НАТАЛІЯ РОМАНЮК

ЯК РОСЛИНИ „БАЧАТЬ" СВІТ?

Частина 2

Таємниця фототропізму

Ростом рослин керують фітогормони. Ауксин, зокрема, визначає видовження клітин. Ось як пояснює реакції фототропізму гормональна теорія тропізмів Холодного–Вента, один із авторів якої – Микола Григорович Холодний, наш всесвітньо відомий співвітчизник. Рослини, рівномірно освітлені з усіх боків, ростуть прямо до сонця, оскільки ауксин рівномірно розподіляється по всьому проростку. Але коли світло надходить збоку, відбувається щось цікаве. Більше ауксину зосереджується на затіненому боці рослини, і, як наслідок, затінені клітини ростуть швидше, а на сонячному боці розмір клітин майже не змінюється. Це й призводить до того, що рослина росте і нахиляється у напрямку до світла (мал. 1).

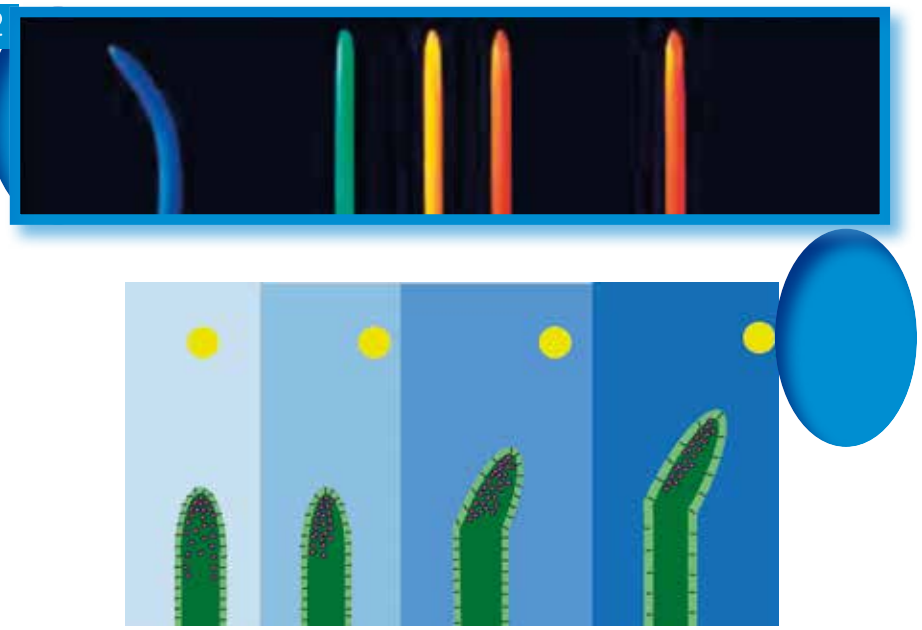
Фототропізм: як це працює — Мал. 1

Зовсім інакше ауксини діють на клітини деяких коренів (проростків, додаткових коренів, повітряних), яким властивий негативний фототропізм. У коренях затінений бік містить більше ауксину, але росте він повільніше, ніж освітлений бік. Тому корінь повертається й росте у протилежному від джерела світла напрямку.

Завдяки Чарльзу Дарвіну та сучасній науці нарешті була частково розкрита таємниця фототропізму.

А як рослини розрізняють кольори? Наприкінці XIX століття колега Дарвіна, німецький учений Юліус фон Сакс показав, що проростки канаркової трави, які досліджував Дарвін, під дією синього світла вигинаються, а червоного – ні (мал. 2). Мабуть, ти знаєш про кольорову сліпоту людини і здогадуєшся, як це впливає на якість життя людини із таким захворюванням. А тепер уяви собі, якою буде поведінка чи відповідь рослини, якщо вона не розрізнятиме кольорів!

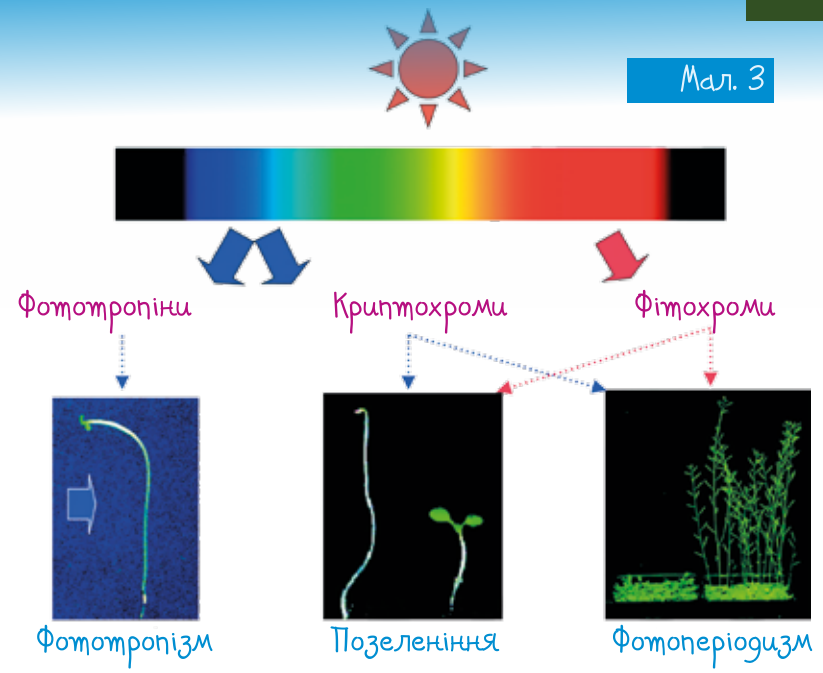
Мал. 2



Дослід із проростками вівса. Рослини освітлювали монохроматичним світлом (синім, червоним, оранжевим та зеленим). Фототропізм спостерігали лише за дії синього світла. Фототропізм – це реакція саме на синє світло, яке сприймають рецептори фототропіни.

Тепер ми знаємо, що „зір" рослин, їхня здатність розрізняти світло й темряву, реакція на колір, інтенсивність, напрямок освітлення і його тривалість можлива завдяки особливим молекулам-рецепторам: фітохромам, фототропінам та криптохромам (мал. 3). Це білки, до яких приєднані світлочутливі пігменти.

Мал. 3



Фототропіни – це рецептори світла в мембранах клітин верхівки рослини, що відповідають за фототропічну реакцію. Фототропіни чутливі до синьо-фіолетового світла (~450 нм). Вони вловлюють його і запускають каскад реакцій, які завершуються зміною розподілу фітогормона ауксину. Це спричиняє швидший ріст клітин із затіненого боку і вигин рослини до світла.

Рослини „бачать" червоне світло рецепторами, які називають фітохромами. Фітохром – це своєрідний світлоактивний перемикач: при червоному світлі він змінює свою будову і набуває здатності вловлювати більш довгохвильове (далеке) червоне світло; а під час опромінення далеким довгохвильовим червоним світлом він повертається знову до форми, чутливої до червоного світла менших довжин хвиль. Це має дві дуже важливі функції:

1) рослини „засинають" наприкінці дня, тому що під час заходу сонця переважає довгохвильове червоне світло, і знову „прокидаються" вранці, коли червоної складової у сонячному світлі достатньо для ввімкнення фітохромів;

2) рослини відчувають, коли вони опиняються в тіні. Хлорофіл, основний пігмент для фотосинтезу, поглинає короткохвильову складову червоного світла. Тому рослина, затінена сусідами, „бачить" більше довгохвильового червоного світла, ніж тоді, коли вона росте на відкритому сонячному світлі. Це безпосередньо впливає на активність фітохромів, що призводить до швидкого росту рослини в напрямку до джерела світла.

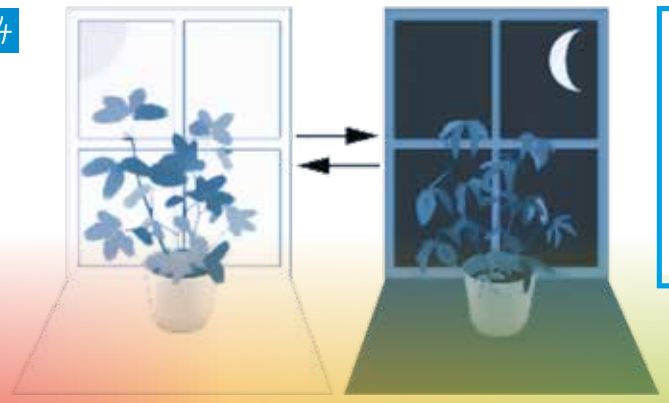
Сон молодих рослин гледичії. Коли темніє, рослина згортає свої листки і опускає їх. Така реакція залежить від сприйняття червоного і синього світла за участі фітохромів і криптохромів.

У тварин не виявлено ні фототропінів, ні фітохромів. Однак є один тип фоторецепторів, спільний для рослин і тварин, – криптохроми. У денний час криптохроми в клітинах поглинають синє й ультрафіолетове світло, використовуючи цей сигнал для встановлення внутрішнього годинника або циркадного ритму. Слово „циркадний" (від лат. *„circa"* – навколо, *„diem"* – день) означає „близько доби". У рослин циркадний годинник регулює багато процесів, зокрема рухи листків і фотосинтез. Це допомагає рослинам визначати час доби і період року.

У людини криптохром міститься в сітківці ока і теж керує добовими ритмами її життєдіяльності.

Циркадний ритм – це ритм, який повторюється кожні 24 години. Рослини і тварини мають ці вбудовані цикли, які дозволяють їм квітнути в потрібний час, спати в потрібний час і т. д. (мал. 4). Вивченням біологічних ритмів (добових, припливних, тижневих, сезонних та річних) займається хронобіологія.

Мал. 4



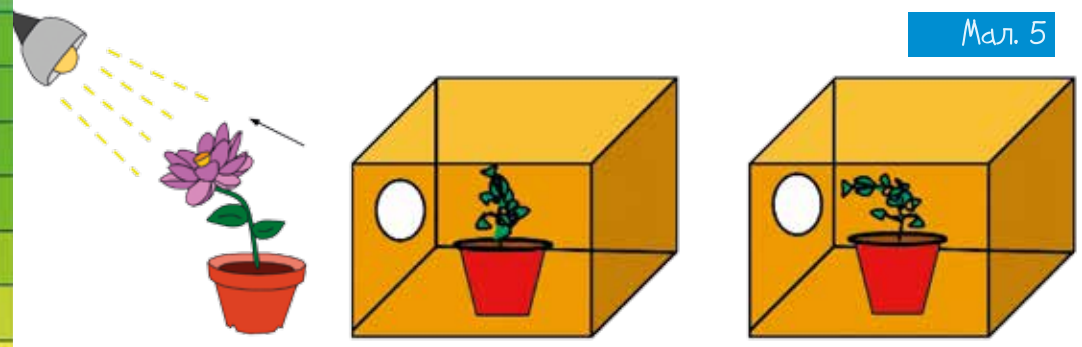
Позитивний фототропізм

Фототропізм – зміна напрямку росту органів рослин у відповідь на однобічну дію світла.

Фототропні ростові вигини рослин спостерігають при однобічному освітленні штучним або природним світлом. Якщо бачимо рух у напрямку до джерела світла – це позитивний фототропізм, а якщо від джерела світла – негативний.

Прикладом фототропного руху є рухи листків водяної мімози *(Neptunia oleracea)*, які повертаються за сонцем протягом дня зі сходу на захід. Так само за сонцем повертаються суцвіття соняшника.

Мал. 5



Простий експеримент демонструє явище фототропізму. У дерев'яну коробку з отвором, крізь який потрапляє світло, помістили рослину. Через деякий час з'являється ростовий вигин в напрямку освітлення.

У лабораторії фототропізм можна продемонструвати, помістивши горщик з рослиною, наприклад, із проростком квасолі чи гороху, всередину коробки з невеликим отвором, крізь який проникатиме світло. Через деякий час можна побачити, що стебло вигинається в напрямку до світла (мал. 5).

Лабораторія „КОЛОСКА”

Експеримент Чарльза Дарвіна

ФОТОТРОПІЗМ У ДІЇ

Тоді знадобляться: 3 маленькі горщики, заповнені ґрунтом; маркер і 3 наліпки; коробка середнього розміру (наприклад, для взуття або контейнер для зберігання продуктів); 12 насінин кукурудзи; алюмінієва фольга; соломинка; вода.

Що треба робити?

1. Посади по чотири насінини кукурудзи в кожен горщик із ґрунтом. Переконайся, що вони рівномірно розташовані, і заглиб їх на півсантиметра у ґрунт.

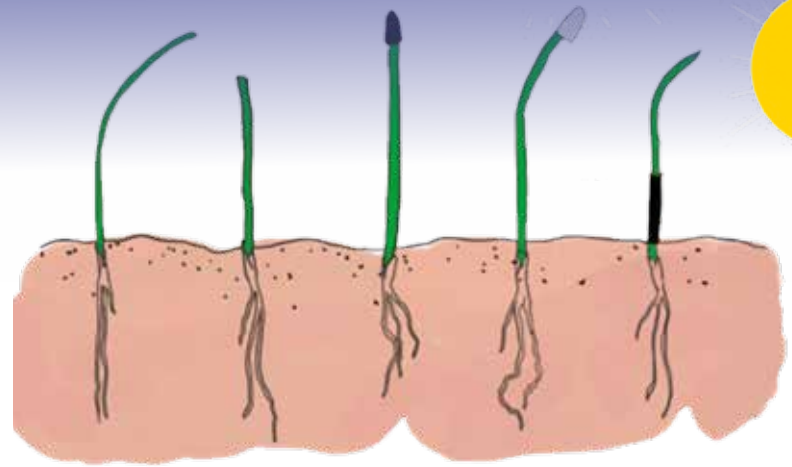
2. Приготуй для кожного горщика наліпку: „Контроль”, „Верхівка”, „Основа”.

3. Полий насінини однаковою кількістю води. Застели коробку всередині фольгою, щоб вода та бруд не просочувалися крізь неї. Постав горщики в коробку.

4. Переконайся, що коробка відкрита і світло надходить лише з одного боку. Постав її на підвіконні відкритою стороною до сонця.

5. Приготуй по 4 світлонепроникних ковпачки і трубки.

Ковпачок для верхівки: виріж 4 квадрати 2 × 3 см з алюмінієвої фольги. Обмотай квадрат навколо кінчика соломинки, щоб створи-



ти маленький закритий металевий ковпачок, і зніми його. Такі світлонепроникні ковпачки потрібно буде помістити на верхівки проростків у горщику з наліпкою „Верхівка”.

Обгортка для основи проростка: виріж 4 квадрати 1,5 × 3 см з алюмінієвої фольги. Кожен квадрат обгорни навколо соломинки, щоб утворилася невелика відкрита трубка, і акуратно зсунь її.

6. Спостерігай за рослинами щодня. Коли з’являться проростки заввишки приблизно 2 см, помісти ковпачки на верхівки кожної рослини у горщику з наліпкою „Верхівка” та натягни трубочки на основу рослин у горщику з наліпкою „Основа”. Після проростання рослини ростуть дуже швидко!

7. Продовжуй підливати рослини за потреби.

8. Порівняй рослини за тиждень. Що сталося? Порівняй проростки з ковпачками та обгорнутими основами з контрольними проростками. Чи ростуть якісь із них у певному напрямку?

Що спостерігаємо?

Якщо експеримент вдалий, ти побачиш, що рослини з ковпачками на верхівці ростуть рівно вгору, а контрольні проростки та проростки з обгорнутими основами вигинаються до світла. Це фототропізм у дії.

Наталія Романюк,
доцент кафедри фізіології та екології рослин
Львівського національного університету імені Івана Франка