

## Cvičení z fyziologie rostlin

### Vodní provoz rostlin - transpirace

#### Teoretický úvod

Hlavním mechanismem výdeje vody rostlinou je transpirace. Jejím významem ovšem není pouze odstranění přebytečné vody z těla rostliny. Transpirace také pohání příjem vody a s ní i živin kořeny a chrání rostlinu proti přehřátí. Při transpiraci je voda vylučována do prostředí v plynném skupenství (zatímco výdej kapalné vody se nazývá gutace). V mezofylu listu vzniká vodní pára, která se odpařuje z povrchu vodních kapek v mezibuněčných prostorách houbového parenchymu. Rostlinu pak opouští přes kutikulární vrstvu (transpirace kutikulární) nebo štěrbinou průduchů (transpirace stomatární). Na světle u většiny rostlin stomatární transpirace mnohonásobně převyšuje transpiraci kutikulární (vyjma CAM rostlin).

Průduch se skládá z dvojice specializovaných epidermálních buněk, tzv. svěracích buněk, a průduchové štěrbině. Při zvýšení turgorového tlaku ve svěracích buňkách se díky jejich anatomii, zejména nerovnoměrnému ztluštění buněčné stěny a radiálnímu uspořádání mikrofibril, průduchová štěrbinina zvětšuje a průduch se otevírá. Při nízkém tlaku v buňkách je pór uzavřen.

Transpirace velmi úzce souvisí s procesem fotosyntézy. Rostlina využívá průduchy nejen k výdeji vody, ale také k příjmu  $\text{CO}_2$  z atmosféry. Jelikož je voda často pro rostliny limitujícím faktorem prostředí, je pro rostlinu nutností minimalizovat ztráty vody za současného maximálního zisku  $\text{CO}_2$ . K tomu je nutná dokonalá regulace otevírání a uzavírání průduchů.

Průduchy reagují na celou řadu vnějších i vnitřních podnětů:

#### 1. Světlo

Obecně platí, že za normálních podmínek jsou průduchy na světle otevřené, ve tmě se zavírají. Rostlina nemá v noci, kdy neprobíhá fotosyntéza, potřebu přijímat  $\text{CO}_2$  a nedochází tak ani ke zbytečným ztrátám vody. Světlem aktivované protonové pumpy čerpají protony ( $\text{H}^+$ ) ven ze svěracích buněk a dochází k depolarizaci membrány buněk, což má za následek vtok iontů  $\text{K}^+$  a  $\text{Cl}^-$  dovnitř. Tím vzroste osmotický potenciál v cytosolu, buňka nasává vodu a zvýší se turgorový tlak. Pór je otevřený. (Rostliny s CAM metabolismem, jako jsou kaktusy nebo sukulenty, mají průduchy přes den uzavřeny. U těchto rostlin jsou fixace  $\text{CO}_2$  a další fáze fotosyntézy časově odděleny. Jde o adaptaci na extrémní podmínky pouštních oblastí.)

#### 2. $\text{CO}_2$

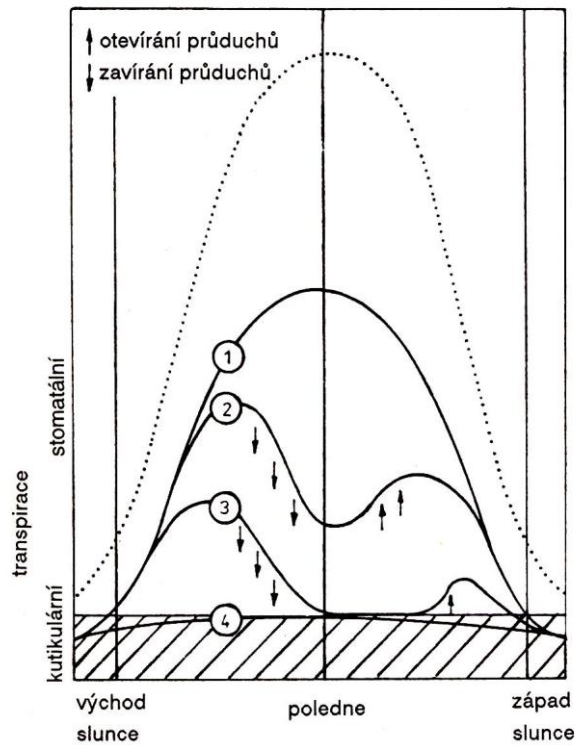
Rostliny reagují na snížení koncentrace  $\text{CO}_2$  v mezibuněčných prostorách listu otevřením průduchů.

#### 3. Vlhkost vzduchu

Průduchy přímo ovlivňuje vlhkost okolního vzduchu. Rostliny se tím brání nadměrným ztrátám vody.

#### 4. Vodní potenciál rostliny

Je-li rostlina vystavena půdnímu suchu, transpirace začne převažovat nad příjmem vody kořeny a klesá vodní potenciál. Rostlina reaguje na tento stav syntézou fytohormonu - kyseliny abscisové. Ta se transportuje k membránám svěracích buněk průduchů, kde se váže na receptor. Je spuštěna signální kaskáda vedoucí k toku  $K^+$  a  $Cl^-$  iontů ven z buněk, což vede ke snížení osmotického potenciálu a uzavření průduchu. Rostliny mohou reagovat i na velmi krátkodobé změny vlhkosti půdy. Kyselina abscisová je syntetizována také v kořenech, odkud je rychle transportována xylémem do listů, kde indukuje zavření průduchů. Rostlina tak sníží intenzitu transpirace mnohem dříve, než by mohla být ohrožena nedostatkem vody v pletivech.



**Obrázek č. 1:** Denní průběh transpirace při postupném zhoršování zásobování rostliny vodou (1-4) s vyznačením podílu stomatální a kutikulární transpirace. Pro mnoho rostlin je typický polední pokles, který je způsobený omezením zásobování vodou. Tečkovaně je vyznačen denní průběh výparu z volné hladiny vody (Procházka a kol., 1998).

## Praktická část:

### Úkol č. 1: Stanovení rychlosti transpirace vážkovou metodou

Jednou z možností měření rychlosti transpirace rostliny je vážení odříznutých listů (Ivanovova metoda). Tato metoda vychází z předpokladu, že list několik minut po odtržení transpiruje normálním způsobem jako na intaktní rostlině. Po určité době (desítky minut) dochází k uzavírání průduchů a list dále transpiruje pouze přes kutikulu (kutikulární transpirace).

**Rostlinný materiál:** listy muškátu (*Pelargonium sp.*)

**Pomůcky:** Skalpel, váhy, stopky

#### Postup:

1. Z rostliny skalpelem odřízneme větší list (nebo 2-3 menší listy) a okamžitě zvážíme. List dále opakovaně vážíme každých 5 minut po dobu jedné hodiny.
2. Sestrojíme spojnicový graf závislosti ztráty vody (v miligramech) na čase.
3. Vypočítáme rychlost transpirace, kterou vyjádříme jako hmotnost vytranspirované vody v miligramech na
  - a) 1 g čerstvé hmotnosti za 1 hodinu
  - b) 1 dm<sup>2</sup> listové plochy za 1 hodinu

### Úkol č. 2a: Stanovení rychlosti transpirace potometrickou metodou

Rostliny transpirují za normálních podmínek přibližně stejnou rychlostí jako je rychlost jejího příjmu kořeny. Rychlost transpirace je tedy možné zjistit měřením rychlosti příjmu živného roztoku rostlinou. Zařízení pro stanovení rychlosti transpirace touto metodou se nazývá potometr. Skládá se z nádoby naplněné živným roztokem, zátky s otvorem pro upevnění rostliny, kapiláry spojené s nádobou a byrety k doplňování živného roztoku.

**Rostlinný materiál:** prýty rajčete (*Solanum lycopersicum L.*)

**Pomůcky:** Skalpel, váhy, stopky, potometr

#### Postup:

1. Odřízneme prýt nebo dostatečně velkou odnož rostliny a okamžitě zvážíme.
2. Prýt umístíme do zátky potometru a dobře utěsníme. Zátka nasadíme na potometr tak, aby byl konec stonku ponořen v roztoku.
3. Pomocí ventilu byrety naplníme kapiláru roztokem. Po 30 minutách kapiláru opět doplníme a na měřítku byrety odečteme množství vytranspirované vody.
4. Rychlost transpirace vyjádříme ve stejných jednotkách jako v úkolu č. 1.

## Úkol č. 2b: Stanovení rychlosti transpirace pomocí odměrného válce

Pokud máme k dispozici vhodné, intenzivně transpirující rostliny, je možné toto měření provést i ve zjednodušeném uspořádání, kdy namísto potometru využijeme odměrný válec.

**Rostlinný materiál:** prýty rajčete (*Solanum lycopersicum L.*)

**Pomůcky:** Skalpel, váhy, stopky, odměrný válec, olej

### Postup:

1. Odměrný válec naplníme přibližně do poloviny vodou.
2. Odřízneme prýt nebo dostatečně velkou odnož rostliny a okamžitě zvažíme.
3. Oddělenou část rostliny vložíme do odměrného válce tak, aby byl konec stonku ponořen v roztoku.
4. Hladinu roztoku v odměrném válci opatrně převrstvíme olejem a zapíšeme výšku vodního sloupce.
5. Po 60 minutách odečteme množství vytranspirované vody.
6. Rychlost transpirace vyjádříme jako hmotnost vytranspirované vody v gramech na 1 g čerstvé hmotnosti za 1 hodinu.

## Úkol č. 3: Pozorování stavu listových průduchů listů umístěných na světle a ve tmě

**Rostlinný materiál:** listy fikusů (*Ficus benjamina*)

**Pomůcky:** mikroskop, bezbarvý lak, průhledná izolepa, podložní sklíčko

### Postup:

7. Na spodní stranu listu rostlin umístěných na světle a ve tmě nanese tenkou vrstvu bezbarvého laku a necháme zaschnout.
8. Zaschlý lak přelepíme izolepou a otisk strhneme.
9. Mikroskopem pozorujeme průduchy rostlin umístěných na světle a ve tmě.

## Úkol č. 4: Pozorování řezu listem

**Rostlinný materiál:** listy fikusů (*Ficus benjamina*)

**Pomůcky:** mikroskop, žiletka, podložní a krycí sklo, kapátko

### Postup:

1. Zhotovíme tenký příčný řez listem fikusů, položíme na podložní sklíčko, zakápneme vodou a překryjeme krycím sklíčkem.
2. Preparát pozorujeme pod mikroskopem, provedeme náčrt řezu listem a popíšeme.