



Наталія Романюк



ЕНЕРГІЯ І ЖИТТЯ

ДИХАННЯ РОСЛИН

Перше, що ми зазвичай дізнаємося про рослини на уроках природознавства – це те, що вони постачають нас киснем і очищають повітря від вуглекислого газу. Так, справді, рослини в процесі фотосинтезу використовують CO_2 для синтезу цукрів і виділяють кисень. А як же дихання? Чи дихають рослини?

Рослини так само, як і ми з вами, належать до аеробних організмів, а це означає, що для їхньої життєдіяльності потрібен кисень. У рослинних клітинах, як і в клітинах інших ядерних організмів, є „енергетичні станції” – мітохондрії. Для чого?

Міркуймо так: процес фотосинтезу здійснюється лише вдень з використанням енергії Сонця. Звідки рослини отримують енергію вночі, коли фотосинтез неможливий? Що відбувається взимку, коли листопадні дерева скидають свої зелені листки? Невже життя рослини зовсім завмирає? Ні! Процеси життєдіяльності здійснюються тоді лише за рахунок енергії, яка виділяється в процесі дихання. У процесі дихання органічні речовини (як правило, вуглеводи) „згоряють” у мітохондріях з використанням кисню. Синтезується енергетична валюта клітин – АТФ, утворюються вода та вуглекислий газ, а частина енергії виділяється у формі тепла.

Отже, фотосинтез у рослин відбувається лише на світлі, а дихання – 24 години на добу! Фотосинтез здійснюють лише зелені частини рослин, а дихають усі її частини!

Частина 1





Продихи голочки ялини сибірської

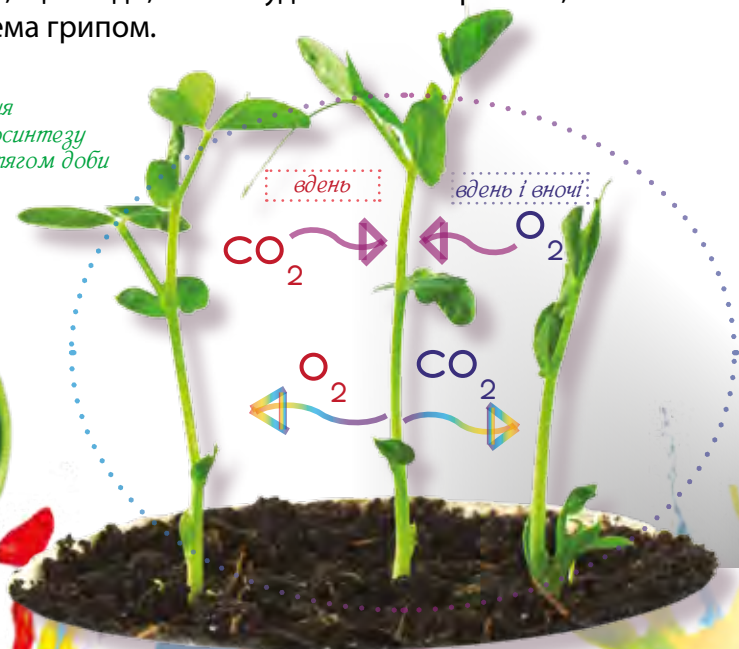


Продихи листка лаванди

Удень, коли фотосинтез і дихання здійснюються одночасно, кількість кисню, що утворюється, зазвичай перевищує кількість виділеного вуглекислого газу. Уночі в повітря виділяється лише вуглекислий газ. Саме з цим пов'язано існування хибних уявлень про рослин-вампірів, які відбирають енергію (це пояснюють надмірним споживанням кисню і виділенням вуглекислого газу). Та чи доводилося вам ночувати колись у лісі в наметі? Напевно, що дихалося легко і ніхто не відчув нестачі кисню. Треба розуміти, що кількість виділеного рослиною вуглекислого газу чи поглинутого кисню вночі незначна, порівняно з тією кількістю кисню, яку вона виділяє вдень. Насправді люди, дихаючи, виділяють значно більше вуглекислого газу, ніж рослини. Для того, щоб утворилося стільки вуглекислого газу, скільки його виділяє звичайна людина, треба би було майже 10 000 кг рослин! Якщо у вашій спальні їх саме стільки – відчиняйте двері і вікна. Стільки немає? Спійть спокійно!

Отже, кімнатні рослини – чудові постачальники кисню, особливо у зимовий період. Багато з них мають бактерицидні властивості, а один з кращих способів очищення повітря – правильне озеленення кімнати, зокрема використання рослин, які виділяють фітонциди (природні антибіотики). Встановлено, що люди, в яких удома багато рослин, набагато рідше хворіють, зокрема грипом.

Співвідношення процесів фотосинтезу і дихання протягом доби



ВІД ЧОГО ЗАЛЕЖИТЬ ДИХАННЯ РОСЛИН?

Дихають усі частини рослин: листки, стебла, корені і навіть квіти. Цікаво, що корені дихають слабше, ніж фотосинтезуючі листки. А пелюстки квітів (видозмінені листки) дихають у 18–20 разів активніше, ніж листки. Листяні дерева дихають активніше, ніж хвойні, а у рослин посушливих земель – сукулентів – швидкість дихання дуже низька.

Інтенсивність дихання залежить від багатьох чинників: пори року, періоду доби, температури, інтенсивності освітлення та ін.

Загалом у процесі розвитку клітин, тканин, органів рослин інтенсивність дихання спершу зростає, досягає максимуму на час найбільшої швидкості росту, а потім поступово знижується. Людина також найбільше енергії потребує в період активного росту. Молоді дерева витрачають третину добових продуктів фотосинтезу на дихання. Частини рослин, що завершили ріст (старі листки, стебла, деревина чи дозріле насіння) мають невисоку інтенсивність дихання, але вона ніколи не падає до нуля. У рослин також бувають періоди короточасного і значного посилення дихання. У соковитих плодів перед повним дозріванням відбувається тимчасове (2–3 дні) активування дихання – клімактеричний підйом дихання. Прикладом прояву активного дихання рослин є високий вміст вуглекислого газу (до 13 %, у нормі – 0,03 %) в атмосфері елеваторів, де зберігають зерно. Внаслідок дихання утворюється вода, яка зволожує насіння, та виділяється тепло. Дихати в таких приміщеннях дуже важко. Температура насіння на елеваторах може досягати +60–90 °С, і тоді насіння „горить” і втрачає здатність проростати.

Дихання залежить і від атмосферного тиску. Американський біолог Френк Браун виявив, що дихання в клітинах вічок бульб картоплі посилюється за зростання атмосферного тиску і навпаки. Вічка картоплі на дві доби раніше, ніж барометр „передбачають” зміну погоди. Перед дощем, тобто за зниження тиску, вони затамовують подих.



Продихи латаття



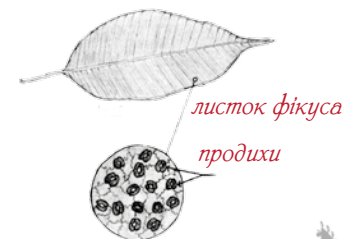
Дихання рослин відбувається за різних температур: від -25°C до $+50-60^{\circ}\text{C}$. Для більшості рослин мінімальна температура дихання становить 0°C . У проміжку температур від 0°C до 30°C з підвищенням температури на кожні 10°C інтенсивність дихання зростає аж у 2 рази. За температур понад $40-50^{\circ}\text{C}$ дихання сповільнюється. Високі температури – одна із причин посиленого дихання тропічних рослин, які „спляють” $70-80\%$ добових продуктів фотосинтезу.

Найсприятливіша температура для дихання $35-40^{\circ}\text{C}$, для фотосинтезу вона нижча на $5-10^{\circ}\text{C}$. Тому за високих температур рослина інтенсивно витрачає органічні речовини, а їхній синтез майже припиняється, що призводить до зниження врожаю багатьох видів рослин.

Що відбувається з рослинами взимку? Чи дихають вони тоді? Так, рослини продовжують дихати! Літніх запасів вуглеводів цілком достатньо для того, щоб пережити зиму та відновити ріст навесні. Бруньки плодових дерев дихають за -14°C , а хвоя сосни – навіть за -25°C !

Посилюються процеси дихання у рослин, уражених хворобою. Професор Каліфорнійського університету С. Е. Ярвуд вимірював температуру листків рослин, інфікованих вірусом або грибом, і порівнював її з температурою здорової рослини. Температура хворих частин рослини підвищувалася аж на 2°C ! Чи ж не нагадують вам рослини хворих дітей? Пригадайте себе із температурою $38,6^{\circ}\text{C}$! Підвищена температура у стійких до захворювання рослин триває довше, ніж у нестійких. Виявляється, що в таких умовах у клітинах синтезуються захисні фенольні сполуки, отруйні для збудників хвороби. Посилено дихають і поранені рослини, що теж призводить до помітного підвищення їхньої температури в ділянках ушкодження.

Дихання – це не лише процес постачання енергії для росту і розвитку рослинного організму. Від дихання залежить поглинання води і поживних мінеральних елементів. На проміжних етапах дихання утворюються сполуки (органічні кислоти, цукри), що використовуються у різних реакціях обміну речовин. У посушливих умовах вода, що виділяється під час дихання, може вберегти рослину від зневоднення! Схоже до механізмів забезпечення водою верблюда, правда?



ЯК ДИХАЮТЬ РОСЛИНИ?

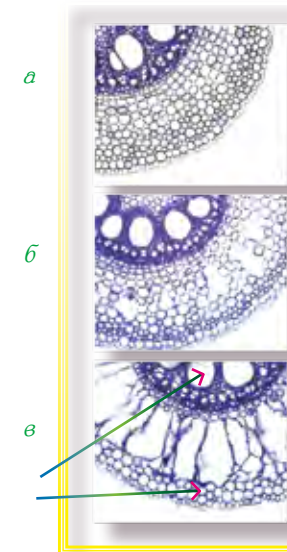
Рослини не мають спеціальних органів дихання, схожих на наші легені. Кисень надходить до них крізь природні отвори. Окрім цього, рослини використовують той кисень, що утворюється в процесі фотосинтезу.

Надземні частини рослин отримують кисень з повітря безпосередньо через пори. Пори в листках – це продихи, пори на гілках дерев – сочевички. Як правило, продихи містяться з нижнього боку листочка. Вони утворені особливими замикаючими клітинами продиха, які містять зелений пігмент хлорофіл. Через продихову щілину в листочок надходить повітря і випаровується волога. На листочках водних рослин, листки яких плавають на поверхні води (наприклад, латаття), продихи розміщені лише на верхній поверхні листка. Кількість продихів на 1 мм^2 листка в середньому становить 300! Найменше продихів виявлено у листках традесканції – 14 на мм^2 , а найбільше – у листках дуба болотяного – 1200 на мм^2 . Корені рослин теж мають пори.

На берегах Південно-Східної Азії, Океанії, Австралії, Мадагаскару, Екваторіальної Африки на межі моря і суходолу ростуть мангрові рослини. До них належать приблизно 40 видів дерев і кущів, що пристосувалися до припливів, під час яких вони до верхівки крони занурюються у воду. Мангри називають рослинами-амфібіями. Під час відпливу оголюється мулистий



Продихи листка дуба



Переріз коренів кукурудзи за нормальних умов (а), помірної (б) та сильної (в) нестачі кисню (гіпоксії). Стрілочками показано міжклітинники аеренхіми

ґрунт, пронизаний коренями і майже без кисню. Як же мангрові рослини виживають у таких умовах? Мангри отримують кисень за допомогою особливих дихальних коренів-пневматофорів, які, на відміну від звичайних, ростуть угору, мають пористу будову і великі міжклітинники, заповнені повітрям. До умов нестачі кисню пристосовані і листки таких рослин. Так, авіценнія – рослина, названа на честь давнього перського вченого-енциклопедиста, лікаря і філософа Авіценни, – під час припливу майже уся вкривається водою, а нижня поверхня її листків густо опушена. Під водою між волосками затримуються пухирці повітря, кисень якого рослина використовує під час затоплення. А корені авіценнії – це прямостоячі вирости, що піднімаються на 20–25 см над поверхнею ґрунту. Завдяки добре розвинутій системі міжклітинників повітря легко надходить у корені.

Пневматофори є не лише у мангрів, але й у рослин, що ростуть на прісноводних болотах тропічних і помірних широт. У Новій Гвінеї вони є у ротангової пальми, яку використовують для виготовлення меблів.

Стебла цієї ліани досягають іноді 200–300 м. У Північній Америці пневматофори є у болотного кипариса – дерева, що виростає до 35–45 м з діаметром стовбура до 2 м. Циліндричні пневматофори цього дерева виступають над поверхнею ґрунту, особливо у рослин, які ростуть неподалік від води. На болоті люди можуть ступати по пневматофорах, як по бруківці. Мексиканці влаштовують у них вулики.





ЧИ МОЖУТЬ РОСЛИНИ ЖИТИ БЕЗ КИСНЮ?

У повітрі міститься приблизно 21 % кисню. Цього цілком достатньо для нормальної життєдіяльності рослин. Правильний догляд за рослинами сприяє нормальному диханню. Регулярно мийте або протирайте листочки від пилу. Але пам'ятайте, що з опушеними листочками робити це потрібно дуже обережно, бажано використовувати спеціальний пензлик.

Є випадки, коли рослини опиняються в умовах нестачі кисню. Найчастіше ця проблема стосується коренів. У добре аерованому ґрунті кисню трохи менше, ніж у повітрі – 7–12 %, у погано обробленому його вміст знижується до 2 %.

Пневматофори – дихальні корені, які виступають з води

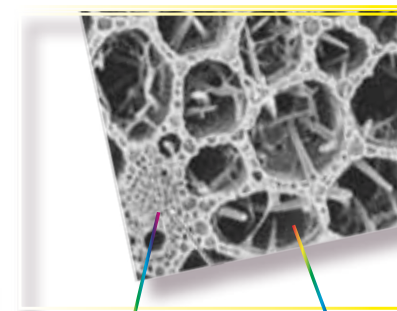
Власне тому не варто переполювати кімнатні рослини. Блокування доступу повітря до коренів призводить до того, що рослина буквально тоне у воді; загнивають корені, листочки опускаються і жовкнуть. Як зарадити такій ситуації? Вийміть рослину з горщика, очистіть від ґрунту, промийте і огляньте корені. Якщо вони міцні й неушкоджені, пересадіть рослину у горщик зі свіжою, ледь зволоженою землею. На дно горщика насипте керамзит чи дрібні глиняні черепки (дренаж), що сприятиме кращому газообміну коренів. Помістіть горщик у затінене місце подалі від прямих сонячних променів і поливайте лише тоді, коли верхній шар ґрунту підсохне вглиб на кілька сантиметрів.

Ще менше кисню у дуже заболочених ґрунтах. У них корені пошкоджуються, відмирають, і ріст рослин сповільнюється або й зовсім припиняється. Мімоза сором'язлива, яка здатна моментально складати свої листочки у відповідь на дотик, в анаеробних умовах ціпеніє і не реагує на жодне подразнення.

Видатний французький учений Луї Пастер показав, що рослини у середовищі без кисню утворюють не лише CO_2 , але й спирт. У природних умовах це можливо при вимоканні. Спирт виявляють навіть у воді біля рослин. Внаслідок частих розливів у басейні ріки Амазонки утворюються непроточні дрібні водойми, які дуже добре прогріваються і освітлюються. Затоплені рослини таких водойм перетворю-



Аеренхіма стебла латаття жовтого (Nuphar lutea) Кисень рухається до затоплених частин рослини великими повітряними ходами, утвореними міжклітинниками



клітини

повітряні ходи

ють цукри на спирт – відбувається процес бродіння. Місцеві жителі навчилися використовувати таку „воду” для приготування напоїв. Деякі види амазонських риб переходять до нересту лише тоді, коли у водоймах є певна кількість спирту. Незначні кількості спирту є у плодах яблук, мандаринів та ін.

Однак деякі рослини, які живуть в умовах постійного затоплення, пристосувалися до нестачі кисню. Так виникли дихальні корені або пневматофори у рослин мангрових заростей. Знайомий вам ситник має особливу тканину – аеренхіму, для якої властиві великі міжклітинники, заповнені повітрям. Аеренхіма утворюється і у коренях інших рослин у відповідь на нестачу кисню (див. мал.), формуються додаткові корені, які значно товстіші, мають добре розвинену аеренхіму і забезпечують процеси дихання.

Учені встановили, що рогіз, верба, інші болотні рослини в умовах нормального забезпечення киснем дихають у 2–3 рази слабше, ніж рослини, не пристосовані до кисневого дефіциту (горох, квасоля, пшениця чи тополя). Знижена інтенсивність дихання пов'язана з їхньою низькою потребою у кисні. Вміст цукрів у їхніх коренях вищий, а витрати за нестачі кисню економніші.

Цікаво, що болотні і водні рослини в умовах анаеробіозу нагромаджують не етиловий спирт, а менш отруйні для рослини молочну і яблучну кислоти. Таким чином, водні і болотні рослини пристосувалися до нестачі кисню двома способами: шляхом зміни обміну речовин і особливої будови. Незважаючи на корисні пристосування, тривала нестача кисню шкодить навіть таким рослинам. Проте завдяки аеренхімі та пневматофорам вони успішно заселяють субстрати, на яких інші організми не можуть рости.

