

## **Тема: ТРАНСPIPAЦIЯ**

1. Види транспірації, її біологічне значення
2. Фізіологія руху продохів.
3. Залежність транспірації від внутрішніх і зовнішніх умов. Добовий хід транспірації.
4. Показники транспірації і їх значення в рослинництві.
5. Особливості водного режиму різних екологічних груп рослин.

### **1. ВИДИ ТРАНСPIPAЦIЇ, ЇЇ БІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ**

*Транспірація* – це процес випаровування води з поверхні рослин. Це верхній кінцевий двигун руху води рослиною.

Основним органом транспірації є листок.

Розрізняють *продихову* (через продохи), *кутикулярну* (через кутикулу) і *лентикулярну* (через сочевички) транспірації.

Продихова транспірація зазвичай є основною. Продихи являють собою отвори в епідермісі листка, утворені двома спеціалізованими клітинами, які називають *замикаючими*. Змінюючи свою форму, замикаючі клітини, викликають відкриття чи закриття продохової щілини, регулюючи цим самим транспірацію. Це зумовлено неоднаковим потовщенням їх клітинних оболонок: та ділянка, що оточує продоховий отвір потовщена, а та, що межує з епідермальними клітинами – тоненька і більш еластична.

*Продихова транспірація*. Кількість продохів на листку варіює в залежності від його віку і складає від 50 до 600 мм<sup>2</sup>. Продихи на листках можуть розміщуватись на

нижній стороні, верхній чи обох. Розрізняють два типи продихів: 1) замикаючі клітини гантелоподібної форми – характерні для трав'янистих злаків; 2) замикаючі клітини бобоподібної форми – у всіх дводольних, більшості однодольних, голонасінних, мохів, папоротників.

На відміну від інших клітин епідермісу замикаючі клітини продихів містять хлоропласти і в них проходить фотосинтез. Також у замикаючих клітин відсутні плазмодесми, тобто вони є відносно ізольованими від інших клітин епідермісу.

*Кутикулярна транспірація* здійснюється крізь поверхню кутикули, що вкриває епідерміс листка. Кутикули складається з кутину і восків. Як правило, кутикулярна транспірація менша, ніж продихова. Однак при закритих продихах, кутикулярна транспірація відіграє важливу роль у водообміні рослин. Інтенсивність кутикулярної транспірації залежить від товщини кутикули: у молодих листків з тонкою кутикулою вона складає 50-70 % від всієї транспірації, у зрілих листків – 10 %.

*Лентикулярна транспірація* відбувається за участю сочевичок – сукупності нещільно розташованих клітин перидерми багаторічних стебел і коренів, що випинаються на поверхню у вигляді горбочків, рисочок, через які і здійснюється газообмін у багаторічних стебел і коренів.

### **Роль і значення транспірації**

1. Транспірація – основний двигун водного току (верхній кінцевий двигун). Створює безперервний рух води від кореневої системи до листків. Розвиває силу 20-30 атм.

2. Транспірація – важливий терморегулюючий фактор. Сприяє охолодженню рослин, захищає від перегріву.

3. З транспіраційним потоком проходить рух мінеральних і органічних речовин по рослині. Чим інтенсивніша транспірація, тим інтенсивніше надходять речовини у рослину.

4. Відіграє важливу роль у фотосинтезі. З припиненням транспірації припиняється фотосинтез, оскільки вуглекислий газ надходить лише через відкриті продиhi.

## **2. ФІЗІОЛОГІЯ РУХУ ПРОДИХІВ**

Продихова транспірації поділяється на 4 етапи:

1. Переміщення води із судин у клітинні оболонки клітин мезофілу.

2. Випаровування води із поверхні клітин мезофілу.

3. Дифузія водяної пари в порожнині листка.

4. Вихід водяної пари в атмосферу через продиhi.

Рух продиhiv залежить від зміни внутрішніх умов, стану клітин, органів, організму. Основним фактором, що регулює продиhiv рухи є *вода*. **В основі механізму відкриття продиhiv лежить насичення замикаючих клітин водою.**

Концентрація *вуглекислого газу* – інший фактор, що регулює відкриття продиhiv: при зниженні її в міжклітинниках продиhi відкриваються.

*Світло* впливає на рухи продиhiv опосередковано через фотосинтез. На світлі відбувається фотосинтез, а отже, накопичується АТФ, яка використовується для роботи  $K^+$ -насосів, які закачують іони  $K^+$  в клітини.  $K^+$  як відомо, є осмотично активним, тобто веде до підвищення осмотичного тиску, що викликає насичення водою. Крім того, на світлі відбувається розщеплення утвореного під час фотосинтезу крохмалю до цукрів. Це пов'язано зі

зменшенням на світлі вуглекислого газу, що збільшує рН клітини і активність ферменту, який розщеплює крохмаль.

*Температура* впливає на швидкість відкриття продихів. При температурі нижче 5° С продихи відкриваються дуже повільно, при негативних і вище оптимальних температурах вони залишаються закритими. Вплив температури на рухи продихів опосередкований через її вплив на швидкість фотосинтезу і на швидкість дихання.

В регуляції продихових рухів беруть участь *фітогормони*: абсцизова кислота і цитокініни. АБК сприяє закриттю продихів, цитокініни ж навпаки. АБК спричинює зміни в структурі плазмалемі, що веде до зменшення активності  $H^+$ -помпи – протони не викачуються назовні, відбувається підвищення рН цитоплазми, збільшення іонів  $Ca^{2+}$ , вихід іонів  $K^+$  з клітини, як наслідок зменшується тургор замикаючих клітин – продихи закриваються.

### ***Механізми регуляції стану продихів:***

1. *Гідропасивний* механізм закриття продихів (під час дощу клітини епідермісу збільшуються в об'ємі, які ніби тиснуть на продихові клітини).

2. *Гідроактивний* механізм закриття і відкриття (пов'язана з фотосинтезом у замикаючих клітинах, збільшенням осмотичного тиску і концентрації  $K^+$  на світлі та зменшенням – у темряві).

3. *Фотоактивний* - закриття у темряві і відкриття на світлі.

4. *Термоактивний* механізм пов'язаний із впливом температури на стан продихів. Підвищення температури в інтервалі від +5 до +35 0C сприяє відкриттю продихів, а в інтервалі +35...40 0C – до закриття.

5. *Вуглекислотний механізм*. Зниження концентрації вуглекислого газу до 0,05 % веде до закриття продихів, а підвищення до 0,1% чи більше – до їх відкриття.

6. *Біохімічний* механізм пов'язаний з накопиченням речовин, що впливають на стан продихів. Помічено, що при нестачі води в рослині виробляється більше абсцизової кислоти, яка викликає закриття продихів.

### ***3. ЗАЛЕЖНІСТЬ ТРАНСPIPAЦІЇ ВІД ВНУТРІШНІХ ТА ЗОВНІШНІХ УМОВ***

Інтенсивність транспірації залежить від ряду факторів:

#### *Внутрішні фактори:*

1. Будова і фізіологічний стан листка.
2. Стан продихового апарату і кількість продихів в листку.
3. Міцність кутикулярного покриву.
4. Величина внутрішньої випаровуючої поверхні.
5. Стан води в рослинах.

6. Розвиток провідної системи.
7. Осмотичний потенціал клітин листка.
8. Видова специфіка рослин.
9. Вік рослин.

*Зовнішні фактори:*

1. Температури (з підвищенням температури інтенсивність транспірації зростає).
2. Інтенсивності освітлення (із збільшенням – зростає).
3. Якості освітлення (синьо-фіолетові промені підвищують інтенсивність транспірації).
4. Сили вітру. Вітер посилює останні фази транспірації – випаровування з поверхні листка.
5. Вологості повітря. Чим менша вологість – тим вища транспірація.
6. Вологості ґрунту. Зі зменшенням вологості ґрунту, транспірація зростає.

*Добовий хід транспірації.*

Рослини в залежності від добового ходу транспірації поділяють на три групи:

1) рослини, у яких вночі продиhi завжди закриті. Вранці вони відкриваються, а потім їх поведінка продовж дня залежить від умов середовища;

2) рослини, у яких продиhi вранці відкриваються, а потім в залежності від умов. Вночі їх поведінка залежить від денної. Якщо вдень продиhi були закритими, вночі – відкриваються, якщо ж вдень відкриті, вночі – закриваються. Це рослини гороху, люпину, конюшини;

3) рослини у яких вночі продиhi завжди відкриті (сукуленти), а вдень, як і у інших груп, відкриті чи закриті в залежності від умов.

Хід транспірації впродовж доби характеризується одновершинною кривою: слабка в ранішні години транспірація зростає у міру підняття сонця, збільшення температури і зменшення вологості повітря, досягає максимуму після опівдня, а потім швидко падає до заходу сонця. Вночі інтенсивність транспірації в 10 разів менша.

Однак, такий хід транспірації в природі не завжди буває. Наприклад, виникають двовершинні криві з максимумом транспірації у ранішні та вечірні години.

#### ***4. ПОКАЗНИКИ ТРАНСПІРАЦІЇ І ЇХ ЗНАЧЕННЯ В РОСЛИННИЦТВІ, АНТИТРАНСПІРАНТИ***

Транспірація спричиняє проходження крізь тіло рослини величезної кількості води і має пристосувальне значення, яке тісно пов'язане не лише з водообміном, а і з іншими метаболічними процесами, зокрема, фотосинтезом, диханням, мінеральним живленням.

***Інтенсивність транспірації (ІТ)*** – це кількість води, яку випаровує рослина (в г) за одиницю часу (год) одиницею поверхні листка (в дм<sup>2</sup>). Ця величина коливається в межах 0,15-1,47 г на дм<sup>2</sup> за 1 годину.

***Транспіраційний коефіцієнт (ТК)*** – кількість води (в г або мл), яку випаровує рослина для накопичення 1г сухої речовини. Для різних видів рослин його величина становить від 125 до 1000, а найчастіше близько 300. Взагалі цей показник значно коливається залежно від умов середовища і може виступати показником вимог рослин до вологості.

Наприклад, для рослин пшениці він може бути в межах від 220 до 750 одиниць (в середньому 450-600);

проса – 200-300;

гороху – 400;

кукурудзи – 230;

гречки – 530.

**Продуктивність транспірації (ПТ)** – величина обернена транспіраційному коефіцієнту і визначає кількість сухої речовини (в г), накопиченої рослиною за період, коли вона випаровує 1 кг (л) води.

За даними М.О. Максимова вона становить від 1 до 8, а в середньому в умовах помірного клімату дорівнює 3. Отже, на синтез 1 г сухої речовини використовується в середньому близько 300 г води, або лише 0,2% всієї води, що проходить крізь тіло рослини, решту, 99,8%, вона випаровує.

**Відносна транспірація (ВТ)** – відношення інтенсивності транспірації з одиниці площі листка до інтенсивності випаровування з одиниці вільної водної поверхні. Може знаходитись в межах 0,01-1, в середньому - 0,1-0,8.

**Коефіцієнт водоспоживання (КВ)** – витрата продуктивної вологи в м<sup>3</sup> на 1 ц продукції. КВ=15-650 м<sup>3</sup>/ц.

На підставі знання показників транспірації створюється можливість простежити вимоги рослин до умов водопостачання в онтогенезі й обґрунтувати агротехнічні заходи, спрямовані на забезпечення рослин водою і створення для них сприятливих умов росту, розвитку і високої продуктивності.



## **5. ОСОБЛИВОСТІ ВОДНОГО РЕЖИМУ РІЗНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ГРУП РОСЛИН**

Пристосування рослин до різних умов водопостачання позначилося на їхніх морфологічних, анатомо-фізіологічних і біохімічних особливостях. Залежно від екологічної ніші, яку вони займають, слід виділити насамперед *водні рослини* та *наземні*. В свою чергу, їх поділяють на *пойкілогідрові* (бактерії, ціанобактерії та деякі інші водорості, лишайники), що пристосувалися витримувати дефіцит вологи без значних втрат життєдіяльності, та *гомойогідрові* (наземні папоротеподібні, голонасінні, квіткові), тобто більшість рослин суші. Для них характерна наявність тонких механізмів регуляції продигової та кутикулярної транспірації.

Рослини різних зон поділяють на відповідні екологічні типи, серед яких розрізняють: *гідатофіти*, *гігрофіти*, *мезофіти*, *гідрофіти* та *ксерофіти*.

1. Гідатофіти — це водяні рослини, які цілком або частково занурені у воду (кушир, елодея, водяна лілія тощо). У них мало розвинена механічна тканина, провідні елементи, оскільки поживні речовини поглинаються всією поверхнею рослин.

2. Гігрофіти — це рослини, що ростуть в умовах значного зволоження, мають гігоморфну структуру (відносно великі розміри клітини, тонкі клітинні оболонки, більші за розміром продихи). У гігрофітів стебло видовжене, коренева система розвинена слабо.

3. Мезофіти — це рослини середньозволожених місць, переважно представники культурної флори. Ці рослини різноманітні, дуже поширені на Земній кулі і мають величезне значення в житті людини. Вони широко

використовуються в сільському господарстві. Це хлібні злакові рослини, кормові трави, овочеві, технічні, олійні, кормові, плодові, волокнисті та інші культури.

4. Гідрофіти — це рослини, які розвиваються в умовах достатнього водопостачання, на низинних місцях з неглибоким заляганням ґрунтових вод, болотах, озерах, на берегах рік, морів тощо.

5. Ксерофіти — це рослини, засушливих місцезростань, які в процесі онтогенезу добре пристосовувалися до посухи завдяки специфічним ознакам і властивостям, що виникли під впливом умов існування в процесі еволюції. До цієї групи належать рослини пустель, напівпустель, сухих степів, де умови водопостачання ускладнені у зв'язку з нестачею води. Загальна ознака всіх представників ксерофітів — максимальне скорочення випаровуючої поверхні, що призвело, своєю чергою, до незначного розвитку надземної частини. Цим і пояснюється, що більшість ксерофітів — це трави, низькорослі кущі, в яких підземні частини розвинені краще, ніж надземні, як наприклад, полин, люцерна степова, верблюжа колючка. До ксерофітів належать рослини різних систематичних груп, але однакові водопостачання сприяли розвитку в них аналогічних пристосувань до умов життя.

За морфологічними ознаками ксерофіти надзвичайно різноманітні: це *кактуси*, *сукуленти*, *тонколисті ксерофіти*, *жорстколисті ксерофіти*, *ефемери*.

До *кактусів* належать рослини пустель, розвиток яких відбувався по лінії максимального скорочення поверхні рослин, що здатна випаровувати воду. Внаслідок цього листки втратили свої функції асимілюючого та випаровуючого органу. Коренева система кактусів розташована в поверхневих шарах ґрунту, що має

пристосувальне значення. Таке розташування її забезпечує швидке вбирання води, що накопичується на поверхні ґрунту й швидко надходить у рослину. Особливістю кактусів є те, що їхні тіла за великого об'єму мають невеликі поверхні.

До *сукулентів*, крім кактусів, належать такі рослини, як алое, заяча капуста, очиток їдкий тощо. Всі вони мають значні запаси води, які накопичуються в основному в листках, внаслідок чого листки сукулентів мають м'ясистий вигляд і характеризуються великим містом клітинного соку. У листках сукулентів добре розвинена водоносна паренхіма, а клітинний сік її характеризується невисоким осмотичним тиском. Коренева система цього типу рослин розміщується в поверхневих шарах ґрунту.

До *тонколистих ксерофітів* належать полин, степова люцерна, верблюжа колючка тощо. Ця група рослин має надзвичайно розвинену кореневу систему, яка проникає в глибокі шари ґрунту й поглинає звідти потрібну для життя воду. Тіло їх вкрите білими волосками, які утворюють напівпрозорий екран, що захищає хлоропласти від шкідливого впливу яскравого світла. Характерними ознаками цих рослин є шипи, колючки. Клітинний сік цих рослин має високу концентрацію (осмотичний тиск), тому йому властива величезна всисна сила, що забезпечує вбирання води із ґрунту. Поверхня листків тонколистих ксерофітів дуже розсічена. Якщо в ґрунті нестача води, то у таких рослин спостерігається анабіоз. Втрата великої кількості води внаслідок транспірації компенсується вбиранням її кореневою системою, яка проникає в глибокі шари ґрунту. Крім люцерни та верблюжої колючки, до тонколистих ксерофітів належать дикий кавун, деякі види полину, листки яких швидко в'януть, якщо їх зірвати з рослини.

Загальною властивістю цих рослин є невідповідність між кореневою системою і надземною частиною.

До *жорстколистих* рослин належать деякі представники степових злаків: ковила, типчак, деякі зонтичні, зокрема перекотиполе. Найважливішою ознакою їх є здатність добре витримувати тривале в'янення. У цей час листки їх скручуються в трубочки, забезпечуючи тим самим економне витрачання води, оскільки продихи потрапляють саме всередину трубки, де вони ізольовані від навколишнього середовища. На відміну від сукулентів жорстколисті ксерофіти мають високу концентрацію клітинного соку.

*Ефемери* — це група так званих несправжніх ксерофітів, які характеризуються надзвичайно коротким вегетаційним періодом. Вони мають малорозвинену кореневу систему, що розвивається в поверхневих шарах ґрунту. Розвиток їх триває три-чотири тижні, протягом яких вони зацвітають і дають стиглі плоди. Це відбувається напровесні, коли в поверхневих шарах ґрунту є достатня кількість вологи, необхідної для розвитку зазначених рослин.