижню та коротшу верхню.
2. Дрилем або розігрітим цвяхом зробіть у ковпачку отвір відповідно до діаметра шнура. Через цей отвір вставте гніт так, щоб над і під ковпачком його довжина була приблизно однакова. Прикрутіть ковпачок до верхньої частини.
3. Помістіть верхню частину ковпачком униз у глибоку нижню частину.
4. Заповніть верхню частину ґрунтовою сумішшю, не досипаючи 5 см до краю. Поливайте ґрунт водою, поки з гноту не почне капати. Додайте ще ґрунту.
5. Висадіть 20-25 насінин ріпи.
6. У глибоку нижню частину налейте $\frac{3}{4}$ підживлювального розчину.
7. Підготовлену вищезазначеним способом культиваційну систему помістіть в освітлюваний будиночок.

Освітлюваний будиночок



Необхідні матеріали:

- Паперова коробка розміром 17"x12"¹
- Одна пластикова десертна тарілка (для підвішування)

¹ " - дюйм - міра довжини, що дорівнює 2,54 см

джерела світла)

- Одна лампочка з патроном, шнуром та вилкою
- Нейлонова сітка для вентиляційних вікон і передньої завіси
- Алюмінієва фольга для обклеювання бічних і задньої стінок коробки
- „Липучка” для кріплення передньої панелі до коробки
- Степлер для кріплення передньої завіси до коробки
- Ножиці, ніж
- Клей
- Клейка стрічка



Інструкції до побудови будиночка:

1. Виріжте вікна розміром 5x20 см на бічних і задній панелях коробки (вгорі по центру).
2. Покрийте вікна нейлоною сіткою за допомогою клейкої стрічки.
3. Для захисту від перегріву обклейте коробку зсередини алюмінієвою фольгою блискучою стороною назовні.
4. Виріжте отвір у центрі верхньої панелі коробки для розміщення джерела світла.
5. Зробіть також отвір у центрі пластикової тарілки і помістіть її на верхню панель коробки.
6. Через отвори пропустіть патрон для лампочки. Підключіть до розетки.

Передня панель: (буде використана, коли в освітлюваному будиночку вирощуватимуться рослини)

1. Виміряйте довжину та ширину коробки. Додайте 5 см до вимірюваної довжини для загину над верхньою частиною коробки.
2. Виріжте панель з алюмінієвої фольги, трохи більшу за зазначені розміри (на 0,5-0,7 см).
3. Для зміцнення країв панелі обклейте їх клейкою стрічкою, зігнувши її навпіл.

4. У трьох місцях прикріпіть верхній край панелі до верхнього боку коробки за допомогою „липучки”, що використовується для застібання одягу та взуття.

Передня завіса: (буде використана, коли метелики житимуть в освітлюваному будиночку)

1. Виріжте нейлонову завісу за розмірами алюмінієвої панелі.
2. Закріпіть краї завіси до боків коробки скріпками степлера.

„Розсадник” Хрестоцвітих

„Розсадник” призначений для вигодовування личинок білана ріпакового. Його одержують шляхом висіву суміші насіння хрестоцвітих (ріпи, редису, салату) у пляшкову культивацийну систему, аналогічну тій, що була описана вище для вирощування ріпи (*фото 4.6*).



Фото 4.6. „Розсадник” Хрестоцвітих

Американські постачальні компанії продають яйця білана ріпакового на смужці, вкритій вощеним папером, у невеликих пластикових флаконах. За допомогою пінцету обережно знімають вощений папір, а смужку розміщують яйцями вниз на саджанці рослин.

УВАГА! Протягом періоду розвитку личинок білана ріпакowego тримайте „розсадник” і культиваційну систему для вирощування ріпи на значній відстані в освітлюваному будинку (для запобігання поїдання личинками рослин ріпи).

„Комора” для брюссельської капусти

Необхідні матеріали:

- Один прозорий пластиковий контейнер з кришкою (для 10-15 личинок) (найкраще підійдуть ємності в яких продаються мариновані оселедці, висотою не менше 10 см)
- П'ять зубочисток (для нанизування брюссельської капусти)
- Один паперовий рушник
- Один цвях або товста голка (для проколювання дірочок)
- 5 головок брюссельської капусти (фото 4.7)



Фото 4.7. „Комора” для брюссельської капусти

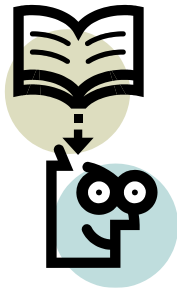


Інструкції до побудови комори та проведення експерименту:

1. Зробіть у кришці контейнера 5 отворів для зубочисток методом конверта
2. Зробіть ще ряд отворів для забезпечення циркуляції повітря в „коморі”
3. Понанізуйте на зубочистки брюссельську капусту
4. Встроміть зубочистки в кришку з нижньої сторони
5. На низ контейнера покладіть паперовий рушник

6. Закрийте контейнер кришкою.
7. Помістіть 2-3 личинки з „розсадника” на кожную головку брюссельської капусти
8. Підтримуйте в „коморі” чистоту, постійно усуваючи продукти життєдіяльності. Для цього замінійте паперовий рушник через кожні 2 дні.

Активізуючі запитання



1. Які умови зовнішнього середовища необхідні насінню ріпи для проростання?
2. Чи життєздатне насіння ріпи? Відповідь доведіть.
3. Як з яєць метелика вилуплюються личинки?
4. Що виступає ключовим індикатором того, що личинки наявні, навіть якщо ви не можете визначити їх місцезнаходження?
5. Чим личинки харчуються?
6. Де ви очікували знайти личинки?
7. Що викидають личинки?
8. Кожна личинка має екзоскелет. Яка його функція?
9. Що робить личинка для збільшення росту? Що відбувається з екзоскелетом?
10. Як личинка стає метеликом?
11. Що слугує індикатором того, що метелик готовий вийти з лялечки?
12. Де самка метелика відкладає яйця?
13. Яка різниця між їжею личинок і метеликів?
14. Яка їжа повинна бути в наявності для генерації наступного покоління метеликів?
15. Як ріпа залежить від метелика?
16. Як метелик залежить від ріпи?

Модель «Бджола чи не бджола»

До теми "Гетеротипові коакції: запилення як різновидність мутуалізму"

Швидкостиглі рослини запилюються різними комахами, в тому числі біланом капустяним і бджолами. Яку роль відіграє запилення в життєвому циклі рослин? Що сталося б, якби квіти не запилювались? Спробуйте це з'ясувати з рослинами, що використовувались у роботі „Життєвий цикл ріпи і білана ріпакового”.



Фото 4.8. „Бджолина палиця”

Необхідні матеріали:

- Швидкостиглі рослини в пляшкових системах вирощування
- „Бджолина палиця” (фото 4.8) (мертва бджола насаджена на зубочистку) або м'який пензлик

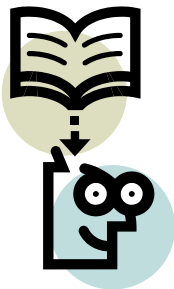
Інструкції до проведення експерименту:



1. Перед розкриванням квітів (приблизно 12-й день), кілька сусідніх квітів кожної рослини попарно з'єднайте у групи, обгорнувши їх невеликими поліетиленовими квадратами, закріпленими знизу ниткою. Ці групи квітів дадуть можливість з'ясувати, чи здатний даний вид

- рослин до самозапилення. Інші квіти залишіть вільними.
2. Використовуючи „бджолину палицю”, обережно перенесіть пилок з вільних квітів однієї рослини на вільні квіти іншої.
 3. Спостерігайте за кожною рослиною до кінця життєвого циклу (приблизно 40 днів)
 4. Опишіть, що ви побачили.

Активізуючі запитання та завдання



1. Яка роль квітки в життєвому циклі рослин?
2. Які частини квітки найважливіші для закінчення життєвого циклу? Намалюйте схему зв'язків цих частин.
3. Опишіть, як Ви запилювали квіти.
4. Опишіть, що відбувається з квітами після запилення.
5. Яка форма квітів?
6. Чим відрізняються запилені і незапилені квіти?
7. Що Ви можете сказати про роль комах у запиленні швидкостиглих рослин?
8. Якби не було комах, що б ще могло гарантувати запилення?

Модель «Як це солодко»

До теми "Гетеротипові коакції: мутуалістичні взаємовідносини"

Дорослі метелики білана ріпакового харчуються нектаром рослин ріпи. Мета дослідження – з'ясувати, чи впливає рівень солодкості нектару на харчування білана?

Необхідні матеріали:

- Чотири світлих пластикових контейнера для фотоплівки, що містять розчини цукру.
- Чотири нейлонові мотузки довжиною 10 см
- Цукор



Фото 4.9. „Цукрова годівниця”



Інструкції до побудови «цукрової годівниці»:

1. Складіть кожну нейлонову мотузку навпіл;
2. Опустіть мотузки складеним кінцем у контейнери, а два вільних кінці виведіть через отвір назовні;
3. Наповніть кожний контейнер на 3/4 водою;
4. Один залиште з чистою водою, в решта – додайте відповідно 1, 2, 3 чайних ложки цукру.

Необхідні матеріали:

- Чотири порожні футляри (контейнери) для фотоплівки
- Дорослі метелики білана ріпакового
- Будиночок, що освітлюється

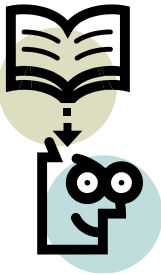


Інструкції до проведення експерименту:

1. Помістіть контейнери, підготовлені, як описано вище, в освітлюваний будиночок з метеликами.
2. Спостерігайте за поведінкою метеликів під час харчування.
3. Протягом певного періоду спостерігайте за кількістю метеликів, що харчуються біля кожного контейнера з

цукровим розчином.

4. Спостерігайте, скільки часу витрачають на харчування метелики біля кожного контейнера з різною концентрацією розчину цукру.
5. Залишіть контейнери в будиночку на 48 годин. По завершенні даного періоду порівняйте кількість цукрового розчину в кожному контейнері.



Активізуючі запитання

1. Як поводити себе метелики, коли ви помістили контейнери з цукровими розчинами в будиночок?
2. У який спосіб метелики „тестували” кожний розчин?
3. Яким розчинам метелики надавали перевагу? Відповідь аргументуйте.

Модель «Мати знає краще»

До теми “Гетеротипові коакції: паразитизм, паразитоїдність, хижацтво”

Метою дослідження є перевірка гіпотези про те, що самки метелика при відкладанні яєць віддають перевагу специфічним рослинам.

Необхідні матеріали:

- шість світлих пластикових контейнерів для фотоплівок з кришками, які будуть слугувати як основи для утримання листків;
- шість листків різних видів рослин: ріпа, салат і шпинат тощо;
- ножиці;
- двобічна прозора клейка стрічка;
- вощений папір.

Інструкції до побудови “інкубаторів яєць”:



1. З кожного листка виріжте кружальця розміром на 3-4 мм більші за розмір кришок контейнера для фотоплівки;
2. Нижню сторону кружальця листка прикріпіть двобічною стрічкою до кришки контейнера;
3. Краї кружалець загніть і зафіксуйте також двосторонньою стрічкою, обгортаючи верхню частину контейнерів;
4. Виріжте шість смуг з вощеного паперу розміром 1x10см;
5. Закрийте ними клейку стрічку, не залишаючи відкритих ділянок, для запобігання приклеювання метеликів.

Необхідні матеріали:

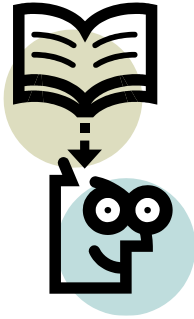
- 4-6 контейнерів для фотоплівок, підготовлені вищезазначеним способом
- дорослі метелики
- будинок, що освітлюється



Інструкції до проведення експерименту:

1. Поставте підготовлені вищезазначеним способом контейнери („інкубатори яєць”) у будинок з метеликами.
2. Спостерігайте за самками метеликів при відкладанні яєць.
3. Для кожного відкладання яєць потрібний певний час; зіставте кількість метеликів, які сідають і відлітають, з тією кількістю, які сідають і кладуть яйця.
4. Залиште „інкубатори яєць” у будинку. Повторіть спостереження через 2, 4, 24 та 48 годин і запишіть результати.

Активізуючі запитання та завдання



1. Як метелики поводити себе, коли у будинок помістили „інкубатори яєць”?
2. Опишіть процес відкладання яєць.
3. Як метелики обирають рослини для відкладання яєць? Аргументуйте відповідь.
4. Яким рослинам (з наявних у будиночку) метелики надавали перевагу при відкладанні яєць?
5. Які наслідки має відкладання яєць для рослин?

Розділ V

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОПУЛЯЦІЙ: ПОЛІМОРФІЗМ, ПРИРОДНИЙ ДОБІР І ДИНАМІКА

*Моделі розроблені організацією „Annenberg Media” разом з
Harvard–Smithsonian Center for Astrophysics*

Система моделей «Польова Популяційна Система»
*До тем „Популяційний поліморфізм”, „Динаміка популяцій
та природний добір”*

Польова Популяційна Система призначена, щоб продемонструвати поняття, які є фундаментальними для розуміння біологічної еволюції. Вона супроводжується відеофільмами „Мінливість, адаптація та природний добір” і „Еволюція та дерево життя”. Назва походить від системи, яку ми збираємось імітувати: поле, на якому зростають одна або багато рослинних популяцій. Можна очікувати, що у цьому типі природної регуляції індивідууми в межах таких популяцій змінюватимуться в різних напрямках. Всупереч незчисленним факторам, які впливають на виживання, очікується, що деякі індивідууми повинні ліпше уціліти (зберегтись), ніж інші. Завдяки природному добору ці індивідууми, ймовірно, залишать відповідно більше нащадків. Якщо спостереження продовжити на багатьох поколіннях, то популяція буде „розвиватися”, тобто успішні індивідууми повинні ставати більш загальними (простими). Запропоновано дві моделі для ілюстрації зв'язку між цими поняттями. Перша — „Оцінювана зміна”, серія стадій для другої — „Селективне травоядство”.

У моделі „Селективне травоядство” в популяцію різновидностей *Brassica rapa* вводиться ненажерне травоядне: личинки ріпакового білого метелика *Pieris rapae*. Ця діяльність охоплює спостереження за харчовою поведін-

кою личинок і побудову гіпотези про те, яка зміна в рослинній популяції дала можливість певним варіантам бути відібраними на противагу іншим.

Модель „Сіль Землі” демонструє, що стається з популяцією, коли змінюється фізичне середовище. У цьому випадку рослини зазнавали впливу солі, яка додавалася до води. Вплив цієї обробки на життєздатність і репродуктивну здатність оцінюється та супроводжується вибіркоvim розведенням (тобто штучним доббором) тих варіантів, які перенесли сольовий стрес ліпше, ніж інші. Поки діяльність спрямована на дослідження солі, як єдиної змінної, вона може бути модифікована з метою визначення впливу будь-якої кількості цього фактора середовища. А при належному знайомстві з принципами вибіркового розведення ви зможете глибше зрозуміти, як відбувається еволюція через роботу природного доббору.

Примітка: вся ця діяльність може бути реалізована з використанням нащадків *Brassica rapa* та *Pieris rapae*, які утворилися при вивченні їх життєвих циклів у „Brassica & Butterfly System”. Ви можете пройти по он-лайну та слідкувати, як ми просуваємося з „Оцінювана зміна” та „Селективне травоядство”.

Побудова вашої Польової Популяційної Системи

Одна Популяційна Система потребує „Пляшкової Культивуваційної системи” плюс відповідне насіння. Якщо ви паралельно проводите „Оцінювану зміну” з „Селективне травоядство” то, ви можете використати декілька Пляшкових Культивуваційних Систем. Обидві ці діяльності потребують насіння швидкостиглих рослин, ріпи та салату, а останній – яєць білого ріпакового метелика. Крім того, вам буде необхідний Розсадник Хрестоцвітих для вирощування метеликів на личинковій стадії, Освітлюваний Будиночок для вирощування рослин, а також Бджолина Палиця для запилення. Для діяльності „Сіль Землі” можна використати будь-яке насіння – ми рекомендуємо Швидкостиглих Рослин, оскільки вони мають короткий цикл розвитку.

Примітка: Інструкції щодо Розсадника Хрестоцвітих, Освітлюваного Будиночка, та Бджолоїної палиці передбачені як частина „Brassica & Butterfly System”.

Необхідні матеріали:

для побудови *Пляшкових Культиваційних Систем*

- одна 1-літрова пластикова пляшка (забезпечує верхню частину та глибоку нижню)
- один пляшковий ковпачок (для глибокої основної частини)
- один 10-см нейлоновий шнур (для гноту)
- китайський або нестійкий маркер (для нанесення ліній)
- безпечне лезо або ніж (для початкового розрізування пляшок)
- ножиці (для завершення розрізування пляшок)
- паяльник або дріль (щоб зробити отвір у пляшковому ковпачку)

„Оцінювана зміна” потребує, щонайменше, однієї Пляшкової Культиваційної Системи. „Селективне травоїдне” потребує три Пляшкові Культиваційні Системи. „Сіль Землі” також потребує три.

для забезпечення та підтримання

- один пакет насіння швидкостиглих рослин (*Brassica rapa*)
- один пакет насіння редиски
- один пакет насіння салату-латуку
- ріпа з яйцями метелика
- ґрунтова суміш („Універсальна”, або 1:1 торф’яний мох та вермікультура)
- розчин добрива

Примітка: „Сіль Землі” потребує лише Швидкостиглих Рослин. Кожна Польова Популяційна система для „Оцінювана зміна” та „Селективне травоїдне” потребує 10-15 насінин кожного виду. Не забудьте замовити достатню кількість

насіння Швидкостиглих Рослин для забезпечення всіх запланованих видів діяльності. Швидкостиглі рослини та яйця метеликів можуть бути замовлені в Компанії біологічних поставок (Кароліна) – www.bottlebiology.com



***Інструкції до побудови
Пляшкових Культиваційних
Систем:***

1. Скористайтесь інструкціями щодо розрізування, в „Пляшкових Основах”, зробіть верхню частину та глибоку нижню з кожної пляшки.
2. Розплавте або продірявте отвір у пляшковому ковпачку та закрутіть його на кожну верхню частину.
3. Просуньте гніт через отвір так, щоб він виступав з кожного боку на 5 см.
4. Переверніть верхню частину над глибокою нижньою.
5. Зволожте ґрунтову суміш
6. Заповніть верхню частину ґрунтовою сумішшю приблизно до 5 см від обідка
7. Обережно поливайте ґрунтову суміш водою до тих пір, поки вона не почне капати з гноту вниз.
8. Додайте ще трохи ґрунтової суміші, проте будьте обережними, щоб сильно не ущільнити ґрунт
9. Змішайте рівні кількості кожного насіння (10 -15 насінин для кожної системи).
10. Розкидайте насіння в системі, прагнучи зробити це максимально рівномірно.
11. Засипте насіння тонким шаром ґрунтової суміші.
12. Заповніть глибоку основну частину на $\frac{3}{4}$ розчином добрив (дотримуйтесь інструкцій щодо контейнерних добрив).
13. Розмістіть Пляшкову Культиваційну Систему в Освітлюваному Будиночку так, щоб рослини росли на відстані 10 см від світла.
14. Утримуйте глибокі основи забезпеченими розчином добрив.

15. Проріджуйте сіянці для того, щоб лише окремі рослини росли з певного місця.
16. Тримайте вирощувані рослини приблизно на відстані 10 см від світла.

Примітка. Для „Солі Землі”, використовуйте лише насіння Швидкостиглих Рослин. Засійте по 20-25 насінин у кожную систему.

Модель «Оцінювана зміна»

Майже всі природні популяції – рослин, тварин та інших організмів – можуть бути вивчені з погляду мінливості. В моделі „Оцінювана зміна” ви будете спостерігати, як відрізняються індивідууми в популяції *Brassica rapa*, починаючи з моменту проростання. Ці популяції ретельно підібраних Швидкостиглих Рослин і редиски - два різновиди *Brassica rapa*. Популяція рослин салату також включена як представник іншого виду для можливих порівнянь. Щоб оцінити мінливість, потрібно вивчити, описати, виміряти або кількісно визначити специфічні ознаки. Передбачено, що ”Оцінювана зміна” буде доповнена „Селективним травоядним”. Через це вам пропонується встановити три Польових Популяційних Системи, які можуть бути використані для обох видів діяльності. Тим не менше, ви можете зробити „Оцінювана зміна” з однією системою, і ви можете також використати насіння будь-якого виду і дослідити популяцію рослин, яка сформувалася по завершенні повного життєвого циклу.

Примітка. Для оцінки мінливості висадіть насіння трьох видів окремо так, щоб мінливість у сформованих рослин було легше спостерігати на фотографіях (*фото 5.1, 5.2*). При цьому необхідно встановити три різних системи змішаного насіння, як описано для „Селективного травоядного”.



Фото 5.1. 2-й день після висаджування насіння



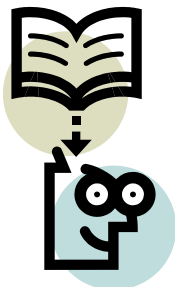
Фото 5.2. 5-й день після висаджування насіння



Інструкції до проведення експерименту:

1. Почніть діяльність з визначення синхронності проростання насіння. Це – один з показників який, імовірно, буде змінюватися серед індивідуумів у популяції.
2. Використайте вашу „Оцінка мінливості”, щоб прослідкувати ріст рослин у часі. Ви будете спостерігати за численними ознаками, які здатні варіювати, описувати та визначати кількісно кожний з них.
3. Якщо ви використовуєте цю Польову Популяційну Систему для „Селективного Травоїдного”, то ви повинні внести личинки метелика через 10 днів після проростання.

Активізуючі запитання та завдання



Перед початком експерименту

1. Які ознаки рослин, на вашу думку, можуть змінитися протягом життєвого циклу?
2. Що вам треба зробити для того, щоб оцінити зміни в цих ознаках?

Після завершення експерименту

1. Яка з ознак, яку ви спрогнозували, справді виявилася мінливою серед рослин?
2. Що таке діапазон зміни ознаки?
3. Для якої ознаки, на вашу думку, існує генетична основа для зміни? Основа навколишнього середовища? Відповідь поясніть.
4. Чи були інші ознаки, які змінювалися? Що це за ознаки і як вони змінювалися?
5. Що могло бути перевагою для індивідуумів, які володіють певними змінами ознаки (наприклад, найнижчі або найвищі величини)? Виберіть один приклад і обговоріть його.
6. Для хоча б однієї ознаки опишіть сценарій, за яким природний добір став причиною розвитку популяції.

Модель «Сіль Землі»

Як сіль впливає на ріст рослин? У популяції рослин деякі рослини більш стійкі до впливу солі, ніж інші? Якщо так, як могла бути вибірково виведеною така популяція, яка здатна витримувати більш високу концентрацію солі? Джерела солі в реальному світі включають дорожню сіль, яку використовують протягом зими, та морську воду. Сіль, яку ви можете використати для цього експерименту, – це добре відома харчова сіль, або хлорид натрію. Але ви можете також використати хлористий кальцій (CaCl_2). „Сіль Землі” є діяльністю, яка призначена, щоб відповісти на вищезазначені запитання. Використовуючи популяцію швидкостиглих рослин, ви зробите декілька вибірових розведень. Для цього ви застосуєте принципи вибіркового розведення.

Ця діяльність спрямована на використання солі як змінної, яка впливає на ріст рослин.

Необхідні матеріали:

- Три системи популяцій, утворені з насіння швидкостиглих рослин
- Один Освітлюваний Будиночок
- Одна бджолина палиця

Примітка: Ви можете використати насіння будь-якого виду рослин для цієї діяльності. Ви також можете замінити бджолу бавовняним тампоном або пензликом.



Інструкції до проведення експерименту:

1. Підготуйте три різних сольових розчини: дистильовану воду, 2% сіль (2 г харчової солі в 100 мл води – біля 1/8 чайної ложки) та 4% сіль (4 г солі в 100 мл води – біля 1/4 чайної ложки). Дистильована вода слугує контролем, а дві концентрації солоної води дозволять

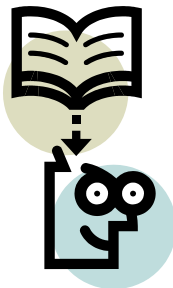
-
- вам порівняти як різні рівні солі впливають на відтворення рослин.
2. Додайте один з варіантів розчину до глибокої основи кожної популяційної системи.
 3. Установіть приблизно рівну кількість насіння в кожній системі (15-20). Час досліді починається з цієї відмітки.
 4. Установіть кожен систему в Освітлюваному Будиночку. Пророслі рослини повинні знаходитися на відстані 10 см від світла.
 5. Як тільки рослини проросли, залишіть їх однакову кількість у кожній системі (наприклад, 10-15 рослин).
 6. Прослідкуйте ріст рослин у кожній системі в часі.
 7. Як тільки рослини почали цвісти (приблизно 14-ий день), використайте вашу Бджолу для запилення. Зберіть пилок з квітів однієї рослини і перенесіть на квіти іншої. Ви можете також зробити це малярним пензликом або бавовняним тампоном.
 8. Продовжте запилення ще 4-5 днів (до 18-го дня). Після цього відщипуйте будь-які нові квіти.
 9. Продовжте постачати відповідні солоно-водні розчини в кожен пляшку, вирощуваних систем до 20-22-го дня.
 10. Припиніть полив і дайте рослинам засохнути до хрусткого коричневого стану.
 11. На один день усуньте воду, відзначте три індивідууми в кожній популяції, які видаються ліпше збереженими та відтвореними, ніж інші, і промаркуйте їх певним шляхом (наприклад, зубочистка в ґрунті). Це будуть рослини, з яких ви зберете насіння для вибіркового розведення.
 12. Через тиждень рослини будуть сухими, а насіння буде дозрілим. Ретельно вилучіть стручки з рослинних індивідуумів, які ви відібрали.
 13. Зберіть насіння з цих стручків, тримаючи насіння з кожної популяції окремо.

Вибіркове розведення

1. Використайте аналогічні інструкції для вибіркового розведення.

2. Засійте насіння, зібрані з рослин, вирощених у кожному з варіантів у системи з аналогічними розчинами.
3. Простежте, як рослини виживають і відтворюються в наступному поколінні.

Активізуючі запитання



Перед початком експерименту

1. Чому має місце ліпше виживання та відтворення окремих рослин порівняно з іншими в одній і тій же популяції?
2. Яким чином краще виживання та відтворення може стати більш загальним у наступних поколіннях рослин?
3. Як концентрація солі у водній підставці може вплинути на це?
4. Якщо ви хочете одержати популяцію солестійких рослин, як ви можете це зробити?
5. Як ви дізнаєтесь, що досягли успіху?

Після завершення експерименту

1. Що відбувалося протягом експерименту з рослинами, вирощеними на дистильованій воді? На 2%-му фізіологічному розчині? На 4%-му фізіологічному розчині?
2. Якби рослини в кожній популяції залишились для відтворення неушкодженими (тобто не вибирались би ті, що більше вціліли), чи було би наступне покоління рослин схожим? Аргументуйте вашу відповідь.
3. Якби ви зібрали насіння з найбільш уцілілих рослин, що ви могли би очікувати в наступному поколінні? Аргументуйте вашу відповідь.
4. Чи існує сольовий відбір популяцій стійких рослин у природі? Поясніть, як це може відбуватися.

Модель «Селективне травояднє»

Як відбирають личинки білана ріпакового рослини для свого живлення? Ці личинки надають перевагу ділянкам за участю рослин з родини Хрестоцвіті, яка охоплює капусту,

броколи, брюссельську капусту, гірчицю, редис та ін. Один вид – *Brassica rapa* – охоплює китайську капусту, пак чой та швидкостиглі рослини, які вибірково були виведені розробником Пляшкової Біології Полом Вільямсом. Все це різновиди одного і того ж виду, так що їх можна вважати учасниками однієї і тієї ж популяції, коли вони вирощуються разом.

Селективне травоядне – це діяльність, яка спрямована на дослідження добору рослин для відкладання личинок біланом капустяним у межах популяції *Brassica rapa*. Для порівняння висіяти також рослини салату посівного. Якщо личинки живляться вибірково, вони можуть вважатися чинниками природного добору. Можна очікувати, що такі чинники змусять популяцію розвиватися в певному напрямку.

Необхідні матеріали:

- Три системи популяцій, створені відповідним насінням.
- Один розсадник Хрестоцвітих.
- Один Освітлюваний Будиночок.



Інструкції до проведення експерименту:

1. Якщо ви використовуєте ту ж систему, що і для „Оцінюваної зміни”, почніть цей експеримент через 10 днів після проростання.
2. Щоб почати ваш експеримент, обережно зніміть численні личинки з розсадника Хрестоцвітих. Вам потрібно, принаймні, 3 дні для кожної системи.
3. Забезпечте однаковою кількістю личинок кожному систему, спробуйте рівномірно їх поширити, поміщаючи в основу стебла рослин.
4. Принаймні один раз на день протягом експерименту (3-5 днів) робіть спостереження. Записуйте, де знаходяться личинки і що відбувається з популяцією рослин.
5. Порівняйте одержані вами результати з нашими дослідженнями (фото 5.3 – 5.5).



Фото 5.3. Початок експерименту

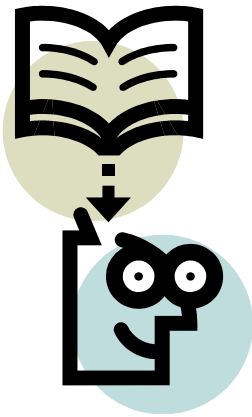


Фото 5.4. Через день після введення личинок



Фото 5.5. Через два дні після введення личинок

Активізуючі запитання



1. Чи виявили личинки білана ріпакового вибірковість у поїданні рослин?
2. Чи може бути природний добір зумовлений живими організмами?
3. В якому напрямку розвиватиметься вихідна популяція, якщо продовжити термін її існування?
4. Як, на вашу думку, відбувається процес розпізнавання личинками рослин?
5. Яка зміна в рослинній популяції дала можливість певним варіантам бути відібраними на противагу іншим?

Розділ VI

ФОРМУВАННЯ УЯВЛЕНЬ ПРО ЕКОСИСТЕМУ

Модель «EcoCit»

*(розроблена Філом Парфіттом і Дугласом Ранеєм,
Чикаго, США)*

*До теми „Структурно-функціональна організація
екосистем”*

Автори запропонували модель робочої екосистеми, яку кожен зі студентів може побудувати самостійно.

Необхідні матеріали:

- дві порожніх чистих пластикових 2-літрових пляшки;
- ґрунт з саду або з будь-якої іншої території;
- 3-4 невеликих зелених рослини (наприклад, злакова трава або кульбаба);
- невеликі тваринні організми (наприклад, мурахи, трав'яні клопи, дощові черви та слимаки);
- ножиці, маленька садова лопатка;
- скотч;
- пляшка з розпилювачем, заповнена водою для поливу;
- записна книжка, ручка або олівець.

Інструкції до побудови:



1. Відріжте від першої пляшки 1/3, а від другої – 2/3 нижньої частини. Верхівки пляшок подальше не використовуйте.
2. Помістіть ґрунт разом з рослинами у відрізану частину першої пляшки, як показано на *фото 6.1*
3. Полийте ґрунт і рослини водою з пульверизатора,

- допоки ґрунт не стане вологим.
4. Додайте декілька дрібних організмів до ґрунту.
 5. Швидко приєднайте частину другої пляшки та закріпіть клейкою стрічкою.
 6. Установіть створену Вами закриту екосистему на вікні, яке освітлюється не менше 4 годин щоденно.

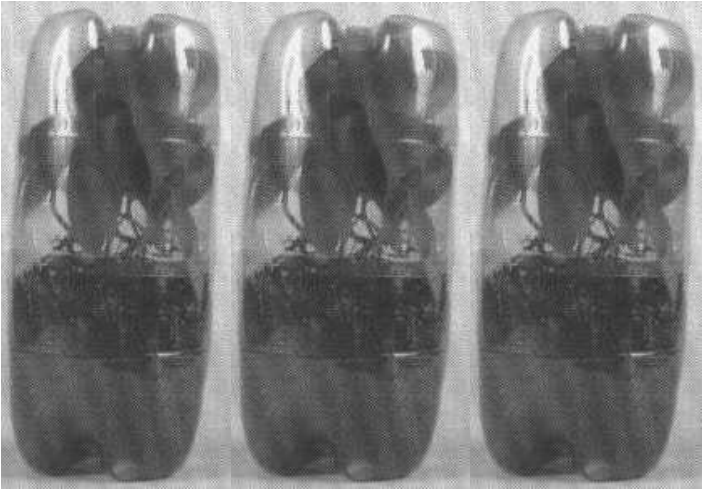


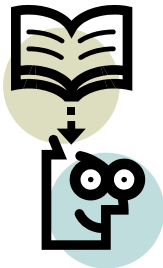
Фото 6.1. Закриті мікрокосми типу “EcoCit”



Інструкції до проведення експерименту:

1. Спостерігайте за вашою екосистемою в пляшці кожен день протягом тижня.
2. Записуйте ваші спостереження в журнал. При цьому зверніть увагу на вологість усередині пляшки, на те, що роблять організми, чи виглядають рослини здоровими та ін.

Активізуючі запитання та завдання



1. Що таке екосистема? З яких компонентів вона складається?
2. Поясніть, що сталося з рослинами у вашій екосистемі.
3. Чи була ваша екосистема збалансованою?
4. Які порушення екосистеми були вами зареєстровані?
5. Чи подібна ваша екосистема до біосфери, чи ні?
6. Якщо ваша екосистема загинула раніше запланованого терміну експерименту (7 днів), то поясніть причини, що призвели до цього. Як ви могли би поліпшити вашу екосистему, щоб запобігти її загибелі?
7. Опишіть, принаймні, три взаємодії, які спостерігались у вашій закритій екосистемі.

Модель «Від неекосистеми до екосистеми»

(розроблена викладачами Ерікою Касік (Erika N. Cusick) і Пеггі Перс (Peggi Pearce) Університету Монтана, США, м.Мізула).

До теми “Особливості структурно-функціональної організації водних екосистем”

Метою роботи є знайомство студентів з абіотичними та біотичними факторами екосистеми.

Студенти повинні зрозуміти значення абіотичних і біотичних факторів і створити власну екосистему, використовуючи певні матеріали.

На початку лабораторного заняття викладач залучає студентів до дискусії стосовно об'єктів, які можна віднести до екологічної системи. Для цього їм пропонується розглянути три об'єкти: пляшку, заповнену наполовину дистильованою водою; запліснявілий сандвіч і кімнатну рослину. Викладач у ході дискусії підводить студентів до визначення поняття “екосистема”. При цьому студенти

підкреслюють важливість наявності в системі як абіотичних, так біотичних факторів.

Студенти повинні визначити, що кімнатна рослина є екосистемою, запліснявілий сандвіч – лише частина екосистеми, а пляшка з дистильованою водою не є екосистемою. Студенти пропонують ідеї, як зробити з “неекосистеми” екосистему. Для того, щоб пляшка з дистильованою водою стала екосистемою їй потрібне джерело енергії, їжа та населення “тварин”, які б могли підтримувати життя в цих умовах. А щоб сандвіч став повноцінною екосистемою, потрібно постійне надходження нових джерел їжі для цвілевих грибів.

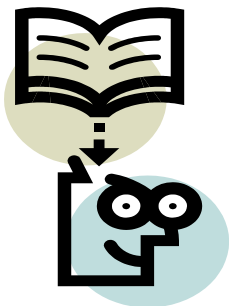
Цей “мозковий штурм” необхідний для підготовки студентів для створення власної екосистеми.



Інструкції до побудови та проведення експерименту:

1. Студенти, після обговорення плану дій, створюють штучну екосистему з таких матеріалів: 2-літрова пластикова пляшка, річковий пісок, гравій, рослина елодея, вода.
2. Викладач пропонує доповнити екосистему рибкою (1 невелика золота рибка або гуппія), але при цьому просить студентів пояснити, як забезпечити її виживання в цій екосистемі.

Активізуючі запитання



1. Які умови необхідні, щоб гарантувати успіх сконструйованої екосистеми та нормальну життєдіяльність рибки в ній?
2. Яку роль відіграють у даній екосистемі різні її елементи?

Модель «ЕкоКолона» (мініекосистема)
(розроблена Джейн Райс (Jane Rice) – професором
Мічиганського університету, США)

До теми “Трофічна структура екосистем”

Метою заняття є закріплення розуміння студентами харчових зв’язків у екосистемі за допомогою саморобних моделей – екоколон.

Викладач запитує студентів про те, як засоби існування організмів зберігаються в середовищі. Як отримують їжу для свого існування рослини і тварини. У процесі дискусії викладач підводить студентів до розуміння екологічної сітки. При цьому робиться узагальнення, що кожен організм в екосистемі безпосередньо або опосередковано пов’язаний з іншими організмами. Під час дискусії студенти повинні виділити такі структурні елементи екосистем, як продуценти, консументи і деструктори.

Після підведення підсумків дискусії та відповідних узагальнень викладач пропонує студентам власноруч виготовити мініекосистеми – екоколони.

Необхідні матеріали:

- 2 пластикові 2-літрові пляшки;
- Один із ковпачків пляшки;
- Ножиці;
- Вода;
- Ґрунт (з невеликим додаванням ґравію);
- Насіння;
- Довільно обрані продуценти, консументи, деструктори.



Інструкції до побудови:

1. Візьміть дві 2-літрові пластикові пляшки та один із ковпачків пляшки.
2. Відріжте верхню частину однієї з пляшок і нижню частину другої.
3. Зробіть декілька отворів у ковпачку пляшки і прикру-

тіть його до верхньої частини пляшки з горличком.

4. Вставте верхню частину пляшки в нижню горличком униз.
5. Пляшка без верху – основа вашої ЕкоКолонії.

Модель «Ecocolumn Lab»

Ця модель повинна надати можливості для дослідження компонентів різних екосистем у мініатюрі. Будуть вивчені умови для підтримування екосистем і взаємозв'язки між ними. Це довгострокове вивчення повинно бути повністю завершено не пізніше середини грудня.

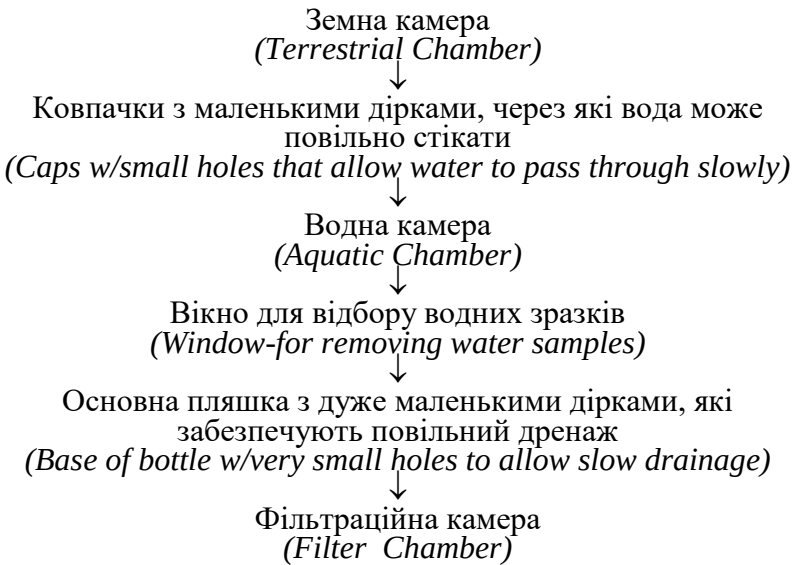


Рис. 6.1. Схема моделі “Ecocolumn Lab”

Необхідні матеріали для першого лабораторного заняття:

- 2-літрові чисті пластикові пляшки (6 шт.), повністю звільнені від етикеток
- ковпачки від 2-літрових пляшок (3 шт.)
- препарувальна голка

- нагрівальне джерело для препарувальної голки (щоб зробити дірки)
- ножиці
- ґрунт

Необхідні матеріали для другого лабораторного заняття:

- чиста пакувальна стрічка
- пісок
- гравій
- нерозчинні камені певного калібру

Необхідні матеріали після того, як колона прийде до попередньої рівноваги *:

- насіння або зрізана життєздатна рослина
- відібрані водні рослини (анахаріс, елодея, ряска, рогова трава, людвігія тощо)
- земна фауна (жуки, земляні черви, плодові мушки тощо)
- водна фауна (маленька риба, маленькі акваріумні равлики тощо)

Примітка. *- всі ці матеріали студенти повинні одержати на кафедрі



Інструкції до побудови та проведення експерименту:

1. Побудуйте екоколону, подану на схемі (рис.6.1).
2. Додайте ґрунту, піску і гравію до водних, земних і фільтраційних камер згідно з інструкціями.
3. Вливайте воду через фільтраційні камери декілька днів або доки водні залишки не стануть прозорими, пройшовши через них.
4. Забезпечте чистим камінням і гравієм водну камеру, потім кількісно проградуйте водну камеру маркером для зазначення об'єму кожних 100 мл.

5. Якщо потрібно, ґрунт, який ви вносите в земну камеру, висушіть. Додайте насіння або життєздатну зрізану рослину до земної камери.
6. Виміряйте розчинний кисень, рН і температуру у водній камері, потім додайте водних рослин до водної камери. Виміряйте кисень, рН і температуру через декілька днів і продовжте регулярний моніторинг цих показників у водній камері.
7. Після того як рослини в земній камері успішно виростуть, додайте земну фауну до земної камери.
8. Після того як рослини земної камери успішно виростуть, а розчинний кисень, рН і температура водної камери стабілізуються, додайте водну фауну до водної системи.
9. Продовжте регулярний моніторинг розчинного кисню, рН і температури у водній камері.
10. Виконайте (здійсніть) додаткові якісні аналізи води (на нітрати, фосфати, каламутність, важкі метали, електропровідність тощо).



Інструкції до аналізу даних:

1. У лабораторному зошиті робіть ретельні записи про всю роботу на ЕкоКолоні.
2. Спостерігайте та збирайте дані про вашу ЕкоКолону до середини грудня.
3. Лабораторний зошит містить наступне:
 - декілька загальних гіпотез, пов'язаних зі стабільністю або пружною стійкістю ЕкоКолон
 - матеріали та методи
 - всі спостереження (як якісні, так і кількісні)
 - дані (у таблицях), діаграми та графіки (рН, температури, розчинного кисню тощо)
 - глибоку, науково обґрунтовану та спільну дискусію, проведеному по завершенні лабораторної роботи.
 - будь-які помилки або можливі вдосконалення до лабораторної роботи.
 - перелік не менше 3-х різних екологічних проблем

(локальних, регіональних, національних, або глобальних), які ви дослідили в межах періоду, передбаченого головним дослідженням або скориставшись науковою інформацією.

- перелік 2-х можливих практичних або промислових застосувань, де, на вашу думку, проведені вами дослідження в ЕкоКолонному експерименті можуть бути застосовані.

Модель «Есо Column»

Необхідні матеріали:

- 2-літрові пластикові пляшки (4 шт.)
- Клейка непрозора стрічка
- Клей, що швидко застигає



Інструкції до побудови та проведення експерименту:

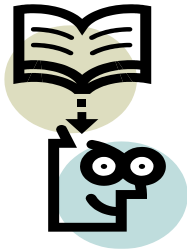
1. Використовуючи гострі ножиці або скальпель зробіть отвори у пляшках і розріжте їх по лініях розрізів.
2. Наклейте смугу непрозорої клейкої стрічки навколо нижнього зрізу пляшки 1 так, щоб півширини стрічки знаходилося у пляшці. Загніть стрічку на зовнішній бік пляшки. Це придасть з'єднанню щільності.
3. Для кришки відріжте пляшку нижче шиї але вище місця розширення. Використайте клей, що швидко застигає.
4. Для основи візьміть 2-літрову пластикову пляшку. Відріжте по лінії нижче шиї та вище місця розширення. Зберіть колону, як зображено на *рис. 6.2*.
5. Ставок облаштуйте унизу. Додайте пісок, ґравій, воду та декілька водних рослин.
6. Над ставком помістіть камеру з комахоїдними рослинами (напр. росичкою). Вирощуйте їх на суміші торфу та моху (1:1). Ці рослини не люблять тверду воду, тому поливайте дощовою або дистильованою.

7. “Ранчо” комах утворить із садового компосту, який містить яйця і личинки невеликих комах, наприклад, плодової мушки. Дорослі комахи слугуватимуть їжею для павуків і комахоїдних рослин.
8. “Схованку” павуків помістять у верхній частині колоні.
У колонії можна вирощувати будь-які невеликі садові рослини. Якщо вони виростатимуть дуже великими, замініть їх меншими. Ставтеся до тварин (комах, павуків, пуголовок та інших тварин ставка), які вирощуються в колонії бережливо і по закінченню експерименту випустіть їх у природне середовище.



Рис. 6.2. Модель «Eco Column»

Активізуючі запитання



1. Скільки харчових ланцюгів ви маєте у вашій ЕкоКолоні?
2. Як починається кожний харчовий ланцюг?
3. Чи всі харчові ланцюги починаються з рослин?

Модель «Моніторинг екосистеми»

*„Project nova” розроблений С.М.Ваггонером
(С. М. Waggoner, 1999) у рамках загального проекту
„Пляшкова біологія” за фінансової підтримки NASA*

До теми „Стійкість та стабільність екосистем”

Моніторинг — це комплексна система спостережень, оцінки та прогнозу змін екологічної системи. У цій лабораторній діяльності вам необхідно вбудувати екосистему в пляшку. Ви повинні встановити початкові умови в пляшці, включаючи типи ґрунту, води й організмів. Протягом семестру ви будете перевіряти умови у вашій екосистемі.

Ви будете робити щотижневі спостереження за кількістю, типом організмів та якістю повітря, води та ґрунту в колоні. Ваш лабораторний журнал міститиме всі ініціативні заходи, які ви вживаєте, щоб створити вашу екосистему, інструкції щодо догляду та підтримання всіх організмів, дані, які ви збираєте, усі ваші спостереження, будь-які зміни, які ви одержуєте в екосистемі протягом семестру, аналіз ваших даних та ваші висновки про екосистему.

На цьому тижні.

Задача 1. Сплануйте та побудуйте колону. Дотримуйтеся передбачених інструкцій. Не забудьте подумати про доступ до різних відділень у межах вашої колоні для відбору зразків. Подумайте, як ви будете заповнювати вашу колону, коли ви приходите в культивацийну. Не

запечатуйте наглухо будь-які відділення, які вам знадобляться, щоб мати доступ для додавання ґрунту, води, організмів.

Дотримуйтесь всіх інструкцій безпеки, передбачених вашим інструктором. Ви працюватимете з рядом інструментальних засобів, з якими вам необхідно дотримуватись обережності. Якщо ви маєте якісь запитання стосовно цього, то відразу їх задайте.

Не забудьте описати або зобразити схематично деталі вашої колонії та її частин у вашому лабораторному журналі. Це буде важливою частиною ваших матеріалів і методів діяльності.

Задача 2. Визначте кількість і види організмів, які ви плануєте помістити у вашу колону. Внесіть список підібраних вами компонентів у листок замовлень кафедральної лабораторії. Ви можете вибрати зі списку, який наведений нижче, або з обмеженого набору організмів, передбаченого у каталогах. Ви можете працювати лише з безхребетними:

- равлики
- водорості
- рак
- *drosophila* (плодова мушка)
- насіння газонної трави
- селекційне насіння
- рослини, наявні в теплиці
- черви

Правильно зареєструйте організми, які ви відібрали. Запишіть родову, видову, а також загальну назву, якщо така існує. Це допоможе вам у розв'язку задачі 4.

Задача 3. Ідентифікуйте будь-які додаткові матеріали, які будуть вам необхідні, щоб укомплектувати вашу колону. Обговоріть ці матеріали з вашим викладачем. У вас буде обмежена кількість типів ґрунтів для відбору. Ви можете вибрати джерело води для водної секції вашої колонії: воду з крана, дистильовану, пляшкову, ставкову, акваріумну, талу тощо. Вам необхідно вирішити, чи включати секцію компосту. Крім того, вам потрібно визначити,

які компоненти вносити в цю суміш: папір, листки, залишки тощо. З'ясуйте, хто відповідатиме за збір матеріалів і нагадайте їм про початок цього.

Перед наступним тижнем.

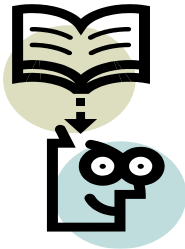
Задача 4. Почніть ваше дослідження з догляду та підтримання організмів у межах вашої колонії. Це стосується як життя рослин, так і життя тварин. З самого початку вам необхідно задокументувати світло, температуру, їжу, ґрунтові умови, а також будь-які специфічні потреби, необхідні для організмів. Наприклад, якщо ви вибрали павука, то вам необхідно ввести у вашу колонію матеріали для підтримання павутини. Ви можете вклеїти ксероксний папір з інструкціями по догляду за організмами у ваш зошит. Уважно слідкуйте за дотриманням усіх рекомендацій. Хто-небудь, читаючи ваш журнал, повинен бути здатним відтворити кожний крок, який ви зробили.

Задача 5. Почніть створювати вашу базу даних. Вам потрібно обговорити всі можливі методи, доступні для їх збору. Ви повинні завжди використовувати декілька методів, коли ви оцінюєте ґрунтові зразки при спостереженні за відповідним середовищем. На початку вам необхідно намітити в загальних рисах декілька спостережень, які ви плануєте зробити. Ви можете накреслити таблицю для занесення спостережень за ґрунтом та рН води. Ви можете почати думати про те, якою буде структура ваших спостережень за організмами. Чи будите ви вимірювати розмір, і визначати кількість? У який спосіб? Ви повинні передбачити всі графіки, таблиці або діаграми, які будуть використані вами при описі ґрунту, повітря, якісних змін води, популяційних або організмових змін, а також для інших спостережень у ваших підсумкових аналізах. Ви будите використовувати ці графіки, щоб підтвердити ваші висновки.

Ваші запитання та гіпотези. Основою для цього роду діяльності будуть спостереження. Ймовірно, ви не вийдете сьогодні з лабораторії без цікавого запитання та добрих гіпотез. У лекційному курсі ви дізнаєтеся більше про

екосистеми. Ви можете прочитати про екосистеми і в підручниках. Ви можете дослідити екосистеми, особливо прісноводні або наземні, які ви будете здатні створити в лабораторії. Ваші дослідження будуть спрямовані на догляд і підтримування ваших організмів. Якщо ви дізнаєтеся більше, то почнете думати над запитаннями про екосистеми і ваші організми. Запишіть їх в кінці вашого журналу. Обсудіть їх зі студентами вашої лабораторної групи. Подумайте, як науково відповісти на запитання стосовно ваших пляшкових екосистем. У кінцевому підсумку ви будете мати добрі запитання й гіпотези стосовно нього.

Активізуючі запитання



1. Чи можемо ми створити повний харчовий ланцюг у пляшці, чи нам необхідний для цього певний час?
2. Як буде змінюватися рН ґрунту або води з часом?
3. Вживання якої популяції організмів буде найліпшим?

Розділ VII

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІН ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ЗА ІМІТАЦІЇ ЧИННИКІВ ГЛОБАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ КРИЗИ

Кислотні дощі



Уперше термін „кислотний дощ” уведений у 1872 році англійським дослідником Ангусом Смітом, увагу якого привернув вікторіанський смог у Манчестері.

У 1950-х рр. кислотні дощі були помічені в Західній Європі, а саме Скандинавії та Північній Америці. За декілька десятиріч розміри та негативні наслідки цієї проблеми стали настільки великі, що у 1982 році в Стокгольмі відбулася спеціальна міжнародна конференція з кислотних дощів, у якій узяли участь представники 20 країн і ряду міжнародних організацій. Гострота цієї проблеми зберігається і тепер, вона постійно в центрі уваги національних урядів і міжнародних природоохоронних організацій.

Ця проблема існує в усьому індустріальному світі та набула особливого значення у зв'язку зі збільшенням техногенних викидів, оскільки в результаті спалювання палива, а також викидів ряду підприємств збільшилася в атмосфері кількість шкідливих газів: оксидів сульфуру, нітрогену, вуглеводню, що з'єднуються з водяними парами та утворюють кислоту. Крім цього, щорічно в атмосферу надходять відходи виробництва кислот. Ці сполуки випадають на поверхню планети з дощами.

До кислотних опадів належать різні види атмосферних опадів – дощ, сніг, туман, роса – з кислотністю більше норми.

У середньому кислотність дощів, які випадають у Західній Європі та Північній Америці на площі майже 10 млн. км²,

складає 5-4,5, а тумани мають нерідко $pH = 3-2,5$.

В останні роки минулого століття кислотні дощі почали спостерігатися у промислових районах Азії, Латинської Америки й Африці. Наприклад, у Східному Трансваалі (ПАР), де виробляється 4/5 електроенергії країни, на 1 км² випадає приблизно 60 т сульфору у вигляді кислотних опадів. У тропічних районах, де промисловість практично нерозвинена, кислотні дощі викликані надходженням в атмосферу оксидів нітрогену за рахунок спалювання біомаси.

Специфічна особливість кислотних дощів – їх транскордонний характер, зумовлений переносом кислотоутворюючих викидів повітряними течіями на великі відстані – сотні і навіть тисячі кілометрів. Цьому сприяє прийнята колись „політика високих труб” як ефективний засіб проти забруднення приземного повітря. Майже всі країни одночасно є „експортерами” своїх і „імпортерами” чужих викидів. Експортується „мокра” частина викидів (аерозолі), суха частина забруднень випадає безпосередньо поблизу джерела викидів або на незначній відстані від нього.

Обмін кислотоутворюючими та іншими забруднюючими атмосферу викидами притаманний усім країнам Західної Європи й Північної Америки. Великобританія, Німеччина, Франція більше направляють окисненого сульфору до сусідів, ніж отримують від них. Натомість Норвегія, Фінляндія та Швеція отримують більше окисненого сульфору від сусідів, ніж випускають через свої кордони. Зі США вітрами переноситься більше половини кислотних опадів, які випадають у Канаді.

Випадання кислотних дощів на океанічне мілководдя змінює середовище існування багатьох морських безхребетних тварин, у результаті чого порушується їх розмноження. Це викликає зміни ланцюгів живлення і загибель тварин цієї харчової піраміди. Виникає зміщення екологічної рівноваги в океанах.

Потрапляючи на поверхню ґрунту, кислотні дощі викликають серйозні зміни: збільшують загальну кислотність ґрунту, вилуговують кальцій, магній, калій, зв’язують фосфор, підвищують токсичність важких металів, що

призводить до зниження толерантності рослин до хвороб і більш сильного враження шкідниками, зупиняється засвоєння нітрогену, вповільнюється ріст і, нарешті, настає загибель. Урожай сільськогосподарських культур у районах з кислотними дощами помітно знижується.

Поняття кислотності.

Кислотність водного розчину визначається наявністю іонів гідрогену H^+ і характеризується концентрацією цих іонів в одному літрі розчину (моль/л або г/л). Лужність водного розчину визначається наявністю гідроксильних іонів OH^- і характеризується їх концентрацією.

Для водних розчинів добуток молярних концентрацій іонів гідрогену і гідроксил-іонів – величина постійна і дорівнює $C(H^+)C(OH^-) = 10^{-14}$. Розчин, у якому концентрація іонів гідрогену і гідроксид-іонів однакові і дорівнює 10^{-7} моль/л, називається *нейтральним*. Такий стан притаманий хімічно чистій воді.

Кислотність розчину визначають як десятковий логарифм концентрації іонів гідрогену, взятий з протилежним знаком. Цю величину називають *водневим показником рН* ($pH = -\lg C(H^+)$). Кислотність чистої води $-\lg(0,0000001)=7$, тобто її $pH=7$. Чим менше значення pH , тим вища кислотність розчину.

Шкала кислотності починається від $pH=0$ (дуже висока кислотність) через $pH=7$ (нейтральне середовище) до $pH=14$ (дуже висока лужність).

Дощова вода у відсутності забруднювачів має слабо-кислу реакцію ($pH = 5,6$), оскільки в ній легко розчиняється вуглекислий газ з утворенням слабкої вугільної кислоти.

Показник кислотності pH деяких речовин, що зустрічаються в повсякденному житті, наведено на *рис. 7.1*.

Останню інформацію з проблем кислотних дощів ви можете знайти на сторінках шведського електронного журналу “Acid News” (www.forsurning.nu/asidnews.htm). Ви можете підписатися на цей журнал і отримувати його поштою безкоштовно, як це зробив студент кафедри загальної та експериментальної екології ЧНУ – Кісіль Олександр (*фото 7.1*).



Рис. 7.1. Показник кислотності деяких речовин



Фото 7.1. Підбірка журналу “Acid News”, який висвітлює останні новини з проблем дослідження кислотних дощів

Цікаво

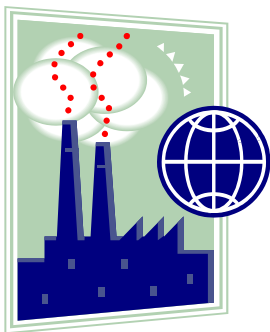
Дослідники з британського Відкритого університету (Open University) відкрили неочікувані властивості кислотних дощів. Виявилося, що згубні опади приносять не тільки шкоду, але й користь, кажуть учені. Кислотні дощі – продукт промислових викидів діоксиду сульфуру, вони руйнують ліси і стають причиною загибелі риби. Проте результати нового дослідження, проведеного британськими вченими, доводять, що ці дощі зменшують викиди парникового газу (метану), які утворюють болота.

Механізм такого впливу дуже цікавий, кажуть дослідники. Метан виробляють бактерії, що живляться торфом. Але на болотах живуть інші бактерії, які полюбують сульфур і є конкурентами перших.

При випаданні кислотних дощів кількість „сірчаних” бактерій різко збільшується, а „метанових” – зменшується. Відповідно падає (на 30-40%) продукція метану.

Один з авторів роботи, доктор Вінсент Гаучі відзначив: "Ми не хотіли створити уяву, що кислотні дощі – це добре. Але малі кількості забруднення, імовірно, можуть створювати і позитивний ефект пригнічення емісії парникового газу. Крім того, наші дослідження показують, наскільки складна земна екосистема."

Парниковий ефект



Клімат планети стрімко змінюється, і дедалі частіше говорять про явище парникового ефекту. Взагалі існує явище природного парникового ефекту – природна властивість атмосфери Землі утримувати теплове випромінювання земної поверхні, зумовлене наявністю в ній вуглекислого газу. Якби не існувало цього ефекту, то середня температура земної поверхні не перевищувала б $-6 - 18^{\circ}\text{C}$,

реально ж на даний момент вона сягає $+15^{\circ}\text{C}$.

За даними Всесвітньої метеорологічної організації, середньорічна температура тепер на $0,6^{\circ}\text{C}$ вища від середньої температури XIX ст.

Безумовно, найважливішим із парникових газів є CO_2 . Його основне джерело – процеси спалювання органічного палива (вугілля, газу, нафти, горючих сланців, деревини). За рахунок цього в атмосферу потрапляє до 80% CO_2 . Крім CO_2 , до парникових газів належить метан, закис азоту, фреони, озон та інші гази, присутність яких у атмосфері може бути зумовлена антропогенними причинами.

При цьому зауважимо, що наступними за внеском у парниковий ефект є метан (CH_4) та закис азоту (N_2O). Концентрація обох газів пояснюється як природними, так і антропогенними причинами. Так, природним джерелом CH_4 є перезволожені ґрунти, в яких відбуваються процеси анаеробного розкладу. Людина додала свої джерела: рисові плантації, добування та транспортування природного газу, спалювання біомаси тощо.

До природних джерел викидів N_2O в атмосферу відносяться океан і ґрунти. Антропогенна складова пов'язана зі спалюванням палива і біомаси, вимиванням азотних добрив. Як показують розрахунки, зростання концентрації CH_4 та N_2O повинно зупинитися в цьому столітті, і до 2050 р. буде досягнута стабілізація

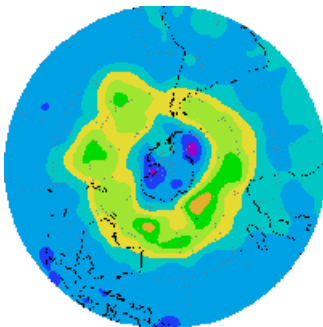
концентрації метану на рівні 2,5 млн. т, а до 2100 р. – і концентрації N_2O на рівні 0,27 млн. т. Ці значення перевищуватимуть сучасні на 20 %.

Щоб запобігти подальшому забрудненню повітряного басейна, укладено низку міжнародних угод. Зокрема, підписано Кіотський протокол (1997 р.) про обмеження емісії парникових газів до 2008-2012 рр. порівняно з 1990 р. на 5,2 %.

Для розв'язання цієї проблеми у світі запропоновані різноманітні інженерно-технічні рішення. Проте захопившись ідеєю технічного вилучення парникових газів, учені та практики, здається, забули про більш ефективний шлях обмеження парникового ефекту. Він ґрунтується на пізнанні природних процесів зв'язування газів у біогеохімічних циклах. Відомим прикладом дії такого механізму є природний цикл природного вуглецю, який починається з фотоавтотрофної асиміляції вуглекислоти хемоавтотрофними бактеріями, ціанобактеріями, мікроводоростями та вищою рослинністю і завершується захороненням значної частини органічного вуглецю в покладах і надрах. Ще важливіший шлях зв'язування вуглекислоти кальцієм і депонування його слаботорзчинних сполук у літосфері, що також реалізується за участю біоти.

Зменшенню вмісту таких парникових газів, як метан і водень, сприяють спонтанні мікробіологічні процеси їх окислення. Проте ми ще не навчилися використовувати природні механізми утилізації надлишку вуглекислоти.

Озонові дірки



Як відомо, озонова оболонка слугує своєрідним щитом, який захищає людей та інші живі організми на Землі від жорсткого ультрафіолетового та „м'якого” рентгєнівського випромінювання Сонця.

Основними хімічними речовинами, які руйнують озоновий шар стратосфери, є фреони – сполуки

класу хлор-, фтор-, бромвуглеводні та гази: азот, метан тощо. Згідно з Монреальським протоколом (1987 р.), 36 країн світу взяли на себе зобов'язання на 26 % скоротити викиди найнебезпечніших фреонів.

Проте досягнення зниження емісії фреонів, на жаль, поки що є не відчутним. Терміном „озонова діра” названо зону стратосфери над Антарктидою зі зменшеним вмістом озону. Виникає вона під час Антарктичної зими, досягнувши максимуму розвитку в самому її кінці. Потім поступово заповнюється і влітку антарктична атмосфера повертається до норми. В момент найбільшого розміру „озонова діра” останнім часом навіть виходить за межі Антарктиди, зумовлюючи помітне зменшення концентрації озону над південною Австралією та Новою Зеландією.

Уперше факт руйнування озонового екрана хлорфторвуглеводнями (ХФВ) установили вчені Каліфорнійського університету М. Молін і Ф. Роуланд у 1974 р. Починаючи з цього часу так звана хлорфторвуглеводнева проблема стала однією з основних у дослідженнях забруднення атмосфери. Хлорфторвуглеводні вже більше 60 років використовуються як холодоагенти в холодильниках і кондиціонерах, пропіленти для аерозольних сумішей, піноутворюючі агенти у вогнегасниках, очищувачі для електронних приладів, при хімічному чищенні одягу, при виробництві пінопластів. Колись вони розглядалися як ідеальні для практичного застосування хімічні речовини, оскільки вони дуже стабільні та неактивні, а, значить, не токсичні. Як це не парадоксально, але саме інертність цих сполук робить їх небезпечними для атмосферного озону.

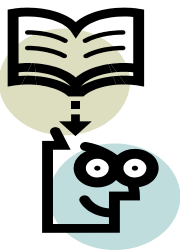
Коли молекули ХФВ піднімаються до висоти приблизно 25 км, де концентрація озону максимальна, вони зазнають інтенсивного впливу ультрафіолетового випромінювання, яке не проникає на менші висоти через екрануючу дію озону. Ультрафіолет руйнує стійкі в звичайних умовах молекули ХФВ, які розпадаються на компоненти, що володіють високою реакційною здатністю, зокрема атомарний хлор. Отже, ХФВ переносить хлор з поверхні землі через тропосферу і нижні шари атмосфери, де менш інертні сполуки хлору

руйнуються, у стратосферу, до шару з найбільшою концентрацією озону. Дуже важливо, що хлор при руйнуванні озону діє подібно каталізатору: в ході хімічного процесу його кількість не зменшується. Внаслідок цього один атом хлору може зруйнувати до 100 000 молекул озону, перш ніж буде дезактивований або повернеться в тропосферу.

Тепер ХФВ у атмосфері обчислюються мільйонами тонн, але, навіть у гіпотетичному разі, повного припинення виробництва і використання ХФВ негайно досягнути не вдасться: дія ХФВ, що вже потрапили в атмосферу буде продовжуватися декілька десятиріч. Вважається, що час життя в атмосфері для таких двох ХФВ, як фреон-11 і фреон-12, що найбільш широко використовуються, 75 і 100 років відповідно.

За своїм впливом на живі організми жорсткий ультрафіолет близький до іонізуючих випромінювань, однак через більші, ніж у γ - випромінюванні довжини хвилі, він не здатний проникати глибоко до тканини, тому вражає тільки поверхневі органи. Жорсткий ультрафіолет володіє достатньою енергією для руйнування ДНК та інших органічних молекул, що може викликати рак шкіри, катаракту та імунну недостатність. Головний механізм ураження молекул ДНК полягає в утворенні тимидин-тимидинових зшивок.

Жорсткий ультрафіолет здатний викликати звичайні опіки шкіри та рогівки ока. Жорсткий УФ погано поглинається водою, тому дуже небезпечний для морських екосистем. Експерименти показали, що планктон, який мешкає у поверхневому шарі, при збільшенні інтенсивності УФ опромінення може серйозно постраждати і навіть загинути повністю



Активізує запитання

1. Який дощ вважається кислотним?
2. Який УФ вважається жорстким?
3. Який газ, займає друге місце після CO_2 за внеском у парниковий ефект?
4. Які сполуки спричиняють утворення

озонових дірок?

5. За яким протоколом країни світу взяли на себе зобов'язання скоротити викиди найнебезпечніших фреонів?

Рекомендована література

1. Атмосферный озон и изменения глобального климата /Э. Л. Александров, И. Л. Кароль, Л. Р. Ракипова и др. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 167 с.
2. Будыко М. И. Современное изменение климата.– Л.: Гидрометеиздат, 1977. –47с.
3. Будыко. М. И. Проблема углекислого газа.– Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 59 с.
4. Израэль Ю. А., Назаров И. М. и др. Кислотные дожди. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. – 269 с.
5. Кароль И. Л., Розанов В. В. Газовые примеси в атмосфере.– Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 191 с.
6. Кислотные выпадения. Долговременные тенденции /Пер. с англ. Под ред. Яровинского В.И.– Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 439 с.
7. Кліматичні зміни: роль сполученого Королівства у глобальному виклику. Оглядовий документ № 20.- 40с.
8. Корсак К. В., Коцаренко М.Я. Озонова діра – сигнал небезпеки. – К.: Знання, 1990. – 48 с.
9. Ровинский Ф. Я., Егоров В. И. Озон, окислы азота и серы в нижней атмосфере. – Л.: Гидрометеиздат, 1986.– 183 с.
10. Руденко С.С., Лазарева С.В. Уроки екології. Урок перший: кислотні дощі.– Чернівці: вид-во ОПППО, 2004.– 24с.
11. Хорват Л. Кислотный дождь.– М.:Стройиздат, 1990.– 80 с.
12. www.forsurning.nu/asidnews.htm

Система моделей «Ліс і глобальна криза»

Розроблені авторами посібника

Одна з актуальних проблем сучасності – явище всихання лісів. Деградація лісових масивів призвела до

нагальної потреби вивчення стану лісових екосистем. За ініціативи Європейської економічної комісії ООН з 1986 р. розгорнуті масштабні дослідження стану лісів. Роботою даної комісії було встановлено, що у 25 країнах лісові масиви сильно пошкоджені. З'ясовано, що першочерговою причиною всихання є повітряні забруднення. Показано, що серед пошкоджених лісових екосистем найбільша доля належить ялиновим і ялицевим. Саме ялина була першою деревною рослиною на який стали помічати перші пошкодження в Західній Європі ще наприкінці 70-х років минулого століття.

У різних країнах Західної та Центральної Європи кислими опадами пошкоджено від 20 до 60% лісів. За прогнозами викиди оксидів у світі до 2050 р. збільшаться: сірки на 140%, азоту на 210% і вуглецю –230%.

Рекомендована література

1. Антропогенные воздействия на лесные экосистемы степной зоны //Межвуз. сб. научн. тр. – Днепропетровск: ДГУ, 1990. – С. 82 – 86.
2. Биология древесных растений /Под. ред. А.Ф. Иванова. – Минск, 1975. –264 с.
3. Ботаническая география с основами экологии растений / Под. ред. В.Г. Хржановского и др. – М.: Агропромиздат, 1986. – 255 с.
4. Букша І.Ф., Пастернак В. П. Прогноз динаміки лісових ресурсів при антропогенних змінах довкілля // Науковий вісник Нац. аграрного ун-ту. –К.: Нац. аграрний ун-т. – Вип.39, Лісівництво – 2001. – С. 253 – 256.
5. Бурда Р. И. Антропогенная трансформация флоры. – К.: Наукова думка, 1991. – 167 с.
6. Влияние загрязнителей воздуха на растительность. Причины. Воздействие. Ответные меры / Под общ. ред. Х.Г. Десслера. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 184 с.
7. Гетко Н.В. Растения в техногенной среде. – Минск: Наука и техника, 1989. –208 с.

8. Гирс Г.И. Физиология ослабленного дерева. – Новосибирск: Наука, 1982. – 255 с.
9. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. – М.: Наука, 1974. – 124 с.
10. Лесные культуры /П.Г.Кальной, М.И.Гордиенко, Г.С.Корецкий. – К.: Вища школа., 1986. – 248 с.
11. Майснер А.Д. Жизнь растений в неблагоприятных условиях. – Минск: Высшейшая школа, 1981. – 96 с.
12. Минин А.А., Семенюк Н.В. Лесной покров Земли. – М.: Знание, 1991. – 64 с.
13. Редько Г.И., Родин А.Р., Трещевский И.В. Лесные культуры. – М.: Агропромиздат, 1985. – 400 с.
14. Свириденко В.Є., Швиденко А.Й. Лісівництво. – К.: Сільгоспосвіта, 1995. – 364 с.
15. Смаглюк К.К. Аборигенні листяні лісоутворювачі. – Ужгород: Карпати, 1974. – 120с
16. Смаглюк К.К. Аборигенні хвойні лісоутворювачі. – Ужгород: Карпати, 1972. – 111 с.
17. Соколова Э.С., Семенкова И.Г. Лесная фитопатология. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 312 с.
18. Термена Б.К. Лісознавство з основами лісівництва: Навч. посібн. – Чернівці: Рута, 2002 – 176 с.
19. Чопик В.І. Високогірна флора Українських Карпат. – К.: Наукова думка, 1976. – 270 с.

Необхідні матеріали:

- Лопата;
- Поліетиленові пакети;
- Етикетки;
- Олівець.



Інструкції щодо створення лісових мікрокосмів:

1. У межах природної лісової екосистеми виявіть 1-2-річні сіянці досліджуваних порід дерев (*фото 7.2*). Обережно обкопайте їх з усіх сторін лопатою, так щоб сіянець можна

було вилучити разом з квадратом землі та листовим опадом навколо нього. При цьому глибина занурення лопати повинна бути такою, щоб захопити найдовші корені сіянців (фото 7.3, 7.4).

2. Перенесіть викопаний квадрат ґрунту разом з сіянцем у поліетиленовий пакет, слідкуючи за тим, щоб ґрунт не обсипався (фото 7.5).
3. Вставте в пакет етикетку із зазначенням місця та часу відбору рослин (фото 7.6)
4. У лабораторних умовах перенесіть рослину разом з ґрунтом у нижню частину мікрокосму (фото 7.7).
5. В отвори у бічних стінках мікрокосмів вставте трубочки для забезпечення аерації (фото 7.8).
6. До мікрокосму приєднайте та закріпіть за допомогою клейкої стрічки ємність для збирання підземних вод. Закрийте мікрокосм верхньою частиною. З'єднайте верхню та нижню частини клейкою стрічкою (фото 7.9)

Інструкції щодо імітації впливу чинників глобальної екологічної кризи

а) імітація кислотного дощу:

до дистильованої води по краплях додавайте сульфатну (H_2SO_4) та нітратну (HNO_3) кислоти до встановлення потрібного значення рН, яке ви можете контролювати за допомогою рН-метра. Для дослідів рекомендуємо використовувати рН=2, оскільки, за літературними даними, максимальна зареєстрована кислотність опадів у Західній Європі становила 2,3. Рослини поливайте кислотним дощем 2 рази в тиждень по 50 мл.

в) імітація “озонових дір”:

наслідки утворення “озонових дір” імітуйте шляхом щоденного опромінення відкритих мікрокосмів ультрафіолетовими лампами ДРБ8-1 ($E=0,35 \text{ Вт/м}^2$, $\lambda=253,7 \text{ нм}$) з установки БОД – 9 протягом 30 хв. (фото 7.10, 7.11)

б) імітація парникового ефекту:

наслідки парникового ефекту імітуйте інкубацією мікрокосмів у термостатах при температурі $+35^\circ\text{C}$ протягом темного періоду (8 годин) (фото 7.12.)



Фото 7.2



Фото 7.3



Фото 7.4



Фото 7.5



Фото 7.6



Фото 7.7



Фото 7.8



Фото 7.9



Фото 7.10



Фото 7.11



Фото 7.12

Рекомендована література

1. Барахтенова Л.А., Николаевский В.С. Влияние сернистого газа на фотосинтез растений. –Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1988. – 86 с.
2. Бессонова В. П., Юсыпова Т. И. Семенное возобновление древесных растений и промышленные поллютанты (SO_2 и NO_2). – Запорожье: Запорожский государственный университет, 2001. – 193 с.
3. Борисова Т.А., Бугадже С.М., Мешкова Н.В., Власов П.В. Тепловой шок повышает устойчивость растений к УФ-Б облучению. 1. Рост, развитие и водообеспеченность тканей. // Физиология растений.–2001.– Т. 48.– С. 589 – 595.

4. Илькун Г. М. Газоустойчивость растений. Вопросы экологии и физиологии. – К.: Наукова думка, 1971. – 146 с.
5. Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения. – К.: Наукова думка, 1978. – 246 с.
6. Николаевский В. С., Лецхин С. Б. и др. Влияние угарного газа на некоторые физиолого-биохимические особенности растений. – Новосибирск, 1981. – 284 с.
7. Рачковская М. М., Ким Л. О. Микроэлементы и газоустойчивость растений // Физиолого – биохимические и экологические аспекты устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды: Сб. научн. тр. – Иркутск: СИФБР, 1977. – С. 204 – 207.
8. Рощупкин Д. И., Аносов А. К., Мурина М. А., Лордкипанидзе А. Т. Фотопревращение мембранных липидов и его роль в изменении функций биомембран под действием УФ излучения // Молекулярные механизмы биологического действия оптического излучения. – М.: Наука, 1988. – С. 79 – 92.
9. Соков М. К., Габибзаде Л. А. Внутривидовое различие в газоустойчивости сосны // Физиолого – биохимические и экологические аспекты устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды: Сб. научн. тр. – Иркутск: СИФБР, 1977. – 216 с.
10. Хорват Л. Кислотный дождь. – М.: Стройиздат, 1990. – 80 с.

Автоматизація імітаційних процесів

Процес імітації дощу, підтримання необхідної температури, УФ-опромінення можуть бути автоматизовані. Для цього нами розроблена схема автоматизації, яка зображена на *рис. 7.2.*

Необхідні матеріали для створення блока керування:

- 1 корпус;
- 1 мікропроцесор;
- 20 реле;
- 1 дисплей;
- 1 блок живлення.

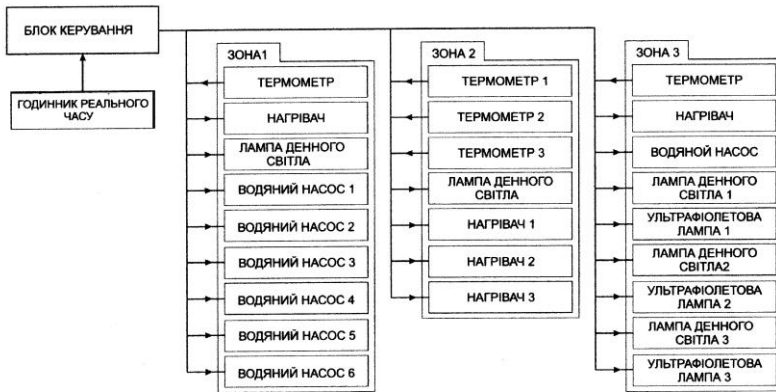


Рис. 7.2. Блок-схема автоматизованого забезпечення імітації чинників глобальної екологічної кризи.

Модель «Візуальна чутливість» До теми „Основні екологічні закони”

У ході багаторічних досліджень лісових мікрокосмів нами виділено 15 візуальних морфолого-фізіологічних змін (порушень), які проявляються в деревних порід за імітації чинників глобальної екологічної кризи (табл. 7.1).

Крім того, нами запропонована оригінальна методика оцінювання рівня прояву вищезазначених змін у деревних порід за 5-бальною шкалою, яка ґрунтується на визначенні відсотка рослин, у яких ці зміни проявилися: 0% - 0 (зміни відсутні); 1-25% - 1 (низький рівень змін); 26 - 50% - 2 (середній рівень змін); 51-75% - 3 (високий рівень змін); > 75% - 4 (дуже високий рівень змін).

Надалі на основі вищеписаної бальної оцінки рекомендується визначити розроблений нами індекс чутливості різних деревних порід до чинників глобальної екологічної кризи: $C_q = 100 \sum c/Q$, де C_q - індекс чутливості; c - бали по кожній тест-ознаці; Q - максимально можлива кількість балів.

Необхідні матеріали:

1. Лісові мікрокосми з різними деревними породами (по 4 мікрокосми на кожний варіант та по 2 екземпляри рослин у кожному мікрокосмі)
2. Термостат
3. УФ-лампа ДРБ8-1 ($E=0,35\text{Вт/м}^2$) зі стабільною довжиною хвилі ($\lambda=253,7\text{ нм}$), закріплена на установці БОД-9. При експозиції цією лампою протягом однієї хвилини доза опромінення становить 21 Дж/м^2 .
4. рН-метр
5. Лупа
6. Реєстраційний журнал



Інструкції до побудови та проведення експерименту:

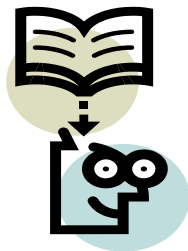
1. Для досліджень впливу одного з 3-х чинників глобальної кризи (кислотного дощу, парникового ефекту, або озонових дірок) у польових умовах відберіть по 16 екземплярів рослин

однієї породи. При цьому ви повинні виходити з розрахунку, що для статистичної обробки результатів вам необхідно мати 4 мікрокосми на один варіант з 2 екземплярами рослин у кожному. Отже, всього у вас буде задіяно 8 рослин у одному дослідному варіанті. Проте для об'єктивізації висновків щодо впливу саме імітованих, а не якихось випадкових інших чинників, вам необхідно мати контрольний варіант. Останній повинен бути представлений також 4 мікрокосмами тієї ж самої породи рослин з 2 екземплярами в кожному. В кінцевому підсумку, у вас повинно бути 4 дослідних і 4 контрольних мікрокосми, в кожному з яких по 2 екземпляри рослин. Усього 16 екземплярів рослин однієї породи для дослідження одного чинника.

Примітка. Якщо ви одночасно досліджуєте вплив декількох чинників, то контроль може бути спільний для всіх них.

2. Мікрокосми помістіть у культиваційну кімнату, де за допомогою реле часу встановіть 16-годинний світловий фотоперіод. Інтенсивність освітлення повинна становити приблизно 1000-1500 лк. Температура в кімнаті повинна підтримуватися на рівні 21-25°C, а відносна вологість повітря – біля 70%.
3. Вмонтуйте деревні породи в пластикові 5-літрові пляшки та протягом 14 днів дайте їм акліматизуватися до нових лабораторних умов.
4. Протягом 1-2-х місяців імітуйте вплив досліджуваного глобального чинника, як це описано у відповідних інструкціях.
5. Наприкінці експерименту відкрийте мікрокосми і проаналізуйте кожну рослину на предмет наявності 15 вищезазначених морфолого-фізіологічних змін. Дані занесіть у реєстраційний журнал.
6. Підрахуйте для кожного дослідного та для контрольного варіанта відсоток дерев з наявністю відповідних змін. Дані переведіть у бали і занесіть у *таблицю 7.1*.
7. На основі сумарної кількості балів, які одержала відповідна деревна порода за сукупністю досліджуваних морфолого-фізіологічних змін, розрахуйте індекс її чутливості до відповідного чинника.

Активізуючі запитання та завдання



1. Яка з деревних порід найбільш чутлива:
а) до кислотного дощу; б) до УФ С-діапазону; в) до підвищеної температури?
2. Яке з морфолого-фізіологічних порушень найчастіше зустрічається в усіх деревних порід за імітації кислотного дощу?
3. Чому максимальна кількість балів за морфолого-фізіологічними змінами дорівнює 60?
4. Наведіть ряд спадання стійкості деревних порід до УФ С-діапазону.

Таблиця 7.1

Приклад розрахунку чутливості деревних порід до чинників
глобальної екологічної кризи за морфолого-анатомічними
ознаками (n=8)

№ п/п	Тест-ознака	Бук лісовий				Σ	С
		К	Д	У	П		
1.	Всихання стовбурів	0	2	1	0	3	19
2.	Всихання листків	0	2	0	1	3	19
3.	Почорніння стовбурів	0	0	0	0	0	0
4.	Почорніння бруньок	0	0	0	0	0	0
5.	Пліснявіння стовбурів	1	2	1	1	5	31
6.	Пліснявіння гілок	0	0	0	0	0	0
7.	Пліснявіння бруньок	0	1	0	0	1	6
8.	Пліснявіння листків	0	1	0	0	1	6
9.	Хлороз листків	0	0	0	0	0	0
10.	Верхівкові некрози	0	3	0	0	3	19
11.	Точкові некрози	3	3	4	4	14	88
12.	Плямисті некрози	0	0	0	0	0	0
13.	Крайові некрози	1	4	4	2	11	69
14.	Некрози типу “риб’ячого скелету”	0	0	0	1	1	6
15.	Дефоліація	0	3	0	0	3	19
Σ с		5	21	10	9		
С		8	35	17	15		

Рівні прояву тест-ознаки:

0%- 0 (відсутня);

1-25% – 1 (низький);

26 -50% – 2 (середній);

51-75% – 3 (високий);

> 75% – 4 (дуже високий)

$C = 100 \Sigma c/Q$, де С – індекс чутливості; с- бали по кожній тест-ознаці; Q – максимально можлива кількість балів (по вертикалі: $15 \times 4 = 60$ балів; по горизонталі: $4 \times 4 = 16$ балів).

Примітка: К – контроль; Д – кислотний дощ; У– УФ С-діапазону; П – парниковий ефект.

5. Порівняйте стійкість до підвищеної температури хвойних і листяних деревних порід. Відповідь поясніть.
6. Які з типів некрозів найчастіше з'являються на листках листяних порід за дії УФ С-діапазону?
7. Який з типів некрозів найбільш рідкісний в усіх варіантах експерименту?
8. Поясніть, чому, на вашу думку, за дії кислотного дощу з'являється цвіль на стовбурах і гілках дерев.
9. Який з чинників глобальної екологічної кризи викликає найбільш інтенсивну дефоліацію деревних порід?
10. Які екологічні закони ілюструють одержані вами результати?
11. Чи збігаються одержані вами дані щодо стійкості деревних порід до температури з віднесенням їх до певних екологічних груп за класифікацією, наведеною в „Екофлорі України” (Т.1)?

Модель «Зміна біомаси та приросту»

До теми „Продуктивність екосистем”

Біомаса – виражена в одиницях маси кількість живої речовини, яка припадає на одиницю площі або об'єму місцеперебування (г/м^2 , кг/га , г/м^3 та ін.) (І.І.Дедю, 1989). Залежно від належності органічної речовини розрізняють фітомасу, зоомасу та бактеріомасу. На показниках біомаси будуються всі розрахунки характеру та інтенсивності біологічного колообігу. Визначення біомаси необхідне при визначенні біологічної продуктивності.

Приріст біомаси – це кількісне збільшення живої речовини організму, популяції або біоценозу, віднесене до одиниці часу (І.І.Дедю, 1989). Виражається в одиницях маси на одиницю площі за одиницю часу.

Необхідні матеріали:

- Лінійка
- Штангенциркуль
- Прозорі плівки для кодоскопів (для виготовлення бірок у експерименті з кислотними дощами)

- Цупкий кольоровий ксероксний папір (для виготовлення бирок в експерименті з імітацією наслідків парникового ефекту й озонових дір)
- Скріпки або дрiт (для прикріплення бирок)
- Електронні терези AXIS AD 600.



Інструкції до проведення експерименту:

1. Перед початком експерименту прикріпіть до гілок і стовбурів дерев бирки (*фото 7.13*) У випадку імітації наслідків парникового ефекту й озонових дір їх можна виготовити з цупкого ксероксного паперу. Китайським олівцем напишіть на бирках номери. За допомогою скріпок або дроту прикріпіть бирки до гілок й стовбурів дерев. У випадку імітації кислотного дощу бирки ліпше виготовити з прозорих плівок для кодоскопів, оскільки кислота може роз'їсти паперові бирки.
2. На початку експерименту за допомогою штангенциркуля та лінійки виміряйте вихідну довжину (H_0) і діаметр (D_0) стовбура та кожної гілки, у мм (*фото 7.14-7.18*). За діаметром визначте початковий радіус – R_0 . Результати вимірювань занесіть у журнал.
3. Наприкінці експерименту відріжте кінці стовбура та гілок, які приросли в довжину за час експерименту. Зважте їх на електронній вазі, у г (*фото 7.19-7.20*). Це буде ваговий лінійний приріст.
4. Виміряйте кінцевий діаметр (D_1) стовбура та кожної гілки. За діаметром визначте кінцевий радіус – R_1 .

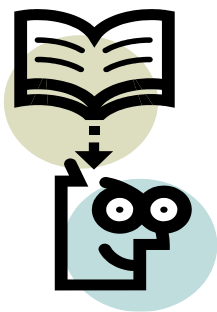
Розрахунки

- Визначте початковий об'єм стовбура та кожної гілки за формулою: $V_0 = S_0 \times H_0$. При цьому $S_0 = \pi R_0^2$. Число π , як відомо, дорівнює 3,14.
- Визначте кінцевий об'єм стовбура та кожної гілки за формулою: $V_1 = S_1 \times H_1$. При цьому $S_1 = \pi R_1^2$.
- За різницею $V_1 - V_0$ визначте об'ємний приріст стовбура

та всіх гілок у ширину. Дані переведіть з мм^3 у см^3 .

- Переведіть об'ємний приріст у ваговий, користуючись спеціальними перевідними коефіцієнтами, визначеними для різних порід, зокрема для:
граба: $1 \text{ см}^3 - 0,800 \text{ г}$;
дуба: $1 \text{ см}^3 - 0,794 \text{ г}$;
ялини: $1 \text{ см}^3 - 1,020 \text{ г}$.
- Визначте загальний приріст кожного дерева за час експерименту (Π_3), додавши до лінійного приросту стовбура та гілок (Π_1) їх приріст у ширину (Π_2). Дані виразіть у г / місяць.

Активізуючі запитання та завдання



1. Біомасу яких частин деревної рослини можна одразу визначити ваговим методом?
2. Для яких частин деревної рослини при визначенні біомаси спочатку треба розрахувати об'єм? За якою формолою його визначають?
3. Порівняйте специфіку визначення приросту деревних рослин у природі та в мікрокосмах.

Рекомендована література

1. Куликова Т. А. Оценка продуктивности лесов. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 152 с.
2. Михалків В. М., Купріна Н. П., Ігнатенко В. А. динаміка радіального приросту дуба звичайного в оптимальних умовах зростання та його зв'язок з основними метеорологічними факторами //Науковий вісник нац. аграрного ун-ту. –К.: Нац. аграрний ун-т. – Вип.39. – Лісівництво, 2001. – С. 253 – 256.



Фото 7.13



Фото 7.14



Фото 7.15



Фото 7.16



Фото 7.17



Фото 7.18



Фото 7.19



Фото 7.20

Модель «Хто кого?»

(для оцінки коефіцієнтів конкурентної потужності)

До тем „Взаємодія організмів в угрупованнях,

„Сукцесійні зміни в екосистемах”

У найширшому розумінні конкуренція – це взаємодія двох організмів, які прагнуть одержати один і той же ресурс. Міжвидова конкуренція – це будь-яка взаємодія між популяціями двох і більше видів, яка несприятливо позначається на їх рості та виживанні. Конкурентні відносини можуть стосуватися простору, їжі або біогенних елементів, світла тощо. Міжвидова конкуренція, незалежно від того, що в її основі, може призвести до встановлення рівноваги між видами або, при більш жорсткій конкуренції, до заміни популяції одного виду популяцією іншого.

Коефіцієнт конкурентної потужності – це показник порівняльної продуктивності видів рослин при їх сумісному існуванні (в культурі). Даний термін запропонував Р.Галл у 1974 р. Він розраховується за формулою:

$$K_{ab} = \left| \frac{O_{ab} \cdot Z_{ab}}{(M_a - O_{ab}) \cdot Z_a} \right|, \quad \text{де}$$

O_{ab} – продуктивність виду **a** при зростанні з видом **b**

M_a – продуктивність виду **a** в монокультурі

Z_a та Z_b – відносна участь видів у полікультурі

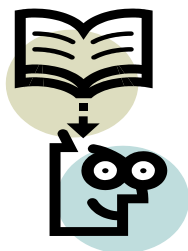
За дії стресових чинників на деревні породи, які зростають у полікультурі, коефіцієнти їх конкурентної потужності можуть змінюватися порівняно з їх значенням в аналогічних полікультурних фітоценозах, але за відсутності відповідних чинників. Іншими словами, можна очікувати, що та порода, яка вигравала в міжвидовій конкуренції за відсутності лімітаційного чинника, може виявитися менш стійкою за умов його наявності.

Метою даної роботи є прогнозування напрямків сукцесії лісових фітоценозів за умов поглиблення глобальної екологічної кризи.

Інструкції до проведення експерименту:



1. Виберіть для досліджень 2 деревних породи. Змонтуйте 8 мікрокосмів з полікультурою та по 8 мікрокосмів з монокультурою кожної з деревних порід. Наприклад, 8 мікрокосмів з полікультурою граба звичайного та бука лісового, 8 – з монокультурою бука звичайного та 8 – з монокультурою граба звичайного. В кожному мікрокосмі повинно бути по 2 екземпляри рослин: у полікультурних – різних видів, а в монокультурних – одного виду.
2. Відберіть половину полікультурних і монокультурних мікрокосмів для імітації одного з чинників глобальної екологічної кризи. Друга половина полікультурних і монокультурних мікрокосмів слугуватиме контролем.
3. Визначте продуктивність усіх задіяних в експерименті рослин за 1-2 місяці спостережень.
4. Розрахуйте коефіцієнт конкурентної потужності кожного з двох видів при монокультурному та при полікультурному зростанні *за умов відсутності впливу* чинника глобальної екологічної кризи.
5. Розрахуйте коефіцієнт конкурентної потужності кожного з двох видів при монокультурному та при полікультурному зростанні *за умов імітації впливу* чинника глобальної екологічної кризи.
6. Порівняйте коефіцієнти конкурентної потужності кожного з видів за відсутності та за наявності чинника глобальної екологічної кризи.



Активізуючі запитання

1. Коефіцієнт конкурентної потужності якого з видів більший за умов відсутності чинника глобальної екологічної кризи?
2. Коефіцієнт конкурентної потужності якого з видів більший за умов імітації чинника глобальної екологічної кризи?

3. В який бік змінює значення коефіцієнта конкурентної потужності кожного з видів чинник глобальної екологічної кризи?

Рекомендована література

1. Алексеева А.И., Чмыр А.Ф. Изменение биомассы и анатомического строения хвои ели при взаимоотношении с листовыми породами // Лесоводство, лесные культуры, почвоведение. – 1973. – Вып. 1. – С. 57 – 62.
2. Якушев Б.И., Рахтеенко И.Н., Маритнович Б.С. и др. Межвидовые и внутривидовые отношения растений в искусственных фитоценозах – Минск.: Наука и техника, 1987. – 175 с.

Модель «Брутто»

(для оцінки валової первинної продукції)

До теми “Продуктивність екосистем”

Метою роботи є визначення впливу чинників глобальної екологічної кризи на валову первинну продукцію різних деревних порід.

Валова первинна продукція – це сумарна швидкість утворення органічної речовини популяцією або угрупованням (біоценозом) за певний проміжок часу на одиницю простору (І.І. Дедю, 1989). Рівень валової продукції та дихання може бути оцінений в екосистемах за потоками вуглекислого газу. У темноті рослини здатні лише до дихання. На світлі у рослин відбувається і фотосинтез, і дихання, тому одночасно з виділенням CO_2 (внаслідок дихання) відбувається його фіксація (внаслідок фотосинтезу). Отже, на світлі кількість CO_2 менша, ніж у темноті. Саме ці міркування були покладені в основу запропонованої нами методики оцінки валової первинної продукції в мікрокосмах.

Необхідні матеріали:

- Лісові мікрокосми
- Чорні пакети типу „BOSS”
- Пластилін
- Прозорий пластмасовий шланг діаметром біля 1 см (який можна закупити в господарських магазинах)
- Колби (або баночки) ємністю 200-250 мл
- Штатив
- Бюретки для титрування
- Корки для колб або пластмасові кришечки для баночок
- 0,1 н розчин $\text{Ba}(\text{OH})_2$
- Фенолфталеїн
- 0,1 н HCl



Інструкції до побудови та проведення експерименту:

1. Закрийте у мікрокосмах усі отвори, крім одного (газовідводного), пластиліном або клейкою стрічкою.
2. Поріжте шланг на необхідну кількість газовідвідних трубок.
3. Половину мікрокосмів кожного експериментального варіанта (контрольних та з імітацією певного чинника глобальної екологічної кризи) „одягніть” у темні пакети, а іншу половину залишіть незатемненими. У місці локалізації газовідводного отвору в корпусі мікрокосму зробіть аналогічний отвір у пакеті.
4. У газовідвідний отвір вставте пластмасову трубку, яку з’єднайте через отвір у корку з колбою (фото 7.21). Всі отвори між колбою, корком і трубкою закрийте пластиліном.
5. У кожену колбу налейте 10 мл 0,1 н розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Паралельно поставте контрольні колби (2-3) з розчином $\text{Ba}(\text{OH})_2$, які також щільно закрийте корком.
6. Затемнені та незатемнені мікрокосми залишіть на 1 годину.
7. Протягом дослідів необхідно періодично обережно

покачувати колби, щоб зруйнувати плівку BaCO_3 , яка утворюється на поверхні бариту і перешкоджає повноті поглинання CO_2 .

8. По закінченні досліду в контрольні та дослідні колби додайте по 2-3 краплі фенолфталеїну і титруйте 0,1 н HCl до зникнення забарвлення. Контрольні проби відтитруйте першими.
9. Інтенсивність утворення CO_2 у мікрокосмах розрахуйте за формулою:

$$I_{\text{CO}_2} = \frac{(a-b) \cdot 2,2}{m \cdot t}, \quad \text{мг CO}_2/\text{г за год.}, \text{ де}$$

a – кількість 0,1 н HCl , використаного на титрування контрольних проб, мл;

b – кількість 0,1 н HCl , використаного на титрування дослідної проби, мл;

2,2 – кількість CO_2 , яка відповідає 1 мл 0,1 н HCl , мг;

m – маса всіх листків, г;

t – тривалість досліду, год;

10. Для кожного експериментального варіанта:

а) у затемненому мікрокосмі визначте валове дихання (R) за кількістю CO_2 , що утворилась за 1 годину;

б) у незатемненому мікрокосмі визначте кількість CO_2 , яка залишилась після його фіксації в процесі фотосинтезу (NR);

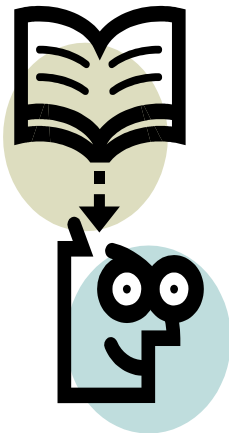
в) за різницею $R - NR$ визначте валову первинну продукцію (GPP).

11. Визначте відсоток валової первинної продукції у мікрокосмах з імітацією певного чинника глобальної кризи від значення цього показника у контрольному мікрокосмі (з тією ж деревною породою, але без впливу відповідного чинника).



Фото 7.21

Активізує запитання



1. Чому досліджуваний вами вид продукції називається первинною?
2. Напишіть формулу реакції, яка лежить в основі застосування бариту для визначення концентрації CO_2 .
3. В якому напрямку змінився показник валової первинної продукції за імітації досліджуваного вами чинника глобальної екологічної кризи порівняно з контролем?
4. Який механізм, на вашу думку, в основі цієї зміни?
5. Які способи оцінки валової первинної продукції вам відомі з літератури?

Рекомендована література

1. Зотикова А.П., Симонова Е.И., Новикова Н.С. Формирование фотосинтетического аппарата у хвойных в темноте // Вопросы взаимосвязи фотосинтеза и дыхания: Сб. науч. тр. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1988. – С. 121 – 124.
2. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. – М.: Мир, 1990. – 344 с.
3. Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. – М.: Мир, 1979. – 316 с.
4. Семихатова О. А. Оценка адаптационной способности растения на основании исследований темнового дыхания // Физиология растений.– 1998.– Т. 45.– С. 142–148.

Модель “Нетто”

(для визначення чистої первинної продукції)

Метою роботи є визначення впливу чинників глобальної екологічної кризи на чисту первинну продукцію різних деревних порід.

Чиста первинна продукція – швидкість накопичення органічної речовини в рослинних тканинах за відрахуванням тієї органічної речовини, яка використовувалася при диханні рослин за досліджуваній період. Цю величину також називають „спостережуваним фотосинтезом” або „чистою асиміляцією”. Її не можна плутати з біомасою або врожаєм на корені за певний час. Первинну продукцію не можна визначити простим підрахунком або зважуванням. За Ю.Одумом (1986), на продуктивному пасовищі, яке виїдається худобою, урожай трави на корені буде значно меншим, ніж на менш продуктивному, на яке в період вимірів не виганяли худобу.

На частку органічних сполук, які утворюються в процесі фотосинтезу, припадає біля 95% загальної біомаси рослинного організму. Тому зміна сухої маси може об’єктивно відображати асиміляційну діяльність рослин. Саме цей показник покладено в основу методу визначення “нетто-асиміляції”, або чистої первинної продукції (ЧПП).

Чиста первинна продукція являє собою приріст сухої маси рослин у грамах за певний час (добу), віднесений до одиниці листової поверхні (м^2). Її вираховують періодичним відбором проб листків, у яких визначають площу та суху масу. Далі “нетто-асиміляцію” (у г/м^2 за 1 добу) розраховують за формулою:

$$\text{ЧПП} = \frac{(B_2 - B_1) (\ln L_2 - \ln L_1)}{(L_2 - L_1) n}, \text{ де}$$

B_1 та B_2 – суха маса листків на початку і в кінці періоду досліджень;

$(B_2 - B_1)$ – приріст сухої маси за n днів;

L_1 та L_2 – площі листків на початку і в кінці періоду досліджень, м^2 ;

$\ln L_1$ та $\ln L_2$ – натуральні логарифми показників площі листків на початку і в кінці періоду досліджень;

n – період між двома спостереженнями, днів.

Необхідні матеріали:

- Лісові мікрокосми
- Електронні терези
- Ножиці
- Калька
- Олівець (щоб обводити контур листків)
- Термостат



Інструкції до проведення експерименту:

1. На початку експерименту в контрольному варіанті (без подальшої імітації впливу чинника глобальної кризи) та дослідному варіанті (з імітацією впливу чинника) відберіть проби листків (з кожної рослини по два).

Враховуючи, що один експериментальний варіант охоплює 4 мікрокосми та по 2 екземпляри рослин у кожному, загальна кількість листків становитиме 16. Для зменшення

розкиду результатів у пробу залучіть найбільш типові та однорідні для даного екземпляра листки.

2. Визначте сумарну площу усіх 16 зрізаних листків кожного варіанта. Для цього скористуйтеся методикою визначення площі листків, наведеною в роботі з визначення інтенсивності транспірації.
3. Зважте і пронумеруйте алюмінієві бюкси. Дані занесіть в журнал. Кількість бюксів повинна відповідати кількості експериментальних варіантів.
4. Помістіть 16 листків кожного варіанта в окремий пронумерований алюмінієвий бюкс і знову зважте разом з листками. Дані занесіть у журнал навпроти значень маси бюксів з відповідними номерами.
5. Верхню кришку бюксів помістіть під їх дно і покладіть разом з листками у сушильну шафу. Сушіть при температурі $+105^{\circ}\text{C}$ до постійною маси (повного випаровування води).
6. Бюкси закрийте кришкою і поставте в ексікатор.
7. На наступному занятті послідовно проведіть такі операції:
 - зважте висушені листки разом з бюксами
 - вирахуйте вологість за формулою:

$$A = \frac{a-b}{b-c} \times 100, \text{ де}$$

A - вологість, у %

a - маса сирого зразка з бюксом;

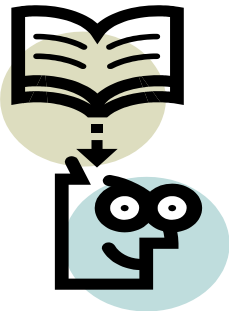
b - маса сухого зразка з бюксом;

c - маса порожнього бюкса.

- визначте відсоток сухої речовини в листках одного варіанта в грамах, віднявши від 100% відсоток вологості
- переведіть вміст сухої речовини в листках одного варіанта в грами, виходячи з вихідної сирової маси листків кожного варіанта, визначеної на початку зважувань.

8. Через місяць у контрольних та дослідних мікрокосмах повторіть усі вищеописані операції. Визначте сумарну площу 16 листків кожного варіанту та їх суху масу в грамах.
9. Використавши показники площі та маси листків на початку та в кінці експерименту, визначте за вищенаведеною формулою значення ЧПФ.
10. Виразіть ЧПФ у дослідному варіанті у відсотках від контрольного.

Активізуючі запитання



1. Чим відрізняється показник чистої первинної продукції від валової?
2. Порівняйте зміну чистої та валової первинної продукції досліджуваної вами породи дерев. У якому напрямку змінилися ці показники за імітації чинника глобальної кризи порівняно з контрольним варіантом.
3. Чи збігаються відсотки змін ЧПП і ВПП у даної породи дерев за імітації чинника глобальної кризи? Відповідь обґрунтуйте.
4. Скориставшись даними інших студентів, зробіть висновок про те, яка з порід дерев зазнала найбільших змін чистої первинної продукції за імітації чинника глобальної кризи.
5. Побудуйте спадаючий ряд рівня змін ЧПП за дії відповідного чинника глобальної кризи для всіх досліджених у вашій групі порід дерев.

Модель «Схуднення за п'ять хвилин»

(для визначення інтенсивності транспірації листків рослин ваговим методом)

Метод ґрунтується на швидкому зважуванні листка, коли за зменшенням його маси визначають кількість випаруваної води. Інтервал між зважуванням не повинен

перевищувати 5-6 хвилин, оскільки при більш тривалій експозиції зменшується вміст води в листку та інтенсивність транспірації буде знижуватися.

Необхідні матеріали: (фото 7.22)

- Електронні терези;
- Міліметровий папір;
- Олівець



Інструкції до проведення експерименту:

1. Листок масою, не більше 0,4 г, зважте з точністю до 1 мг. Масу запишіть (фото 7.23).
2. Повторіть зважування через 5-6 хвилин. Різниця між зважуваннями становитиме величину випаровування води за цей проміжок часу.
3. Обчисліть площу листка на міліметровому папері після другого зважування.
4. Обчисліть інтенсивність транспірації за формулою:

$$I_{mp} = \frac{n \cdot 10000}{S \cdot t} \quad \text{г/м}^2 \text{ за год., де}$$

I_{mp} – інтенсивність транспірації

n – кількість води, яка випарувалася листком за час дослід, г

S – площа листка, см²

t – тривалість дослід, год.

10000 – коефіцієнт перерахунку, см²/м²

Визначення площі листка проводять ваговим методом, який базується на порівнянні маси квадрата паперу з масою листка рослини, який має таку ж довжину та ширину. Для цього:

1. На листку паперу (ліпше в клітинку) накресліть квадрат, який дорівнює довжині та ширині листка, акуратно обведіть його контури (фото 7.24).
2. Обчисліть площу квадрата паперу, виріжте і зважте його.

3. Обведіть контури листка рослини на цьому квадраті паперу, виріжте його і також зважте (фото 7.25, 7.26).
4. Знайдіть площу листка за формулою:

$$S_{\text{л}} = \frac{P_{\text{л}} \cdot S_{\text{кв}}}{P_{\text{кв}}}, \text{ де}$$

P – маса паперового листка (л) або квадрата паперу (кв), мг;
 S – площа листка (л) або квадрата паперу (кв), см^2

Рекомендована література

1. Крамер П. Д., Козловский Е. Е. Физиология древесных растений. – М.: Лесная пром-сть, 1983. – С.462.
2. Мусієнко М. М. Фізіологія рослин: Підручник. – К.: Либідь, 2005. – 808 с.
3. Практикум по физиологии растений /Н.Н.Третьяков, Г.В.Карпаухова, Л.А.Паничкин и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.:Агропромиздат, 1990. – 271 с.



Фото 7.22



Фото 7.23



Фото 7.24



Фото 7.25



Фото 7.26

Модель «Листкові диски»

(для визначення інтенсивності фотосинтезу
в листках рослин)

Необхідні матеріали:

- Термостійка колба;
- Металева трубка діаметром 1 см;
- Піщана баня;
- Мірна колба 50 мл;
- Фотоелектроколориметр;
- 0,2 н хромово суміш;
- Дистильована вода;
- Лампа;
- Піпетки;
- Мірний циліндр;



Інструкції до проведення експерименту:

1. Виріжте свердлом із листків по 2-3 диска відомої площі і помістіть в термостійку колбу (ємністю 50 мл).
2. Мікрокосм з рослинами виставте на 1 годину під інтенсивне світло.
3. До колби з дисками прилийте 10 мл 0,2н хромової суміші.
4. Реакційну суміш прокип'ятіть протягом 5 хв. на піщаній бані під тягою.
5. Після повного охолодження розчин кількісно перенесіть у мірну колбу на 50 мл, промиваючи пробірку дистильованою водою, доведіть об'єм до мітки (50 мл).
6. Оптичну густину розчину визначте на ФЕКі з зеленим світлофільтром. Контролем служить 0,2 н розчин хромової суміші, розбавлений у 5 разів (10 мл хромової суміші доведіть до 50 мл).
7. Через 1 годину заберіть мікрокосм з рослинами з освітлення. Повторіть пункти 1, 3-6.
8. Одержані показники оптичної густини переведіть у значення концентрації глюкози за допомогою калібрувального графіка.

9. Враховуючи співвідношення атомної (чи молекулярної) ваги проведіть перерахунок органічної речовини на диоксид карбону (MCO_2). Виходячи із розрахунків, що $\text{MCO}_2 = 1,47 \text{ Мгл}$, де Мгл – кількість глюкози, що відповідає вмісту органічної речовини (за калібрувальним графіком).
10. Кількість діоксиду карбону в органічній речовині, яка міститься в 1 дм^2 листової поверхні, розрахуйте за формулою:

$$X = \frac{1,47 \cdot \text{Мгл}}{S} \quad \text{мг/м}^2, \quad \text{де}$$

S – площа висічок, см^2

Мгл – кількість глюкози, що відповідає вмісту органічної речовини (за калібрувальним графіком), мг

11. Розрахуйте інтенсивність фотосинтезу як різницю між вмістом диоксиду карбону до і після освітлення рослин.

Рекомендована література

1. Мерзляк М. Н., Погосян С. И. и др. Деструкция пигментов и липидов в изомерных хлоропластах под действием светового излучения //Молекулярные механизмы биологического действия оптического излучения. –М.: Наука, 1988. – С.55 – 70.
2. Фёдорова А. И., Никольская А. Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учебн. пособие для студ. высш. учеб. заведений. –М.: ВЛАДОС, 2001. – 288 с.

Модель «Адаптація чи виснаження?» (для визначення активності ферментів антипероксидантної системи рослин)

У живих організмів у процесі еволюції для захисту від активних кисневих молекул (АКМ) виробились спеціалізовані системи антиоксидантного (АО) захисту. Розрізняють три лінії ферментативного захисту, які представлені такими

ферментами: перша – супероксиддисмутазою (СОД); друга – каталазою та глутатіонпероксидазою (ГП); третя – глутатіонпероксидазою (ГП) та глутатіон-S-трансферазою (GST). В активному центрі трьох із зазначених ферментів містяться елементи з вираженими окисно-відновлювальними властивостями: *Cu*, *Zn* та *Mn* у складі *Cu*,*Zn*-СОД та *Mn*-СОД; *Fe* – в складі каталази та *Se* – у складі ГП.

Ферментативні АО системи характеризуються високою специфічністю дії, спрямованої проти певних форм АКМ. СОД забезпечує захист клітин від високотоксичних аніон-радикалів кисню шляхом переведення їх в менш токсичний пероксид водню. Каталаза запобігає накопиченню продукту супероксиддисмутазної реакції – пероксиду водню, відновлюючи його до води. Для інактивації H_2O_2 у клітинах існує ще один важливий фермент – селеновмісна глутатіонпероксидаза. Крім пероксиду водню, цей фермент також відновлює високотоксичні гідропероксиди ліпідів і легкоокиснюючі компоненти клітин у нетоксичні гідросполуки за рахунок відновленого глутатіону.

Глутатіон-S-трансфераза (ГТ) використовує відновлений глутатіон для кон'югації з гідрофобними сполуками та відновлення органічних пероксидів. Основна функція ГТ – захист клітин від ксенобіотиків і продуктів пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) шляхом їх відновлення, нуклеофільного заміщення гідрофобних груп, а також утворюючи кон'югати з молекулами G-SH.

Тіолові сполуки – важливі компоненти підтримання окисно-відновлюючого гомеостазу в клітинах і тканинах. Особливе місце серед них займає відновлений глутатіон (G-SH). Стабілізуючи мембрани еритроцитів, глутатіон регулює окисно-відновлюючий потенціал, захищає SH-ферменти від окиснення, тим самим бере участь у збереженні гомеостатичної рівноваги в організмі. Також G-SH захищає від активних кисневих сполук, відновлює та бере участь у ізомеризації дисульфідних зв'язків, впливає на активність ферментів, виконує коферментні функції, є резервом цистеїну, бере участь у метаболізмі ксенобіотиків, підвищує стійкість клітин до шкідливих впливів. Як відомо, SH-вмісні

сполуки окиснюються в першу чергу, захищаючи інші функціональні групи і молекули від окиснення.

Узагальнені літературні дані щодо біологічних властивостей антипероксидантних ферментів подані в *табл. 7.2*.

Таблиця 7.2.

Біологічні та хімічні особливості антипероксидантних ферментів

Робоча назва ферменту	Функції фермента
Супероксиддисмутаза (СОД) [КФ 1.15.1.11]	Реакція дисмутації $O_2^- : 2O_2^- + 2H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2$ [187]
Каталаза [КФ 1.11.1.6]	Розкладання H_2O_2 в два етапи: 1. Fe^{3+} -каталаза + $H_2O_2 \rightarrow$ окиснена каталаза; 2. Окиснена каталаза + $H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+}$ -каталаза + $H_2O_2 + O_2$ [187]
Глутатіонпероксидаза (ГП) [КФ 1.11.1.9]	Розкладання H_2O_2 : $2GSH + H_2O_2 \rightarrow GSSG + 2H_2O$ Розкладання гідропероксидів ліпідів (ROOH): $2 GSH + ROOH \rightarrow GSSG + ROH + H_2O$
Глутатіонтрансферази (GST) [КФ 2.5.1.18.]	Приєднання до субстрату повної молекули ГШ з незворотною втратою останнього: $R + GSH \rightarrow HRS$; Нуклеофільне заміщення, також з незворотною втратою ГШ: $RX + GSH \rightarrow RSG + HX$; Відновлення органічних пероксидів з паралельним утворенням здатної до відновлення окисненої форми ГШ:

Рекомендована література

1. Колупаєв Ю. С. Стресові реакції рослин. – Харків, 2001. – 173 с.
2. Коришков И.И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды. – К.: Наукова думка, 1996. – 238 с.
3. Косаківська І.В. Фізіолого – біохімічні основи адаптації

рослин до стресів. – К.: Сталь, 2003. – 192 с.

4. Романова А.К. Физиолого-биохимические признаки и молекулярные механизмы адаптации растений к повышенной концентрации CO_2 в атмосфере // Физиология растений. – 2005. – Т. 52. – С. 129 – 145.
5. Руденко С.С. Алюміній в природних біотопах: Біохімічна адаптація тварин.- Чернівці: Рута, 2001.- 300 с.
6. Asada K. Ascorbate peroxidase – a hydrogen peroxide – scavenging enzyme in plants //Physiol. Plant.– 1992.– Vol.85.– P.235-241.
7. Hossain M.A., Asada K. Purification of dehydroaskorbate reductase from spinach and its characterization as thiol enzyme // Plant and Cell Physiology.–1984.– 25.– P.85-92.

Необхідні матеріали:

- Центрифуга та центрифужні пробірки;
- Фарфорова ступка;
- Електронні терези;
- Льодяна баня;
- 0,05 М тріс-НСl (pH=7,5)
- 5 мМ етилендіамінтетраоцтова кислота (ЕДТА);
- 0,01 М КСl;
- 1мМ MgCl_2 ;
- 5 мкМ 1,4–дитіотреїтол (ДТТ).



Інструкції до приготування гомогенату рослинних тканин:

1. Наважку рослинного матеріалу гомогенізуйте в середовищі (співвідношення 1:2), що містить 0,05 М тріс-НСl (pH = 7,5), 5 мМ етилендіамінтетраоцтову кислоту (ЕДТА), 0,01 М КСl, 1мМ MgCl_2 і 5 мкМ 1,4–дитіотреїтол (ДТТ).
 2. Гомогенат центрифугуйте при 5000 g 15 хв. Супернатант використовуйте для визначення активності досліджуваних ферментів.
- Супероксиддисмутаза (СОД).** В основі методики –

здатність СОД конкурувати з нітрозолієм синім за супер-оксидні аніони, що утворюються в результаті аеробної взаємодії відновленої форми НАД і феназинметасульфату (ФМС). У результаті реакції нітросиній тетразолій відновлюється з утворенням гідразинтетразолію.

Необхідні матеріали:

- Пробірки;
- Піпетки;
- Мірний циліндр;
- Спектрофотометр;
- 0,2 М пірофосфатний буфер (pH=8,3);
- Нітросиній тетразолій;
- Феназинметасульфат;
- Супернатант рослинних тканин;
- НАДН.



Інструкції до визначення активності СОД:

До складу інкубаційного середовища входять:

Реактиви	Контрольна проба	Дослідна проба
0,2 М пірофосфатний буфер (pH=8,3)	3,4 мл	3,4 мл
нітросиній тетразолій (20 мг у 20 мл буферу)	0,2 мл	0,2 мл
феназинметасульфат (20 мг у 100 мл буферу)	0,2 мл	0,2 мл
супернатант рослинних тканин	0,1 мл	-

1. Додайте у дослідні і контрольні проби 0,2 мл НАДН (14 мг в 10 мл буферу) і витримайте 10 хв. при $t = 21^{\circ}\text{C}$.
2. Оптичну густину розчину визначіть при $\lambda = 540$ нм проти контролю.
3. Активність СОД виразіть в умовних одиницях,

розрахованих на 1 г білка за 1 хв. За одиницю активності ферменту візьміть таку його кількість, яка інгібує відновлення тетразолію синього на 50%.

Каталаза. Принцип методу визначення активності каталази полягає в тому, що фермент руйнує субстрат H_2O_2 , а решту, незруйновану частину пероксиду водню, визначають за допомогою молібдату амонію.

Необхідні матеріали:

- Пробірки;
- Піпетки;
- Мірний циліндр;
- Спектрофотометр;
- Супернатант рослинних тканин;
- 0,05 М трис-НСІ-буфер (рН=7,5);
- 0,03 % розчин H_2O_2 ;
- 4 % молібдат амонію.



Інструкції до визначення активності каталази:

1. Приготуйте інкубаційне середовище:
2 мл 0,05 М трис-НСІ-буферу (рН=7,5) з 0,03 % розчином H_2O_2 , 0,1 мл гомогенату рослинних тканин. У контрольну пробу замість центрифугату додайте 0,1 мл буферу.
2. Витримайте дослідні та контрольні проби при кімнатній температурі 10 хв.
3. Додайте 1 мл 4 % молібдату амонію і виміряйте екстинцію при $\lambda=410$ нм проти трис-НСІ-буферу.
4. Оцініть реакцію за ступенем гальмування утворення кінцевих продуктів пероксидів молібдату.
5. Активність ферменту виразить у ммоль H_2O_2 на мг білка за 1 хв.

Глутатіонтрансфераза (GST). Принцип методу полягає в тому, що при взаємодії GST з ХДНБ (1-хлор-2, 4-динітробензол) та GSH (відновлений глутатіон) утворюється кон'югат.

Необхідні матеріали:

- Пробірки;
- Піпетки;
- Мірний циліндр;
- Спектрофотометр;
- Електронні терези;
- Супернатант рослинних тканин;
- 0,1 М тріс-HCl буферу (pH = 7,4)
- 1 мМ GSH
- 30 мМ ХДНБ.



**Інструкції до визначення
глутатіонтрансферази:**

1. Приготуйте інкубаційне середовище дослідних проб: 1,8 мл 0,1 М тріс-HCl буферу (pH = 7,4), 0,9 мл 1 мМ GSH, 0,2 мл супернатанту.
2. Приготуйте інкубаційне середовище контрольної проби аналогічно, але замість гомогенату додайте 0,2 мл тріс-HCl буферу.
3. Додайте в дослідні і контрольні проби 0,1 мл 30 мМ ХДНБ.
4. Визначте оптичну густину на спектрофотометрі при $\lambda = 340$ нм.
5. Активність ферменту виразить у нмоль на мг білка за 1 хв.

Глутатіонредуктаза. Активність ферменту визначають спектрофотометричним методом за допомогою ДТНБ-реагента (реактив Еллмана – 5,5'-дитіобіс (2-нітробензойна кислота) за кількістю утвореної ТНБ (тіонітробензойна кислота). Рівень ТНБ пропорційний концентрації GSH, відновленого глутатіонредуктазою з GSSG.

Необхідні матеріали:

- Пробірки;
- Піпетки;
- Мірний циліндр;
- Електронні терези;
- Спектрофотометр;
- Супернатант рослинних тканин;
- 0,1 М К-фосфатний буфер ($\text{pH} = 7,5$);
- 3 мМ ДТНБ
- 0,01 М К-фосфатний буфер ($\text{pH} = 7,5$);
- 0,25 мМ ГSSГ (окиснений глутатіон).



Інструкції до визначення активності глутатіонредуктази:

1. Приготуйте інкубаційне середовище: 1,5 мл 0,1 М К-фосфатного буферу ($\text{pH} = 7,5$), 0,75 мл 3 мМ ДТНБ в 0,01 М К-фосфатному буфері, 0,25 мМ ГSSГ (окиснений глутатіон).
2. До інкубаційного середовища дослідної проби додайте 0,1 мл супернатанту.
3. У контрольну пробу додайте 0,1 мл 0,1 М К-фосфатного буферу.
4. Реакцію ініціюйте додаванням 0,1 мл 0,25 мМ ГSSГ.
5. Оптичну густину розчину виміряйте при $\lambda = 340 \text{ нм}$.
6. Активність глутатіонредуктази виразить у мкмоль на мг білка за 1 хв.

Визначення вмісту білка за Лоурі

Необхідні матеріали:

- Фарфорова ступка;
- Електронні терези;
- Центрифуга та центрифужні пробірки;
- Пробірки;
- Піпетки;
- Мірний циліндр;

- 60% трихлороцтова кислота (ТХО);
- Охолоджений ацетон;
- 1 н NaOH;
- Водяна баня (+70°C);
- Реактив А – 2% р-н Na_2CO_3 в 0,1 н NaOH;
- Реактив Б – р-н 0,5% $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ в 1% $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_8 \times 4\text{H}_2\text{O}$;
- Реактив Фоліна (1:2);
- Фотоелектроколориметр.



Інструкції:

1. Наважку рослинного матеріалу (0,2 г) гомогенізуйте з 2-3 мл дистильованої води та кількісно перенесіть у центрифужну пробірку.
2. В отриманому гомогенаті осадіть білки 60% ТХО (1 мл).
3. Центрифугуйте вміст пробірок протягом 10 хв. при 3000 об/хв.
4. Злийте супернатант після центрифугування.
5. Осад, що залишився, 2 рази промийте охолодженим ацетоном (по 2 мл).
6. Додайте до осаду 5 мл 1 н NaOH, нагрійте на водяній бані (70°C) 10 хв.
7. Вміст пробірок знов центрифугуйте 10 хв. при 3000 об/хв.
8. Злийте лужний розчин у мірну колбу.
9. Осад промийте 1 н NaOH, знову злийте в ту ж колбу і доведіть отриманий розчин до 20 мл.
10. Визначте білок у суміші: 0,4 мл білкового екстракту, який доведіть до 1 мл дистильованою водою; 2 мл щойно приготовленого реактиву В, який складається з розчинів А та Б (50:1 по об'єму).
11. Реактив А – 2% р-н Na_2CO_3 в 0,1 н NaOH;
12. Реактив Б – р-н 0,5% $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ в 1% $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_8 \times 4\text{H}_2\text{O}$.
13. Вміст проб перемішайте.
14. Через 10 хв додайте по 0,2 мл реактиву Фоліна,

розведеного 1: 2.

15. Через 30 хв проби виміряйте на ФЕКі при довжині хвилі 750 нм.
16. Кількість білка в розчині знайдіть за калібрувальною кривою і розрахуйте за формулою:

$$A = \frac{a \cdot V}{c \cdot p}, \text{ де}$$

A – кількість білка (мг/г речовини);

a – кількість білка в розчині (мг), що знаходять за калібрувальною кривою;

V – первісний об'єм (20 мл);

p – наважка (г).

Визначення SH-груп білків

Необхідні матеріали:

- 0,2 М фосфатний буфер (pH=8,0);
- Реактив Еллмана;
- 0,01 М фосфатний буфер (pH=7,0);
- Спектрофотометр;
- Мікропіпетки;
- Піпетки;
- Електронні терези;
- Мірний циліндр;



Інструкції:

1. Внесіть у пробу (кінцевий об'єм 10 мл) 3 мл білкового розчину, 2 мл 0,2 М фосфатного буферу (pH=8,0) і 5 мл дистильованої води (проба А).
2. З проби А відберіть 3 мл і додайте мікропіпеткою 0,02 мл реактива Еллмана (ДТНБ-реагент – 5,5'-дитіобіс (2-нітробензойна кислота) приготованому на 0,01 М фосфатному буфері (pH=7,0)).
3. Пробу швидко перемішайте, при цьому розвивається

жовте забарвлення. Через 2 хв. оптичну густину проб виміряйте на спектрофотометрі при $\lambda = 412$ нм. У такий же спосіб можна визначити швидкореагуючі SH-групи білка.

4. Якщо в досліджуваному білку знаходяться повільно-реагуючі SH-групи, то забарвлення розвивається протягом тривалого часу. В цьому випадку вимірювання оптичної густини проводьте кожні 5 хв. до тих пір, поки показник оптичної густини не стане постійним.
5. Вимірювання величин оптичної густини дослідної проби проведіть проти контрольної проби, в яку замість реактиву Еллмана додайте 0,02 мл дистильованої води.
6. Вміст тіолових груп знайдіть за формулою:

$$C_o = \frac{A}{\varepsilon} D, \quad \text{де}$$

C_o – концентрація SH-груп у досліджуваному розчині, моль/л;

A – приріст оптичної густини дослідної проби протягом часу, достатнього для закінчення реакції;

ε - коефіцієнт молярної екстинції ТНФА ($\varepsilon=114000$ моль⁻¹ см⁻¹);

D – фактор розведення

Отриманий результат виразіть у мкмоль на мг білка.

Визначення вмісту відновленого глутатіону

Принцип методу полягає в тому, що при взаємодії відновленого глутатіону з реактивом Еллмана – 5,5'-дитіобіс (2-нітробензойна кислота) (ДТНБ) утворюється сполука ТНФА (тіонітрофенільний аніон) жовтого кольору. Інтенсивність забарвлення її пропорційна вмісту глутатіону.

Необхідні матеріали:

- Фарфорова ступка;
- Пробірки;
- Електронні терези;
- Піпетки;

- Центрифуга та центрифужні пробірки;
- Спектрофотометр;
- 5 % трихлороцтова кислота (ТХО);
- 1 н NaOH;
- 1,5 мкМ ДТНБ;
- 0,1 М К,Na-фосфатний буфер (pH=7,0);
- Дистильована вода;



Інструкції:

1. Наважку рослинного матеріалу гомогенізуйте в 5 % трихлороцтової кислоті (у співвідношенні 1:4).
2. Гомогенат центрифугуйте протягом 15 хв. при 13000g.
3. Для визначення вмісту відновленого глутатіону використайте супернатант (нейтралізований 1 н розчином NaOH).
4. Приготуйте інкубаційне середовище: 1 мл супернатанту, 2 мл 1,5 мкМ ДТНБ-реагента в 0,1 М К,Na-фосфатному буфері (pH=7,0),
5. 1 мл дистильованої води.
6. Визначте оптичну густину при $\lambda = 412$ нм на спектрофотометрі.
7. Розрахуйте кількість відновленого глутатіону за калібрувальним графіком і виразіть у мкмоль GSH на 1 г тканини.

Визначення вмісту аскорбінової кислоти, глутатіону та загальної редукуючої активності

Необхідні матеріали:

- Фарфорова ступка;
- Пробірки;
- Електронні терези;
- Колби;
- Піпетки;
- Мірний циліндр;
- Лійка;
- Паперовий фільтр;

- 5% розчин метафосфорної кислоти;
- 0,001 н 2,6-дихлорфеноліндофенол
- 15% KI;
- 1% крохмаль;
- 0,001 н KIO₃
- Бюретка.



Інструкції:

1. Наважку рослинного матеріалу (2 г) гомогенізуйте в 20 мл 5% розчину метафосфорної кислоти, перенесіть у колбу на 50 мл і доведіть водою до мітки.
2. Вміст колби перемішайте.
3. Через 5 хв. профільтруйте.
4. Для визначення вмісту аскорбінової кислоти налейте у колбу 5 мл фільтрату і титруйте розчином 0,001 н 2,6-дихлорфеноліндофенолу до появи слабо-рожевого забарвлення.
5. Для визначення вмісту глутатіону та загальної редукуючої активності до 5 мл фільтрату додайте 2-3 краплі 15% розчину KI, 5 крапель 1% розчину крохмалю і титруйте 0,001 н розчином KIO₃ до слабо-синього забарвлення.
6. Розрахуйте вміст аскорбінової кислоти (AK) , глутатіону (Г) та загальної редукуючої активності (ЗРА) рослинної тканини розрахуйте за формулами:

$$AK = \frac{(a \cdot K) \cdot 0,088 \cdot M \cdot 100}{m \cdot n}, \text{ мг\%};$$

$$Г = \frac{(b - a \cdot K) \cdot 0,307 \cdot M \cdot 100}{m \cdot n}, \text{ мг\%}$$

$$ЗРА = \frac{b \cdot M \cdot 100}{m \cdot n}, \text{ мл} \quad \text{де}$$

a – кількість 2,6-дихлорфеноліндофенолу, витраченого на титрування, мл;

b – кількість йодату калію, витраченого на титрування, мл

K – співвідношення об'ємів йодату калія, мл/2,6-дихлорфеноліндофенолу, мл

0,088 – кількість відновленої аскорбінової кислоти, яка еквівалентна 1 мл 0,001 н розчину 2,6-дихлорфеноліндофенолу;

0,307 – кількість відновленого глутатіону, яка еквівалентна 1 мл 0,001 н розчину йодату калію;

n – об'єм фільтрату, який використали для титрування, мл;

m – наважка рослинного матеріалу, мг.

Визначення активності аскорбатпероксидази

Аскорбатпероксидаза використовує дві молекули аскорбінової кислоти для відновлення H_2O_2 до води з утворенням двох молекул монодегідроаскорбату.

Необхідні матеріали:

- Фарфорова ступка;
- Електронні терези;
- Пробірки;
- Центрифуга та центрифужні пробірки
- Спектрофотометр;
- Мікропіпетки;
- 50 мМ К-фосфатний буфер (рН=7,4);
- 1мМ ЕДТА;
- 1 г PVP;
- 0,5 % (v/v) Triton X-100.
- 50 мМ К-фосфатний буфер (рН=7,0);
- 0,1 мМ пероксид водню;
- 0,5 мМ аскорбінова кислота
- 0,1 мМ ЕДТА.



Інструкції:

1. Розітріть рослинний матеріал при 4°C у 3 мл екстраційного буферу, що містить: 50 мМ К-фосфатного буферу ($\text{pH}=7,4$); 1мМ ЕДТА; 1 г РVP; 0,5 % (v/v) Triton X-100.
2. Гомогенат центрифугуйте протягом 20 хв при 10000 g (4°C).
3. Приготуйте реакційну суміш: 50 мМ К-фосфатного буферу ($\text{pH}=7,0$); 0,1 мМ пероксиду водню; 0,5 мМ аскорбінової кислоти; 0,1 мМ ЕДТА, 10 мкл супернатанту.
4. Визначте оптичну густину на спектрофотометрі при $\lambda = 290$ нм. Розрахуйте активність аскорбатпероксидази, використовуючи коефіцієнт екстинції $2,8 \text{ мМ}^{-1} \text{ см}^{-1}$.

Визначення активності монодегідроаскорбатредуктази

У стромі хлоропласта монодегідроаскорбат ферментативно відновлюється до аскорбінової кислоти за допомогою монодегідроаскорбатредуктази використовуючи в якості донорів електронів НАДН і НАДФН.

Необхідні матеріали:

- Фарфорова ступка;
- Пробірки;
- Електронні терези;
- Центрифуга та центрифужні пробірки
- Спектрофотометр;
- Піпетки;
- 50 мМ HEPES-KOH буфер ($\text{pH } 7,5$);
- 1 мМ ЕДТА;
- 5 мМ MgCl_2 ;
- 50 мМ HEPES-KOH буфер ($\text{pH } 7,6$);
- 0,1 мМ NADPH;
- 2,5 мМ аскорбінова кислота (АК);
- Аскорбатоксидаза.



Інструкції:

1. Розітріть рослинний матеріал при 4°C у 3 мл екстракційного буферу, що містить: 50 мМ HEPES-КОН буферу pH 7,5, що містить 1 мМ EDTA і 5 мМ MgCl_2 .
2. Вміст пробірок центрифугуйте 20 хв. при 10000g (4°C). Для подальших досліджень використовуйте супернатант.
3. Приготуйте реакційну суміш: 50 мМ HEPES-КОН буферу (pH=7,6); 0,1 мМ NADPH, 2,5 мМ аскорбінової кислоти (АК); аскорбат оксидази (0,14 U, 1U = 1 мкмоль АК/хв).
4. Визначте оптичну густину при $\lambda=360$ нм.
5. Розрахуйте активність ферменту, використовуючи коефіцієнт екстинції $3,3 \text{ мМ}^{-1} \text{ см}^{-1}$.

Визначення вмісту пероксиду водню у тканинах рослин

Метод полягає у зафарбовуванні пероксидом водню солей титану у кислому середовищі у жовте забарвлення.

Необхідні матеріали:

- Фарфорова ступка;
- Пробірки;
- Центрифуга та центрифужні пробірки;
- Спектрофотометр;
- Піпетки;
- 50 мМ фосфатний буфер (pH=6,5).
- 0,1% сульфат титану;
- 20% (v/v) H_2SO_4 .



Інструкції:

1. Рослинний матеріал гомогенізуйте у 50 мМ фосфатному буфері (pH=6,5).
2. Гомогенат центрифугуйте при 6000 g протягом 25 хв.
3. Додайте до супернатанту 0,1% сульфат титану в 20% (v/v) H_2SO_4 .

4. Суміш центрифугуйте при 6000g протягом 15 хв.
5. Проаналізуйте інтенсивність забарвленого комплексу колориметрично при 410 нм.
6. При обчислюваннях використайте коефіцієнт екстинції $\varepsilon = 0,28 \text{ мкМ}^{-1} \text{ см}^{-1}$.

Визначення вмісту ТБК-активних продуктів (малонового діальдегіду)

Відомо, що за дії різноманітних стресових факторів відбувається стимулювання вільнорадикальних реакцій пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ). Процеси ПОЛ оцінюють за швидкістю та кількістю утворення одного з кінцевих продуктів окиснення – малонового діальдегіду.

Необхідні матеріали:

- Фарфорова ступка;
- Пробірки;
- Електронні терези;
- Центрифуга та центрифужні пробірки
- Спектрофотометр;
- Водяна баня (+95°C);
- Льодяна баня;
- 0,5% тіобарбітурова кислота (ТБК);
- 20% ТХО.



Інструкції:

1. Рослинний матеріал гомогенізуйте у присутності 0,5% ТБК у 20% ТХО.
2. Отриману суміш інкубуйте на водяній бані протягом 30 хв. при +95°C.
3. Охолодіть на льодяній бані. Охолоджену суміш центрифугуйте при 10000 g при 4°C 15 хв.
4. Вимірювання оптичної густини проведіть при $\lambda=532 \text{ нм}$ та $\lambda=600 \text{ нм}$ на спектрофотометрі.
5. Для розрахунку використайте коефіцієнт екстинції $\varepsilon=155 \text{ мМ}^{-1} \text{ см}^{-1}$.

Модель «Пролін і стрес»

(для визначення вмісту вільного проліну у рослинах)

Вміст вільного проліну суттєво підвищується (у десятки, а іноді й сотні разів) за дії стресових чинників на рослини. Акумуляція вільного проліну простежувалась у рослин за умов засухи, засолення, низьких позитивних температур та інших чинників, що ініціюють зниження водного потенціалу клітинного соку. Водночас у літературі наведена велика кількість даних, які свідчать про важливу роль проліну у виживанні рослин за умов стресу.

Сьогодні доведено, що вільний пролін за стресових умов спричиняє поліфункціональний біологічний ефект, який виявляється не лише в осморегуляторній та протекторній, а і в антиоксидантній, енергетичній та інших функціях, які забезпечують підтримку клітинного гомеостазу та його перехід у новий адаптивний стан. На першому етапі адаптаційного процесу пролін, зазвичай, не досягає максимальної внутрішньоклітинної концентрації. Проте саме на цьому етапі може виявлятися протекторний ефект проліну, який запобігає інактивації макромолекул і сприяє збереженню цілісності структури мембран, а також його антиоксидантних властивостей. Окрім цього, на першому етапі адаптаційного процесу пролін може бути використовуваний як джерело енергії та відновних еквівалентів. Цим можна пояснити зниження вмісту вільного проліну в рослинах за дії низькими концентраціями важких металів.

Отже, вільний пролін за дії на рослини різних стрес-факторів сприяє підтримці в клітинах водного гомеостазу як осморегулятор, захищає білки від денатурації, стабілізує механізм їхнього біосинтезу. Акумуляція вільного проліну, що простежувалась в органах рослин у відповідь на дію впливу стресових чинників, пов'язана з активацією неспецифічних адаптивних механізмів у клітинах і тканинах.

Необхідні матеріали:

- Пробірки;
- Електронні терези;
- Фільтрувальний папір;
- Лійка;
- Піпетки;
- Мірний циліндр;
- Фарфорова ступка;
- Водяна баня (100°C);
- Льодяна баня;
- Кислий нінгідрін;
- 3% сульфосаліцилова кислота;
- Льодяна оцтова кислота



Фото 7.27



Інструкції до визначення вмісту проліну:

1. Наважку рослинного матеріалу гомогенізуйте в 10 мл 3% водного розчину сульфосаліцилової кислоти.
2. Гомогенат профільтруйте через паперовий фільтр.
3. Нагрійте на водяній бані реакційну суміш, яка містить 2 мл фільтрату, 2 мл кислого нінгідрину та 2 мл льодяної оцтової кислоти протягом 1 год. при $t = 100^{\circ}\text{C}$.
4. Охолодіть вміст пробірок у льодяній бані та екстрагуйте 4 мл толуолу (фото 7.27).
5. Розчин ділиться на дві фази, оптичну густину кольорової фази виміряйте на ФЕКі при $\lambda = 520 \text{ нм}$.
6. Розрахуйте вміст вільного проліну в ммольях на 1 г сирої тканини.

Рекомендована література

1. Кобилецька М., Терек О. Changes in the content of phenolic and proline accumulation in maize plants roots and shoots under influence of cadmium ions in different concentration // VISNYK OF LVIV UNIV. – Biology Series.. –2002. – Вип. 28. – С.311 –316.

2. Кузнецов В. В., Шевякова Н. И. Пролін при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция // Физиология растений. –1999. –Т. 46. – С. 321–336.
3. Шевякова Н. И. Метаболизм и физиологическая роль пролина при водном и солевом стрессе // Физиология растений. –1983. –Т. 30. –С. 768–783
4. Шевякова Н. И. Метаболизм и физиологическая роль пролина при водном и солевом стрессе // Физиология растений. 1983. - Т. 30. - С. 768-783.
5. Delauney A. J., Verma D. P. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants //Plant Journal. –1993. –Vol. 4. –P. 215–223.
6. Kohl D. H., Schubert K. R., Carter M. B. et al. Proline metabolism in N₂ -fixing root nodules: energy transfer and regulation of purine synthesis //Proc. Nat. Sci. USA. –1988. –Vol. 85. – P. 2036 – 2040.
7. Kuznetsov V. V., Shevyakova N. I. Stress responses of tobacco cells to high temperature and salinity. Proline accumulation and phosphorylation of polypeptides //Physiol. Plant. –1997. –Vol. 100. –P. 320–326.
8. Paleg L., Stevart G. R., Bradbeer J. W. Proline and glycine betaine influences protein salvation //Plant Physiol. – 1994. – Vol. 75. – P. 974 – 978.
9. Taylor C. B. Proline and water deficit: ups, down, ins. and outs //Plant Cell. – 1996. – Vol. 8. – P. 1221– 1224.

Розділ VIII

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ РІЗНИХ ТИПІВ ДОБРИВ ДЛЯ АГРО- ТА ЛУЧНИХ ЦЕНОЗІВ

Моделі розроблені авторами посібника

На даному етапі розвитку аграрних технологій ведення інтенсивного сільського господарства неможливе без застосування добрив. Однак хімізація землеробства мусить бути науково-обґрунтованою. Необдуманість у використанні „хімії” на полях може мати катастрофічні наслідки. Невдалий підбір мінеральних добрив спричинює підкислення та залуження ґрунту.

Одна з найбільш актуальних проблем сьогодення – надмірне використання в якості добрива азоту. Встановлено, що нітрати мають здатність перетворюватись у нітрити. Останні є надзвичайно токсичними для усіх живих організмів, включаючи людину. Перший випадок отруєння нітритами описаний ще у 1963 р. Йшлося про масове отруєння німецьких дітей у Гамбурзі, Кіле та Берліні внаслідок вживання їжі, приготовленої зі свіжого шпинату. Як показали аналізи, у спожитому дітьми шпинаті містилось надзвичайно багато нітриту, перетвореного з нітрату. У маленьких дітей, особливо піврічних, нітрит може викликати повне порушення циклу їх розвитку та небезпечне захворювання, відоме під назвою метгемоглобінемія, яке за зовнішнім проявом подібно до ціаниду. Якщо дитині своєчасно не буде зроблена ін’єкція метиленового синього розчину, то нітритне отруєння може закінчитися летально.

Уже відомі деякі загальні принципи внесення добрив. Найкраще, наприклад, у ґрунтах аридних (посушливих) областей, здебільшого схильних до підлуження, підбирати

добрива, які підкислюють середовище (сульфат амонію, суперфосфат). Для ґрунтів з кислою реакцією, навпаки, слід користуватися добривами, які підлужують середовище (натрієва, кальцієва селітра тощо). На засолених ґрунтах високі дози розчинних добрив (селітри, калійних солей) можуть викликати додаткове пригнічення та загибель рослин.

Азотні добрива. Азот входить до складу амінокислот, білків, нуклеїнових кислот, хлорофілу, алкалоїдів, ферментів рослин.

Азотні добрива поділяють на :

- нітратні: натрієва селітра NaNO_3 , кальцієва селітра $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, калійна селітра KNO_3 ;
- амонійні: хлорид амонію NH_4Cl , сульфат амонію $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;
- амонійно-нітратні: аміачна селітра NH_4NO_3 ;
- аміачні: аміачна вода NH_4OH ;
- карбамід-амонійно-нітратні (КАС- сечовина $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3$).

Усі азотні добрива добре розчиняються у воді.

Фосфорні добрива. Фосфор – компонент нуклеїнових кислот, АМФ, АДФ, АТФ, вітамінів, ферментів, клітинних мембран; резервний міститься у фітині – запасній речовині насіння, яка використовується при його проростанні; завдяки фосфатній буферній системі у клітині утворюється необхідний інтервал рН.

Найбільш поширені **фосфорні добрива**:

- простий суперфосфат $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{CaSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (порошок сірого кольору);
- подвійний гранульований суперфосфат $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$;
- преципітат $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (порошок білого або світло-сірого кольору);
- фосфорне борошно – подрібнений фосфорит $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$;
- кісткове борошно.

З них суперфосфати добре розчинні, преципітат – менш розчинний, останні два види практично не розчинні.

Калійні добрива. Калій позитивно впливає на фізичний стан колоїдів цитоплазми, підвищує їх набухання, в'язкість, здатність поглинати воду, поліпшує стійкість рослин до посухи, сприяє фотосинтезу, вуглеводному й азотному обміні, посилює накопичення крохмалю в картоплі і цукру в цукрових буряках, збільшує стійкість рослин до захворювань.

До *калійних добрив* належать:

- концентровані калійні добрива – хлорид і сульфат калію; калійна селітра KNO_3 ;
- розмолоті природні мінерали – сильвініт $\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$, карналіт $\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$;
- відходи промисловості – цементний пил і пічна зола.

За винятком відходів промисловості, всі калійні добрива добре розчинні у воді.

Пташиний послід. Це цінне швидкодіюче повне органічне добриво. У ньому містяться всі основні поживні речовини, необхідні для рослин, але в значно більшій кількості, ніж у перегної. У середньому вихід пташиного посліду складає: від курки – 6 кг, від качки – 8-9, від гуски – 10-11 кг. За 2-3 місяці рихлого зберігання втрачається до 50% азоту, тому зберігати його слід щільним холодним способом. Добре зберігається азот і при підсушуванні посліду. Сухий послід містить 5% азоту, 4% P_2O_5 та 2-3 % K_2O .

Біогумус. Це органічне добриво, утворене каліфорнійськими черв'яками. У *біогумусі* є всі необхідні для овочів і квітів, плодових і декоративних кущів і дерев поживні речовини в збалансованому вигляді, які сприяють підвищенню схожості насіння, стимулюють ріст і розвиток рослин, а також понижують до мінімуму кількість нітратів і нітритів, важких металів і радіонуклідів. Крім того, в біогумусі міститься цінна мікрофлора, яка сама по собі є природним джерелом родючості ґрунту.

Біогумус можна використовувати цілий рік, підвищуючи врожай у 1,5 і навіть у 2 рази.

Модель «Удобрюване поле»

Метою роботи є добір ефективного типу добрив для вирощування сільськогосподарських культур на певних ґрунтах. При цьому порівнюється вплив різних добрив як на показники продуктивності цих культур, так і на показники екологічної безпеки (фото 8.1, 8.2, 8.3)

Необхідні матеріали:

- Насіння с/г культур (кукурудзи, гороху, пшениці);
- Дистильована вода;
- KMnO_4 ;
- Термостат;
- Стакан 200-250 мл.



Інструкції до підготування насіння:

1. Замочіть відібране насіння у дистильованій воді так, щоб рівень води над насінням був 5-10 см. Насіння перемішайте і відберіть, яке сплило (сплив).
2. Для вилучення технічно ураженого насіння залишіть його на 30 хв у воді, після чого воду злийте і відберіть насіння, яке збільшилося в об'ємі за рахунок пошкодженої оболонки.
3. Замочіть насіннєвий матеріал у розчині KMnO_4 слабо-рожевого кольору на 15-20 хв, після чого насіння промийте дистильованою водою.
4. Насіннєвий матеріал замочіть у дистильованій воді на 1 добу в термостаті при $t = 20-22^\circ\text{C}$.
5. Проросле насіння висадіть у ґрунт.

Необхідні матеріали:

- Ґрунт;
- Терези;
- Різні типи добрив;
- Дистильована вода



Інструкції до створення мікрокосмів:

1. У ґрунт (приблизно 1,5 кг на 1 мікрокосм) внесіть досліджувані мінеральні добрива (аміачну селітру, простий суперфосфат, хлористий калій (NPK)) із розрахунку 10 мг діючої речовини на 100 г ґрунту.
Органічні добрива – біогумус і пташиний послід (ПП) – внесіть так, щоб їх вміст у ґрунті складав 2%.
2. Перемішайте ґрунт разом з добривами і насипте у нижню частину мікрокосму.
3. Висадіть насіння досліджуваних с/г культур (40-60 залежно від розміру) у ґрунт.
4. Полийте мікрокосми дистильованою водою. Подалі ґрунт забезпечуватиметься водою через ґніт.

Схема експерименту:

- Контроль (К) – ґрунт
- Варіант 1– К + NPK
- Варіант 2 – К + біогумус
- Варіант 3 – К + пташиний послід

Параметри, важливі при дослідженні:

- Енергія проростання;
- Схожість насіння;
- Вміст нітрат-іонів.

Визначення енергії та схожості насіння

Визначте енергію проростання насіння досліджуваної с/г культури (у %) на третю добу, а на сьому добу – схожість насіння (у %) за формулою :

$$E = \frac{a}{b} \cdot 100\%, \text{ де:}$$

Е- відсоток проростання;

а - кількість насінин, які проросли;

б - кількість висаджених насінин.

Визначення вмісту іонів NO_3^- потенціометричним методом у рослинах

Метод базується на екстрагуванні нітратів з рослинної продукції 1% розчином алюмокалієвих галунів при співвідношенні проби до розчину 1:5 з наступним потенціометричним вимірюванням нітратів за допомогою іон-селективного електроду

Необхідні матеріали:

- Іономер;
- Магнітна мішалка;
- Фарфорова ступка;
- Ножиці;
- Алюмокалієві галуни;
- 30% пероксид водню;
- Сульфатна кислота;
- KMnO_4 ;
- Склянка на 100-200 мл;
- Паперовий фільтр;
- Піпетки;
- Мірний циліндр
- Електронні терези.



Інструкції:

1. Наважку сирого рослинного матеріалу (5 г) подрібніть ножицями, розітріть у фарфоровій ступці до гомогенного стану, перенесіть у склянку ємністю 50-100 мл.
2. Додайте до гомогенату 25 мл екстрагуючого розчину, пробу перемішайте за допомогою магнітної мішалки протягом 3-5 хв.
3. Додайте при помішуванні 2-3 краплі 30% розчин перексиду водню до повного знебарвлення суміші.
4. В отриманій суспензії виміряйте вміст нітратів за допомогою мембранного електроду.
5. Для калібрування іонометра приготуйте серію

стандартних розчинів (10^{-1} – 10^{-5} М) із вихідного розчину KNO_3 (1М) шляхом послідовного розведення. Для ключа приготуйте 1 % розчин алюмокалієвих галунів.

6. Вміст нітратів у досліджуваній суспензії визначте за формулою:

$$X = \frac{C \times 14 \times 10^5}{V \left(1 - \frac{\quad}{100} \right)}, \text{ де}$$

X – вміст нітратів, мг/кг;

C – концентрація нітратів у витяжці;

14×10^5 – коефіцієнт переводу часток одиниці в мільйонні частки;

V – вміст води у пробі, %

Приготування екстрагуючого розчину:

1. Розчиніть 10 г алюмокалієвих галунів у дистильованій воді в мірній колбі на 1000 мл.
2. Додайте до даного розчину 1 г марганцевокислого калію і 0,6 мл концентрованої сульфатної кислоти.
3. Збовтуйте отриману суміш до повного розчинення всіх інгредієнтів.
4. Доведіть розчин дистильованою водою до мітки.

Модель „Удобрювана лука”

Метою роботи є науково аргументований добір добрив для кормових угідь на певному типі ґрунтів.

У комплексі з підсіянням трав та іншими заходами удобрювання набувають великого значення в підвищенні продуктивності кормових угідь. У 100 кг сіна міститься 1,5-2 кг N, 0,4 - 0,5 кг P_2O_5 та 1,5 - 2 кг K_2O ; в 100 кг сухої пасовищної трави відповідно – 2,5-3; 0,6-0,7 та 2,5 -3 кг, а при удобрюванні – 3-3,5; 0,8-1 та 3-3,5 кг. Дія добрив на продуктивність сінокосів та пасовищ у значній мірі визначається як типом кормових угідь, так і типом ґрунтів.

Наприклад, більш висока дія фосфорних добрив відмічається на луках, розміщених на торф'яних ґрунтах, а також на низинних луках, а низька – на суходільних та заплавних. Калійні добрива більш ефективні на осушених торф'яниках та низинних луках і здійснюють меншу дію на суходільних сухих. Слабка чутливість до азотних добрив спостерігається на сіяних луках та пасовищах, розміщених на окультурених торф'яниках, а також на луках та пасовищах з високим вмістом у травостой бобових рослин (30-50%). Найбільш висока дія фосфорно-калійних добрив відмічається в гірських районах. На сіяних луках та пасовищах дія добрив вища, ніж на природних кормових угіддях.

Необхідні матеріали:

- Мікрокосм з гнотом
- Газонна суміш типу «Індустріальна» (фото 8.4). Склад даної суміші найбільше наближений до структури типових лучних ценозів і включає такі види:
 - ❖ *Festuca rubra com.* L. (костриця червона звичайна) – 25%;
 - ❖ *Festuca rubra rubra* L. (костриця червона) – 25%;
 - ❖ *Poa pratensis* L. (тонконіг лучний) – 40%;
 - ❖ *Agrostis stenois* Sibth. (метлиця тонка) – 10%.
- Ножиці для зрізання трави

Інструкції до створення мікрокосмів:



1. Для постійного забезпечення мікрокосмів водою використовуйте гніт, як у роботі ЗемноВодна Колона (Розділ IV).
2. Акуратно підпушіть поверхню ґрунту грабельками для вазонів, залишаючи мілкі прямі борозни.
3. Газонну суміш у мікрокосм висійте з розрахунку 1 кг насіння на 25 м². Для цього розділіть насіння на 4 рівних частини і як можна рівномірніше засійте кожен ¼ площі. При посіві чвертями легше рівномірно розподілити насіння і менша ймовірність пропусків.

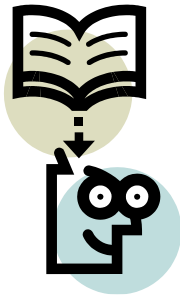
4. Застосуйте схему експерименту та дози добрив як у попередній роботі.
5. Після посіву трави, ґрунт у мікрокосмі один раз добре полийте дистильованою водою. Подалі ґрунт забезпечуватиметься водою через ґніт.



Інструкції до проведення експерименту:

1. Через місяць від посіву газонної трави зріжте зелену масу в усіх мікрокосмах.
2. Визначте сиру масу надземної частини для кожного варіанту.
3. Визначте абсолютно суху масу цих же зразків, висушивши їх в алюмінієвих бюксах до постійної маси у термостаті при температурі 105°C .
4. Розрахунок сухої маси проведіть як при визначенні сухої маси листків у моделі „Нетто”.
5. Визначте вміст нітратів у зеленій масі рослин за методикою, описаною в моделі “Удобрюване поле”.

Активізуючі запитання та завдання:



1. При застосування якого типу добрив на даному типі ґрунтів була одержана найбільша сира маса лучних рослин?
2. При застосування якого типу добрив на даному типі ґрунтів була одержана найбільша суха маса лучних рослин?
3. Чи співпадають варіанти з максимальною сирою та сухою масою рослин? Відповідь поясніть.
4. При застосуванні якого типу добрива в рослинах виявилась найменша кількість нітратів?
5. Чи збігаються види добрив, які сприяють найбільшій продуктивності та найбільшій екологічній безпеці лучних рослин на даному типі ґрунтів?



Фото 8.1



Фото 8.2



Фото 8.3



Фото 8.4

Модель «Косіння та удобрювання»

Потреба в добривах збільшується при багаторазовому скошуванні трав. Особливо гострою є ця проблема для кормових угідь на ґрунтах з низьким вмістом азоту. Метою роботи є дослідження інтенсивності виносу біогенних елементів з ґрунту лучними рослинами для наукової аргументації необхідності внесення добрив.

Необхідні матеріали:

- Мікрокосм з певним типом ґрунтів
- Гніт для водозабезпечення ґрунту
- Газонна суміш типу «Індустріальна».
- Ножиці для „скошування” газонної трави
- Усі реактиви та колби Кьельдаля для визначення азоту.

Інструкції до визначення вмісту загального азоту мікрометодом Кьельдаля:

Принцип методу. Матеріал озолують мокрим озоленням з сульфатною кислотою, а для прискорення мінералізації, крім того, додають пероксид водню. При мокрому озоленні азот звільняється в формі аміаку, який зв'язується з сульфатною кислотою з утворенням сульфату амонію.

Цей розчин нейтралізують лугом, внаслідок чого виділяється аміак. Потім додають реактив Неслера (K_2HgI_4), який з аміачним азотом утворює йодистий меркурій-амоній. Розчин набуває жовтого забарвлення, інтенсивність якого залежить від вмісту солей амонію. При високому вмісті азоту забарвлення буде оранжеве. На фотоколориметрі визначають оптичну густину розчину з застосуванням зеленим світлофільтра або на спектрофотометрі при 410 нм і потім за допомогою калібрувальної кривої розраховують вміст азоту в досліджуваній пробі.

Необхідні матеріали:

- Сульфатна кислота питомої ваги 1,84;
- 30% пероксид водню

- 25 % розчин сегнетової солі
- Реактив Неслера,
- 1н розчин NaOH
- Лакмусовий папір
- Колби Кьельдаля
- Мірні циліндри
- Електронні терези
- Мірні колби на 100 і 250 мл.

Мокре озолення

1. Зважте 0,5 г сухої проби рослинного матеріалу або 0,3 г ґрунту, помістіть у колбу Кьельдаля ємністю 250 мл.
2. Мірним циліндром у колбу долийте 10 мл концентрованої сульфатної кислоти (пит.вага1,84), обережно перемішайте (легким покачуванням колби), щоб наважка була змочена кислотою і залишіть на ніч.
3. Вміст колби нагрійте на електроплитці або піщаній бані. Через 20-30 хв. додайте 1-2 мл 30% пероксиду водню та продовжте нагрівання. Час від часу нагрівання припиняйте і після деякого охолодження в колбу додавайте невелику кількість 30%-го розчину пероксиду водню і знову нагрівайте до повного знебарвлення вмісту колби і одержання прозорого розчину.

Зв'язування кальцію та магнію в комплексні сполуки (для попередження випадання осаду при підлучуванні розчину)

4. По закінченню озолення вміст колби охолодіть та обережно розбавте дистильованою водою і перенесіть у мірну колбу на 250 мл, долийте до мітки дистильованою водою та добре перемішайте.
5. Після відстоювання візьміть піпеткою 10 мл розчину, помістіть у мірні колби на 100 мл, долийте 20-25 мл дистильованої води, 5 мл 25 %-го розчину сегнетової солі, киньте маленький шматочок лакмусового паперу та ретельно перемішайте.

Підлучування розчину

6. Проведіть нейтралізацію розчину. По краплях з бюретки додавайте 1н розчин NaOH до посиніння лакмусового

папірця, після чого об'єм розчину в колбі доведіть дистильованою водою до 80-90 мл. Закінчення нейтралізації визначте за посинінням лакмусового папірця.

Утворення йодистого меркурій-амонію

7. До добре перемішаного розчину додайте 4 мл реактиву Неслера, знову перемішайте, об'єм розчину доведіть до мітки (до 100 мл) дистильованою водою і ще раз перемішайте.
8. Через 15 хв. на фотоколориметрі виміряйте оптичну густину розчину (з зеленим світлофільтром) і розрахуйте вміст азоту за формулою:

$$C_N = C_x \cdot \frac{250}{V \cdot m}, \text{ де}$$

C_N - вміст азоту в 1 кг сухої проби, г

C_x – кількість мг азоту в 100 мл колориметрованого розчину, знайдена за калібрувальною кривою;

250 – загальний об'єм розчину, одержаний після мокрого озолення, мл;

V – об'єм, взятий у мірну колбу для колориметрування;

m - наважка сухої проби аналізованого матеріалу, г

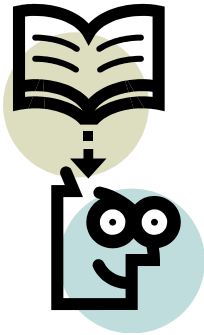
Для перерахунку даних на природну вологість їх множать на коефіцієнт гігроскопічності: $K_g = 100 - x / 100$, де x – відсоток вологості.



Інструкції до проведення експерименту:

1. Коли газонна трава досягне висоти 7 см, зробіть перший укіс і підріжте її до 5 см.
2. У зрізаній траві визначте вміст азоту за методом Кьельдаля.
3. Повторіть ще два рази усі операції.
4. Порівняйте вміст азоту в зеленій масі першого, другого та третього укусю.
5. Визначте вміст азоту в середньозмішаній пробі ґрунту на початку експерименту та по закінченню експерименту в шарі глибиною 1-2 см.

Активізуючі запитання та завдання



1. Побудуйте діаграму „Вміст азоту в рослинах залежно від кількості укосів”.
2. Чи простежується певна тенденція щодо зміни вмісту азоту в рослинах з кожним укосом. Який напрямок цієї тенденції?
3. Чи змінився вміст азоту в поверхневому шарі ґрунту протягом експерименту?
4. Чи потрібно вносити азотні добрива під кормові угіддя на досліджуваних вами ґрунтах? До якого типу відносяться ці ґрунти?

Розділ IX

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОСИСТЕМНОГО МЕТАБОЛІЗМУ ОЗЕР І СТАВКІВ

Модель «Світлих і темних пляшок»
(розроблена працівниками Інституту екології
Університету шт. Джорджія, США)

Екосистема визначена як живі (біотичні) компоненти даного місця поширення або території (угруповання) та абіотичне середовище цього місця поширення. Екосистемно-рівневий підхід приділяє особливу увагу біотично-абіотичним взаємодіям, а екологічне вивчення на цьому рівні часто пов'язують з реальними несподіваними властивостями, які характеризують екосистеми. Серед найбільш важливих з числа несподіваних властивостей - циклічний колообіг поживних речовин і енергетичний потік. Енергетичний потік через екосистему є спільним знаменником, у якому організми взаємодіють один з одним і з їх середовищем.

Енергія „входить” в екосистему через фотосинтез, в якому автотрофи захоплюють і використовують сонячну енергію, щоб створити органічні молекули з неорганічного карбону та поживних речовин. Ця енергія проходить через харчовий ланцюг або через харчову сітку. Гетеротрофний організм весь час споживає або рослину, або іншу тварину. Кожна наступна передача енергії включає розсіювання енергії, тому що другий закон термодинаміки говорить нам, що немає жодної реакції, яка б мала 100% ефективність. Фактично лише 10-20% енергії з даного трофічного рівня переноситься на наступний вищий трофічний рівень. Ця пропорція потенційної енергії реально доступної для перенесення називається трофічною ефективністю.

Простий спосіб подумати над цим поняттям – це визначити кількість енергетичних перетворень в екосис-

темі, використавши одиниці сонячної енергії. Якщо ефективність фотосинтезу 5%, то він забирає 100 одиниць сонячної енергії, щоб створити 5000 одиниць рослинної біомаси. Якщо трав'яне, яке їсть цю рослину, одержує 10% трофічної активності, то ці 5000 одиниць рослинної біомаси утворять лише 500 одиниць біомаси трав'яного. І плотоїдна тварина, яка з'їсть трав'яну, одержить лише 100 одиниць від біомаси від цих 500, якщо ця трофічна ефективність становитиме 20%. Решту 100 одиниць сонячної енергії, яка протікає через екосистему, розсіюється у вигляді тепла. Екосистемні екологи часто вимірюють ціло-системний метаболізм майже таким же шляхом, як організмові біологи вимірюють метаболічний коефіцієнт окремого організму. Це найбільш легко досягнути, спостерігаючи за перенесенням або кисню (O_2), або карбон діоксиду (CO_2), які безпосередньо зв'язані у фотосинтезі (автотрофний процес) і диханні (гетеротрофний процес). Оскільки значно легше виміряти O_2 , це найбільш часто розповсюджене вимірювання цілосистемного метаболізму. За визначений період часу чистий приріст кисню означає, що фотосинтез перевищує дихання і система є автотрофною, тоді як чиста втрата кисню означає, що дихання екосистеми перевищує фотосинтез і система є гетеротрофною. Усі системи, згідно дефініції, є гетеротрофними вночі. Якщо вони зв'язують більше карбону протягом дня, ніж вони поглинають протягом 24 годин, система є автотрофною сіткою.

Якщо ви зможете огородити вашу екосистему (у пляшці, або камері), то ви можете виміряти дихання екосистеми (R) як зміну кисню, або вночі або в темній огорожі, і ви можете виміряти чисту первинну продукцію (NPP) протягом дня в прозорій огорожі. Останнє є вимірюванням NPP, а не валової первинної продукції (GPP), яка є загальною кількістю карбону, який був зв'язаний фотосинтезом, оскільки у прозорій пляшці відбуваються як фотосинтез, так і дихання. Хоча, якщо ви можете припустити, що дихання у вашій темній та прозорій пляшках однакове, то ви можете визначити GPP як зміну

кисню прозорої пляшки + зміна кисню темної пляшки.

У сьогоднішній лабораторній ви будете використовувати цю техніку, щоб спостерігати екосистемний метаболізм у двох середовищах добре відомого вам Геннінгтонського ставу (*фото 9.2*). Ваша екосистема включатиме прозорі та темні пляшки, які ви заповните, герметично закриєте та витримаєте певний час (*фото 9.1*). Це відомо як експеримент світло-темної пляшки. NPP і R визначте за різницями:

$$NPP = [O_2 \text{ світло}]_{\text{кінцевий}} - [O_2 \text{ світло}]_{\text{початковий}}$$

$$R = [- [O_2 \text{ темнота}]_{\text{початковий}} - O_2 \text{ темнота}]_{\text{кінцевий}}$$



Фото 9.1

Зауважте, що щось не дуже вірно, якщо кінцева концентрація кисню у вашій світлій пляшці буде більшою, ніж початкова концентрація, в той час як кінцева концентрація кисню у ваших темних пляшках менша за початкову. Є не багато методів, які здебільшого використовують для вимірювання концентрацій кисню.

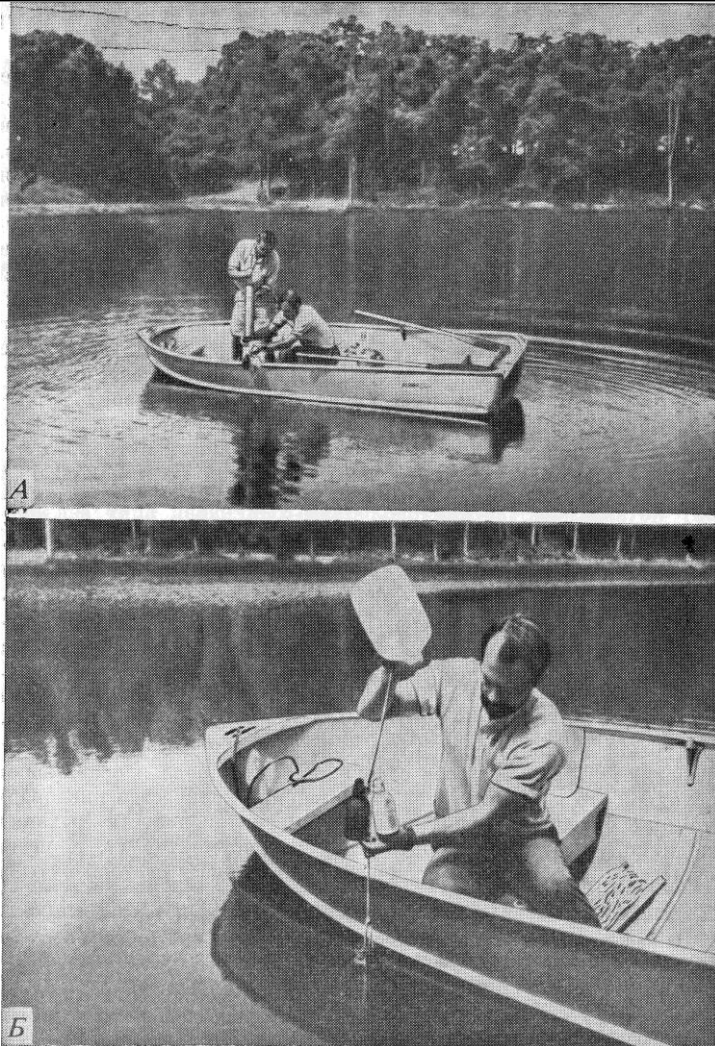


Фото 9.2. Визначення метаболізму ставка методом “світлих і темних пляшок”. **А.** Заповнення пари пляшок (світлої та темної) водою, взятої на певній глибині за допомогою батометра (циліндр з гумовими корками на обох кінцях). **Б.** Занурення пари пляшок на глибину, де були відібрані проби води. (Фото К.Кау для Інституту екології Університету шт. Джорджія)

Два найбільш часто використовуваних – титрувальний метод Вінклера та визначення кисню електродвимірjuвальними приладами. Для методу Вінклера використовуються хімічні реактиви, які зв'язують весь вільний кисень в пробі, це означає, що ви повинні пожертвувати зразками, але також означає, що ви одержите точну та реальну концентрацію кисню. Метод вимірювання кисню електродами використовує електроди типу золотих, щоб електрично оцінити кисневу концентрацію, базуючись на вимірюванні дифузії кисню через проникну мембрану, яка встановлена поверх електроду. Вимірювальні прилади повинні бути так відкалібровані, щоб знати концентрацію кисню, а найбільш надійний метод калібрування – це титрування за Вінклером. Для зручності і простоти сьогодні ви будете використовувати киснемір.

Ви будете використовувати цей експеримент світло-темної пляшки, щоб порівняти екосистеми між мілкими та більш глибокими зонами водного середовища Геннінгтонського ставу. Ви також спробуєте розділити NPP, GPP та R між двома угрупованнями первинних продуцентів – фітопланктоном і перифітоном. Щоб зробити це, ви повинні оцінити збагачення киснем простої води (з фітопланктоном) і збагачення киснем води + перифітон, узятій від обох середовищ.

При аналізі результатів важливо взяти до уваги компоненти Геннінгтонського ставу, які ви не включаєте в ці світло-темні пляшки.



Інструкції до проведення експерименту в природних умовах:

1. Сформулюйте декілька гіпотез, які ви можете перевірити на сьогоднішній лабораторній.
2. Надрукуйте таблиці для польових даних, пам'ятаючи про важливість зазначення точного часу зняття показників, концентрації

кисню, температури води, номерів пляшок, обробки зразка і місцезнаходження середовища.

3. Поділіться на групи і працюйте як бригади в полі. Робота повинна бути розділена так, щоб усі члени бригади набули практичний досвід виконання кожного аспекту заняття. Іншими словами, не давайте одній людині реєструвати результати цілого лабораторного завдання.
4. Переконайтесь, що у вас є все необхідне обладнання. Перед тим як вийти з лабораторії, прочитайте інструкції, які наведені нижче.
5. Після відбору зразків поверніться в лабораторію з вашим викладачем та об'єднайте результати від усіх бригад.

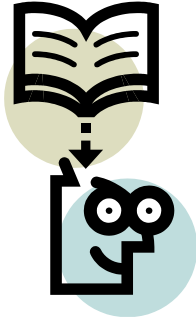


Інструкції до проведення експерименту в природних умовах:

1. Лабораторна група перед вами повинна була вже зробити початкові вимірювання в пляшках і встановити їх у відповідних місцях для інкубації.
2. Поверніть пляшки назад, ретельно закривши їх притертими скляними корками (ви ж не хочете генерувати будь-які пухирці в пляшках).
3. Зафіксуйте час і виміряйте концентрацію кисню та температуру води. Ваш лаборант дасть вам початкове значення концентрації кисню для всіх пляшок, коли ви повернетесь у лабораторію.
4. Тепер ви повинні встановити інкубацію для наступної лабораторної. Відзначте, які номери пляшок відповідають тому чи іншому збагаченню. Обережно додайте невеличку частину перифітону до відповідних пляшок. Зніміть показники початкового кисню та температури (і запишіть точний час зняття кожного). Обережно покладіть пляшки в місця, призначені для кожного середовища.
5. Тепер зробіть деякі виміри середовища, в яких ваші пляшки інкубувалися. Якщо можливо, виміряйте глибину води над вашими пляшками і зіставте з глибиною води ставка. Виміряйте прозорість води.

Зробіть декілька узагальнень про валову суму сонячної енергії протягом інкубації. Позначте ще те, що здається вам важливим.

Активізуючі запитання



1. Поясніть які процеси відбуваються в темних пляшках, а які— у світлих?
2. За якою хімічною сполукою можна визначити інтенсивність екосистемного метаболізму? Чи існують способи визначення цього показника за альтернативними сполуками?
3. Які організми характеризуються фотосинтетичною активністю у відібраних зразках води?

**АНГЛО-УКРАЇНСЬКИЙ СЛОВНИК
ДЛЯ ПЕРЕКЛАДУ ТЕКСТІВ ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСІВ
З ПИТАНЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОКОСМІВ**

about – приблизно
above - вище
active – активний
additional – додатковий
aid – допомога
alive – живий
allow – дозволяти, надавати, робити можливим
application – застосування
apply - спрямовувати
approach – наближення, підхід
appropriate – відповідний
arrange – розміщати
artificial – штучний, штучне добриво
assess – оцінювати
available – доступної
background – задній план, фон, походження, передумова, підготовка
base – основа
becoming – належний
bee – бджола
below – нижче, внизу
board – дошка, стіл
body cylinder – тіло циліндра
bottom – дно, низ, нижня частина
brace – закріплювати, з'єднувати
breed – потомство, нащадки, покоління
breeding – розведення
bugs – жуки (комахи)
cabbage – ріпа
cap – ковпачок, головка, верхівка
care – турбота, догляд, увага, обережність; турбуватися
careful – турботливий, дбайливий
cause – причина
certain – певний, деякий
chain – ланцюг
chamber – камера

change – зміна
chopsticks – палички для їжі (у китайців, корейців та японців).
chrysalis – лялечка
clue – ключ
collar – комірець, хомут, нашійник
collect – збирати, одержувати
column – колона, стовпчик
combine – об'єднувати, комбінувати, змішувати
common – загальний, простий, звичайний
companion – супроводжувати
compare – порівнювати
comparison – порівняння
complete – закінчувати, завершувати, комплектувати
completely – цілком, повністю
concept – поняття, ідея, загальне уявлення
condition – умова
connection – зв'язок, властивість
consume – споживати
cord – мотузка, шнур
currency – застосовність, розповсюдженість
cut – розрізати, різати, відрізати
cutting – зрізання
data – дані, інформація
deep – глибокий
defined – визначена
description – опис, зображення
discussion – обговорення, дискусія
dissecting – розсікати, розкривати, аналізувати
disturbed – порушений
duckweed – ряска
earthworms – земляні черви
earwigs – уховертки
eat – їсти, поглинати, жититися
ecosysytem – екосистема
either – один з двох, кожний з двох
emerge – появляться, виходити
emergent – несподівані
emphasize – надавати особливе значення, підкреслювати
ensure – забезпечувати
entire – повний, цілий
environment – середовище
equilibrium – рівновага
establish – устанавлювати, створювати

expect – очікувати, припускати, розраховувати, сподіватися
experience – досвід, пізнати на власному досвіді, випробувати
explore – досліджувати, вивчати
extension – розширення, продовження, розвиток
familiar – близький
feed – корм, харчування, харчуватися
feet – ноги
fertilizer – добриво
field – поле, лука
fine – високої якості, очищений, дрібний, тонкий
first-hand – отриманий з перших рук
fish – риба
fist – кулак, рука
flies – комахи
flow – потік
follow – іти слідом, додержувати (ся), дотримувати(ся)
fruit – фрукти
funnel – лійка
gather – збирати, здобувати
germinate – проростати
glue strip – клейова стрічка
goals – мета, задача
grain – грануляція, роздроблювати
gravel – гравій,
grow – рости, зростати
habitat – місце поширення, природне середовище, житло
hairdryer – фен
hatch – виведення; виводок, вилуплюватися з яйця,
heat – теплота, спека, нагрівати, розігрівати
herbivore – травоїдне
hip – стегно
hold – тримати
hole – дірка, отвір
hornwort – рогова трава
in the face of – всупереч
insert – вставка, вставляти
insoluble – нерозчинний
inter- між
interact – взаємодіють
interdependence – взаємозалежність
internal – внутрішній
inventory – опис, інвентар; предмети, внесені в інвентар;
інвентаризація; складати опис

invert – перевертати
investigate to - досліджувати
involve – включати в себе
keep – тримати, утримувати
labels – етикетки, бирки
large scale – крупний масштаб
larva – личинка
larvae – личинки
leave – вкриватися листям, залишатися в тому ж стані
lettuce – латук, салат
lid – кришка, ковпачок
lighthouse – маяк
likely – ймовірний, ймовірно
litter – підстилка
living – живі
local – місцевий
log – колода, деревина
long-term - довгостроковий
measure – міра, вимірювати, визначати
melt – розплавляти
might – енергія, сила, *минулий час від* : могли, мати можливість
mouth – горличко, рот, вхід,
myriad – незліченний
neck – шия
needle - голка
notice – помічати
numerous – численний
observe – спостерігати, вивчати
offer – пропонувати
offspring – нащадок, продукт, результат, плід
opportunity – нагода, зручний (слухний) випадок
option – вибір, право вибору
over – над, вище, через
over the entire – за повних
package – упаковувати
permanent – постійний, довгостроковий, перманентний
pin – шпилька, булавка, цвях
plant – рослина, саджати, устромляти, усаджувати, утискати
poke to – штовхати, тикати, протикати, пхати
ponder – обдумувати, роздумувати
pour – лити, вливати
preliminary – попередній, завчасний, підготовчий захід
present – присутній, наявний

progress – прогрес, розвиток, рух уперед, просування
properties – властивості
provide – давати, забезпечувати, заготовлювати, запасати
purchase – покупка, купувати
push – штовхати, проштовхувати;
qualitative – якісний
quantitative – кількісний
reach – складати, розмах, досягати, приходити до
rear – культивувати, вирощувати, виводити
record – записи, протокол, звіт, дані, факти
refer – звертатися, посилати, відсилати, направляти
remove – пересувати, переміщувати, знімати, забирати, видаляти
removing – звільнення, зняття
required – необхідний, обов'язковий
requires – вимагати, потребувати
resulting – походить внаслідок, виникати
rock – опора, камінь, кам'яний, качати, коливати, трісти
rotating – обертання
salt – сіль, засолення
sand – пісок, гравій
scale – драбина
scatter – розкидати, розсіювати
scissors – ножиці
screw – гвинт, болт, шуруп, пригвинчувати, загвинчувати
seam – шов
sediment – осад, осадова порода, відклад
seed – насіння
selective – відбірний, вибірковий
set – набір, комплект, серія, система
setting – оточення, регулювання, установка
share – поділитися, участь
shoulder – плече
sized – склеєний, проклеювати, шліхтувати
skewer – рожен
skin – оболонка
slowly – повільно
snails – равлики
soldering – iron – паяльник
source – ключ, джерело, першопричина, начало, виток
space – простір, площа
specific – специфічний, визначений, обмежений, видовий
specimen – зразок, екземпляр
sprout – рости

stabilize	–	стійкість
stage	–	стадія, період, етап
stick	–	ціпок, палиця, патик
stock	–	опора, ручка, приробляти ручку, постачати, забезпечувати, мати в наявності
string	–	прив'язувати, вішати, повісити, мотузка
subject	–	підлягати, зазнавати
successful	–	успішний, вдалий
suggest	–	пропонувати, припускати
supply	–	забезпечувати
survive	–	пережити, витримати, перенести, уціліти
sustain	–	підтримувати, підпирати, підкріпляти
tape	–	стрічка, тасьма
terrestrial	-	земний
thin	–	проріджувати
timing	–	узгоджена дія, синхронність
tip	–	вузький кінець
tool	–	робочий інструмент, різець
top	–	верхівка, верхній кінець
touching	–	контакт
track	–	відстежувати, напасти на слід, життєвий шлях, слідкувати, простежувати
trait	–	ознака
transferred	–	переноситься
treatment	–	оброблення, обробка
turnip	–	ріпа, „дибулина”
topsoil	–	орний шар ґрунту
unit	–	частина, блок, вузол, елемент, з'єднувати, об'єднувати
variation	–	зміна, різновид, варіант
vary	–	мінатися, змінюватися
viable	–	життєздатний
view	–	огляд, поле зору
while	–	тоді як, поки
wick	–	гніт
within	–	у межах

ПІДСУМКОВИЙ ТЕСТ-КОНТРОЛЬ З ПРОЙДЕНОГО КУРСУ

№ п/п	Запитання	Варіанти відповідей
1.	Яку головну перевагу мають мікрокосми?	1. Вони мають чіткі межі 2. Вони виготовляються з пластикових пляшок 3. Їх легко переносити
2.	Гнотобіотичні мікрокосми – це ...	1. Вмонтовані у пляшки фрагменти природи 2. Системи, які містять комбінацію видів, створену експериментатором за власним бажанням
3.	Який вчений вперше запропонував використати пляшкову систему для моделювання процесів у наземних екосистемах?	1. Ван Воріс 2. Ю.Одум 3. С. Ніксон
4.	Коли і де була створена перша мезоекосистема?	1. У м. Красноярськ (Росія) в 1973 році 2. У м. Оракл (США) в 1973 році
5.	Яка була вартість першої мезоекосистеми?	1. 1 млн. доларів 2. 30 млн. доларів 3. 6 млн. доларів
6.	Із скількох людей складався екіпаж першої мезоекосистеми?	1. 3-х 2. 6-х 3. 2-х
7.	Який герметизований об'єм мав „Біос-3”?	1. 1500 м ³ 2. 300 м ³ 3. 20 м ³
8.	Коли і де була створена „Біосфера-2”?	1. У м. Оракл (США) в 1973 році 2. У м. Красноярськ (Росія) в 1973 році 3. Інша відповідь
9.	Яка вартість „Біосфери-2”?	1. Понад 150 млн. доларів 2. 100 млн. доларів 3. 50 млн. доларів

10.	Із скількох людей складався екіпаж „Біосфери-2”?	1. 4-х 2. 6-х 3. 8-ми
11.	Скільки років знаходились члени екіпажу в „Біосфері-2”?	1. 1 рік 2. 2 роки 3. 3 роки
12.	Скільки біомів було в „Біосфері-2”?	1. 1 2. 7 3. 4
13.	Які негативні явища спостерігались у „Біосфері-2”?	1. Перенаселення 2. Над пустелею випадав дощ 3. Розвелось багато мурашок 4. Не був передбачений вітер 5. Зменшення вмісту кисню 6. Усі перелічені вище
14.	Який герметизований об'єм мала „Біосфера-2”?	1. 300 м ³ 2. 203 760 м ³ 3. 1000 м ³
15.	Яку технологію запатентували члени експедиції „Біосфера-2” по завершенню проекту?	1. Технологію створення вдосконалених мезокосмів 2. Технологію створення мініатюрних замкнених біологічних аквасистем 3. Технологію створення наземних мікрокосмів
16.	Яким чином забезпечується зволоження ґрунту в моделі «ЗемноВодна Колона»?	1. Завдяки гноту. 2. Завдяки автоматизованому поливу 3. Завдяки ручному поливу
17.	Як взаємодіють між собою лялечка <i>Pieris rapae</i> та ріпа?	1. Лялечка <i>Pieris rapae</i> харчується листками ріпи 2. Лялечка <i>Pieris rapae</i> харчується нектаром ріпи 3. Лялечка використовує ріпу як помешкання
18.	Як взаємодіють між собою дорослий метелик <i>Pieris rapae</i> та ріпа?	1. Дорослий метелик використовує ріпу для відкладання яєць. 2. Дорослий метелик харчується листками ріпи.

19.	Скільки моделей входять у систему моделей «Ріпа та Метелик»?	1. 3 2. 2 3. 4
20.	Для чого призначений „Розсадник Хрестоцвітих” у системі моделей «Ріпа та Метелик»?	1. Для вигодовування лялечок білана ріпакового 2. Для одержання великої кількості насіння 3. Для вигодовування личинок білана ріпакового
21.	Що являє собою „бджолина палиця”?	1. Мертва бджола насаджена на зубочистку 2. Жива бджола насаджена на зубочистку 3. Пензлик
22.	Що являють собою „інкубатори яєць” в моделі «Мати знає краще»?	1. Розсадник Хрестоцвітих 2. Розсадник ріпи 3. Пластикові контейнери з живими листками
23.	Які розчини застосовуються в моделі «Сіль Землі»?	1. Дистильована вода, 2. 2%-ний сольовий розчин 3. 4%-ий сольовий розчин 4. Усі перелічені вище
24.	Які організми застосовуються як фактори природного добору в моделі «Селективне травоїднє»?	1. Личинки білана ріпакового 2. Лялечки білана ріпакового 3. Дорослий метелик
25.	Як називається модель мікрокосму, розроблена Ерікою Касік і Пеггі Перс з університету Монтана, США?	1. «Неекосистема чи екосистема?» 2. «ЕкоКолона» 3. «Ecosocolumn Lab»
26.	Який дослідник уперше застосував термін „кислотний дощ”?	1. Вітчизняний дослідник Г.М. Ількун 2. Американський дослідник Ю.Одум 3. Англійський дослідник А. Сміт

27.	В якому році був підписаний Кіотський протокол, яку назву він має?	1. У 2003 р. – ”Про транс-кордонне перенесення забруднювачів” 2. У 1997 р. – ”Про обмеження емісії парникових газів до 2008-2012 рр.”
28.	З якого року за ініціативи Європейської економічної комісії ООН. розгорнуті масштабні дослідження стану лісів?	1. З 1970 р. 2. З 1986 р. 3. З 2005 р.
29.	Які компоненти використовуються для імітації кислотного дощу в мікрокосмах?	1. Сульфатна кислота 2. Нітратна кислота 3. Хлорна кислота
30.	Яким способом можна імітувати наслідки озонових дірок у мікрокосмах?	1. Опроміненням ультрафіолетовими лампами ДРБ8-1 2. Нагнітанням у мікрокосми різних концентрацій озону
31.	Скільки візуальних ознак використовується для визначення індексу чутливості деревних порід у мікрокосмах?	1. 15 2. 10 3. 50
32.	Який показник застосовується для порівняння продуктивності видів рослин при їх сумісному існуванні за імітації чинників глобальної кризи в мікрокосмах?	1. Індекс чутливості 2. Коефіцієнт конкурентної потужності
33.	На визначення якого показника	1. Валової продукції 2. Чистої первинної продукції

	спрямована модель «Нетто»?	
34.	Яким має бути інтервал між зважуваннями при визначенні інтенсивності транспірації рослин?	1. Не повинен перевищувати 5-6 хвилин 2. Не повинен перевищувати 1 годину 3. 10 хвилин
35.	Яку роль виконує СОД в АО захисті?	1. Забезпечує реакцію дисмутації супероксидних аніонів 2. Знешкоджує пероксид водню 3. Знешкоджує гідропероксиди ліпідів
36.	Які показники оцінюються в моделі «Удобрюване поле»?	1. Енергія проростання 2. Схожість насіння 3. Вміст нітрат-іонів
37.	Яким методом пропонується визначати вміст нітратів у рослинах у моделі «Удобрюване поле»?	1. Потенціометричним 2. Спектрофотометричним 3. Методом титрування
38.	Який із видів рослин не входить до складу газонної трави типу “Індустріальна”, що застосовується в моделі «Удобрюване поле»?	1. Костриця червона 2. Грястиця збірна 3. Тонконіг лучний 4. Мітлиця тонка
39.	Які показники застосовуються для оцінки ефективності добрив у моделі «Удобрюване поле»?	1. Суха маса 2. Сира маса 3. Вміст нітратів 4. Енергія проростання насіння
40.	Динаміка якого показника досліджується при застосуванні моделі «Косіння та удобрення»?	1. Вмісту азоту в скошеній траві та ґрунті 2. Чистої первинної продукції 3. Сухої маси

ЗМІСТ

Від авторів	3
Розділ I. Поняття про штучні екосистеми та їх типи	7
Розділ II. «Біос-3» та «Біосфера-2»	14
Розділ III. Технологія виготовлення пляшкових систем	27
Розділ IV. Дослідження взаємодії «організм-середовище»	38
Модель «ЗемноВодна Колона».....	39
Система моделей «Ріпа та метелик».....	44
Модель «Життєві цикли Ріпи і Метелика».....	45
Модель «Бджола чи не бджола».....	66
Модель «Як це солодко».....	67
Модель «Мати знає краще».....	69
Розділ V. Дослідження популяцій: поліморфізм, природний добір та динаміка	72
Система моделей «Польова Популяційна Система».....	72
Модель «Оцінювана зміна».....	76
Модель «Сіль Землі».....	79
Модель «Селективне травоїдне».....	81
Розділ VI. Формування уявлень про екосистему	85
Модель «EcoCit».....	85
Модель «Від неекосистеми до екосистеми».....	87
Модель «Еко Колона».....	89
Модель «Ecosocolumn Lab».....	90

Модель «Есо Column».....	93
Модель «Моніторинг екосистем».....	95
Розділ VII. Прогнозування змін лісових екосистем за імітації чинників глобальної екологічної кризи.....	99
Система моделей «Ліс і глобальна криза».....	108
Модель «Візуальна чутливість».....	119
Модель «Зміна біомаси та приросту».....	123
Модель «Хто кого?».....	130
Модель «Брутто».....	132
Модель «Нетто».....	136
Модель «Схуднення за п'ять хвилин».....	139
Модель «Листкові диски».....	144
Модель «Адаптація чи виснаження?».....	145
Модель «Пролін і стрес».....	162
Розділ VIII. Оцінка ефективності та безпечності різних типів добрив для агро- та лучних ценозів.....	165
Модель «Удобрюване поле».....	168
Модель «Удобрювана лука».....	171
Модель «Косіння та удобрювання».....	176
Розділ IX. Дослідження екосистемного метаболізму озер і ставків.....	180
Модель «Світлих і темних пляшок».....	180
Англо-український словник для перекладу текстів Інтернет-ресурсів з питань застосування мікрокосмів	187
Підсумковий тест-контроль з пройденого курсу	193

Навчальне видання

Руденко Світлана Степанівна
Костишин Степан Степанович
Ситнікова Ірина Олександрівна

Штучні системи в екології

Навчальний посібник

Літературний редактор
Комп'ютерна верстка

Дизайн обкладинки

*О.В. Лупул
С.С. Руденко,
І.О. Ситнікова
М.М. Гостюк*

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК №891 від 08.04.2002 р.

Підписано до друку 28.12.2006. Формат 60х84/16.

Папір офсетний. Друк офсетний. Умов. друк. арк. 10.94.

Обл.-вид. арк. 11,76. Зам. 114-п. Тираж 300.

Друкарня видавництва "Рута" Чернівецького національного університету
58012, Чернівці, вул. Коцюбинського, 2.