

Teplota ovlivňuje fotosyntézu, dýchání i transpiraci listů révy vinné

Prof. Ing. Lubomír Nátr, DrSc.
Katedra fyziologie rostlin PŘF UK
Praha

V předchozích příspěvcích jsem uváděl základy fyziologických procesů, které rozhodují o produkci biomasy rostlin, tedy i révy vinné a samotných hroznů. Tyto procesy jsou zákonitě ovlivňovány vnějšími půdními i povětrnostními podmínkami. Z nich snad nejdůležitější je sluneční záření, které poskytuje energii pro přeměnu jednoduchých anorganických látek na složité cukry, bílkoviny, tuky atp. Základní surovinou přitom je atmosférický oxid uhličitý. A v širokém rozsahu slunečního záření i koncentrace CO_2 platí, že „čím více, tím lépe“. Účinky energie Slunce i koncentrace CO_2 jsem připomněl v předchozích příspěvcích.



Většina fyziologických procesů v rostlinách – tvorba látek, jejich přeměna a transport – jsou procesy biochemické, a tedy silně závislé na teplotě. Proto chci v tomto příspěvku stručně uvést několik příkladů, jak rychlost fotosyntézy révy vinné závisí na teplotě. A snad zbytečně připomínám, že rychlost fotosyntézy může být v tomto kontextu chápána také jako rychlost produkce biomasy. Ale abych předešel možnému nedorozumění, zdůrazním ještě, že teplota také působí na další procesy rostlin. Například růst listů:

ten samozřejmě vyžaduje určitou „hotovost“ produktů fotosyntézy pro svůj růst. Ale ani při nadbytku cukrů v rostlině listy neporostou, nebude-li mít vzduch vhodnou teplotu. Obdobně můžeme připomenout dobu a délku kvetení, rychlost dozrávání bobulí atp. Takže **pro většinu růstových procesů je dostupnost produktů fotosyntézy podmínkou nezbytnou, ale ne vždy podmínkou jedinou a postačující.**

Obecná závislost rychlosti fotosyntézy a dýchání na teplotě je uvedena na obr. 1. Připomínám, že tzv. hrubá fotosyntéza (P_G) představuje veškeré množství produktů fotosyntézy vytvořené na jednotce plochy listů za nějakou časovou jednotku nebo veškeré množství CO_2 pohlcené onou plochou listu za určitý čas. Jenže část takto vytvořených organických látek je rostlinou zase prodýchána (R_D), takže výsledná produkce biomasy rostliny odpovídá tzv. čisté (P_N , neto) fotosyntéze. V uvedeném grafu dostaneme hodnoty P_N tak, že od P_G odečteme hodnoty R_D .

Z grafu 1 také vyplývají následující obecné poznatky:

(1) **Rychlost dýchání se zvyšuje do mnohem vyšších teplot než rychlost fotosyntézy.** To většinou znamená, že při vyšších teplotách je metabolismus rostlin spíše ztrátový – rostliny prodýchají více, než vytvoří nové biomasy ve fotosyntéze. V tomto směru zvláště „účinné“ jsou vysoké noční teploty, kdy samotná fotosyntéza je nulová.

(2) **Teplotní optimum je u rostlin velmi proměnlivé:** závisí jak na druhu rostliny, tak i na podmínkách dané lokality. Přitom existují i výrazné rozdíly mezi odrůdami. Z praktického pěstování to vinnohradníci znají velmi dobře. Příklad fyziologické studie ilustruje obr. 2.

(3) **Rostlinné druhy se také liší svým teplotním minimem a maximem.** Obecně se prokázalo, že rostliny ze skupiny C4 (kukuřice, cukrová třtina) mají vyšší hodnoty teplotního minima i optima než rostliny C3.

Fotosyntéza listů je mnohostranně provázána s dalšími fyziologickými procesy, které významně mění výsledné množství vytvářených produktů fotosyntézy. Zmíním se alespoň o dvou:

(A) **Dýchání.** Rychlost dýchání je pro rostliny nesmírně významná, i když v celkové bilanci produkce biomasy znamená její jednoznačnou ztrátu. Ovšem tato ztráta je „nespravedlivým“ hodnocením z pohledu člověka a jeho snahy po maximalizaci produkce. **Rostliny musejí dýchat, aby vůbec mohly**

– **přeměnit cukry** vytvářené ve fotosyntéze na tisíce jiných organických sloučenin,

– **zabudovat jednoduché anorganické sloučeniny** přijaté kořeny (NO_3 , PO_4^{3-} , K^+ aj.) do bílkovin a dalších sloučenin,

– **energeticky zabezpečit** transport látek atd. Rychlost dýchání závisí především na teplotě (obr. 3). Přitom velmi silně dýchají mladé a rychle rostoucí orgány rostliny, což opět dobře dokumentují uvedené křivky na grafu 3. Poni et al. (2006) na základě podrobných měření i modelových simulací zjistili, že z celodenní fotosyntetické produkce denně rostliny révy vinné prodýchaly téměř jednu třetinu. Na tomto úbytku biomasy prodýcháním se podílely hlavně listy a stonky. To znamená, že celková hrubá fotosyntéza jednoho keře révy vinné za celou vegetaci – asi 2 200 g sušiny – se na skutečně naměřeném přírůstu hmotnosti sušiny jednoho keře projevila hodnotami kolem 1 500 až 1 700 g sušiny.

(B) **Transpirace.** Výdej vody ve formě vodní páry z listů ovlivňuje jejich teplotu, a tím i další biochemické procesy včetně fotosyntézy a dýchání. Množství dopadajícího záření také spoluurčuje rychlost transpirace, tedy výdej vodní páry z listů. Palliotti et al. (2000) stanovili pro slunné listy (S) révy vinné rychlost transpirace hodnotou $3,10 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, zatímco pro zastíněné (Z) $1,84 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Z těchto hodnot a rychlosti fotosyntézy lze vypočítat další významnou charakteristiku listů, a to **účinnost využití vody** (ÚVW) udávající množství fotosynteticky fixovaného CO_2 (nebo někdy také množství vytvořené biomasy rostliny – hmotnost sušiny) vztahované na množství vody vydané v uvedeném období transpirací. Převrácená hodnota tohoto parametru se označuje často jako **transpirační koeficient** (TK) a udává množství vody spotřebované za období, kdy se fixovalo určité množství CO_2 (nebo vytvořilo určité množství biomasy). Hodnoty transpiračního koeficientu různých druhů rostlin v různých podmínkách se pohybují v rozmezí od 200 do 1100. Pokud tedy rostliny během vegetace vytvoří 2 kg své biomasy, vyjádřené hmotností sušiny, tak jí proteklo 200 až 1100 litrů vody. V přepočtu na 1 hektar jsou to pak opravdu vysoké hodnoty toků vody z půdy do atmosféry. Velmi často se tyto hodnoty blíží hodnotám celoročních srážek.

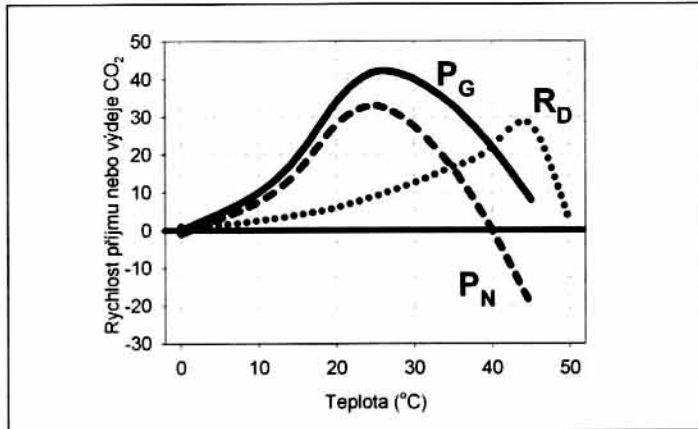
Jak je patrné z obr. 4, **rychlost transpirace** (výdeje vody ve formě vodní páry z listů) **stoupá do mnohem vyšších teplot než rychlost fotosyntézy.** To se velmi názorně promítá do průběhu účinnosti využití vody, která s teplotou silně snižuje. Ale zase bychom se dopustili nepřipustného zjednodušení, kdybychom takový průběh označili jako nevhodný či nežádoucí. Při pomeňme, že množství vody, které během vegetace rostliny přijmou kořeny vedou do listů a těmi vypaří do vzduchu, je nezbytné ze dvou důvodů:

(1) Tento velký transport umožňuje **příjem dostatečného množství minerálních živin**, které jsou v půdním roztoku ve velmi nízkých koncentracích.

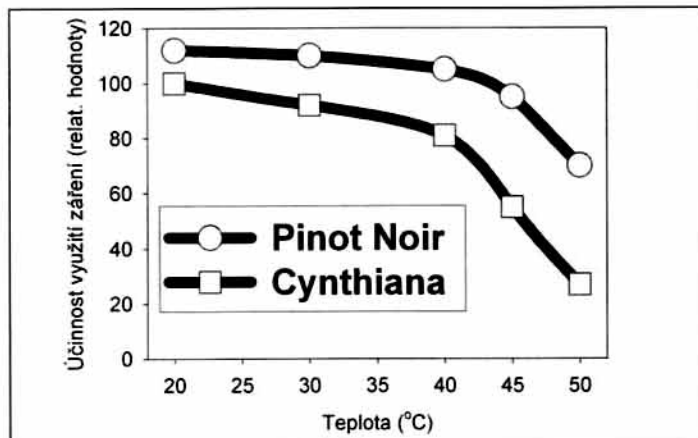
(2) Velké množství vytranspirované vody je pro listy naprosto nezbytné, aby si i v teplém vzduchu a na přímém slunečním záření udržely přibližnou – nižší – teplotu. Voda je v rostlinách ve formě kapalné. A právě pochod ze skupenství kapalného do plynného je spojen s velkou spotřebou energie. Takže tímto nejen listy révy vinné, ale prakticky všechny rostliny, od nízkých trvalek až po lesní porosty, působí jako **velmi účinné přírodní chladničky.**

V souvislosti s výdejem vodní páry je třeba se ještě zmínit o výdeji vody kapalně, tedy o **gutaci**. K té dochází v podmínkách vysoké relativní vlhkosti vzduchu, kdy je omezena možnost transpirace. V přírodě to nejčastěji bývá před rozedněním, kdy absolutní vzdušná vlhkost (např. $g\ H_2O$ v $1\ m^3$ vzduchu) je stejná jako během předchozího dne, ale relativní vzdušná vlhkost (vyjadřovaná jako aktuální množství vody v jednotce objemu vzduchu vztážené k maximálnímu možnému, tedy nasycenému množství vodní páry v tomtéž objemu vzduchu) stoupne až na 100 %. Gutací tedy rostliny vydávají vodu i v podmínkách, kdy je transpirace potlačena. Kromě toho se gutací může rostlina zbavovat nejen čisté vody, jako při transpiraci, ale také dalších nepotřebných látek rozpuštěných ve vodě. Bohužel se mi nepodařilo v literatuře najít informace o tom, do jaké míry je gutace významná i pro révu vinnou.

Je nasnadě, že na produkci celkové biomasy rostlin i konečné sklizni hroznů se podílí řada dalších vnějších faktorů. Zvláštní místo zaujímá **do-stupnost vody** v půdě a s ní spojená odolnost rostlin révy k dočasnému nedostatku vody. Také minerální výživa silně ovlivňuje rychlost fotosyntézy i dýchání. Jsem si jist, že čtenáři tohoto časopisu sami velmi dobře chápou tu dynamickou a obdivuhodnou souhru, jakou „předvádějí“ jejich rostliny révy vinné v interakcích s průběhem počasí. Svými texty o vlivu CO_2 , ozáření – světla a teploty jsem chtěl přispět k nahlédnutí do mechanismů, jimiž se **rostliny tak složitě a zatím velmi často až nepochopitelně vyrovnávají s tou skutečností, že rostou, plodí i odcházejí trvale uchycené na jediném místě.**



Obr. 1 – Obecné schéma závislosti rychlosti celkové (hrubé) fotosyntézy – P_G , čisté (neto) – P_N , fotosyntézy a dýchání – R_D na teplotě listu (°C).



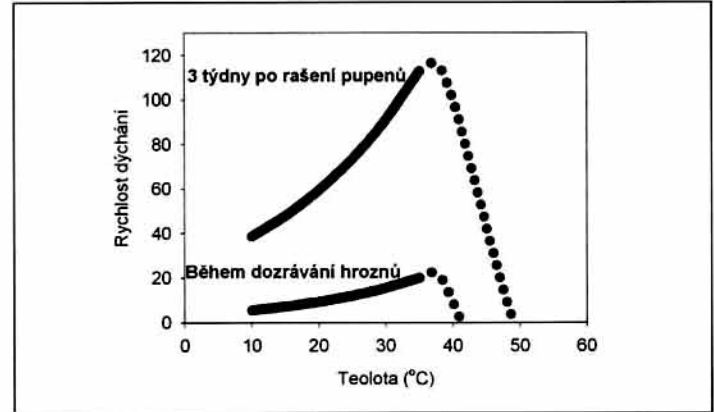
Obr. 2. – Závislost účinnosti využití pohlceného slunečního záření na teplotě u listů dvou odrůd révy vinné (přesněji: hodnoty fluorescence chlorofylu, F_v/F_m , vyjadřující kvantovou účinnost fotosystému 2). Křivky podle údajů Kadira (2006).

Literatura

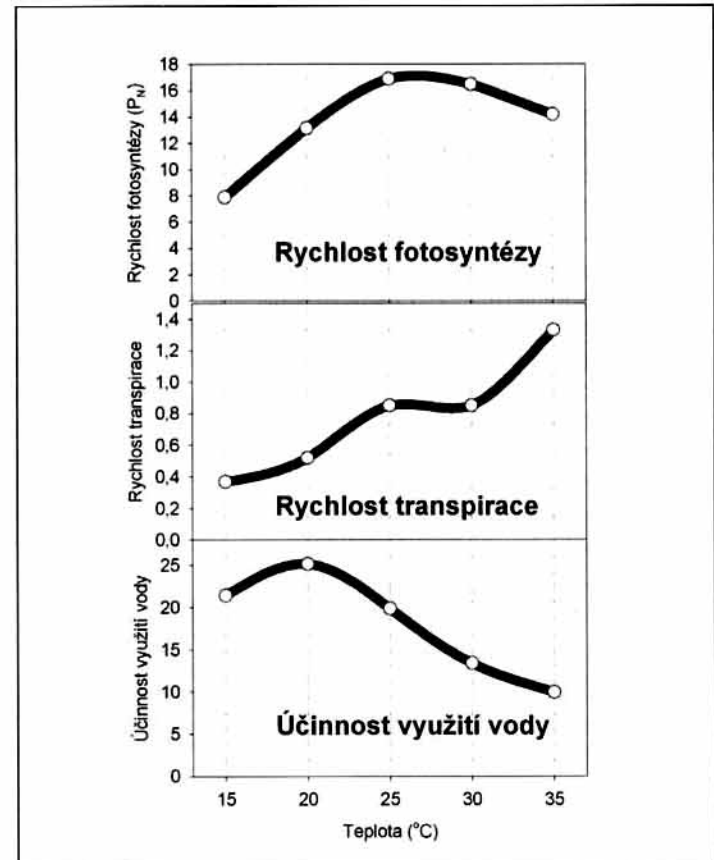
Palliotti A., Carnechini A., Ferranti F.: Morpho-anatomical and physiological characteristics of primary and lateral shoot leaves of Cabernet Franc and Trebbiano Toscano grapevines under two irradiance regimes. *American J. Enol. Vitic.* 51: 122–130, 2000.

Poni S., Palliotti A., Bernizzoni F.: Calibration and evaluation of a STELLA software-based daily CO_2 balance model in *Vitis vinifera* L. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 131: 273–283, 2006.

Shiraishi S., Hsiung T. C., Shiraishi M., Kitazaki M.: Effects of temperature on the photosynthetic rate of grape cultivars. *Sci. Bull. Sac. Agr. Kyushu Univ.* 51: 9–16, 1996.



Obr. 3 – Závislost rychlosti dýchání (R_D , $mg\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$) listů révy vinné na teplotě (°C). Plná křivka nakreslena podle modelu a parametrů, které uveřejnili Poni et al. (2006). Tečkované: odhad obvyklého poklesu rychlosti dýchání při vysokých teplotách.



Obr. 4 – Vliv teploty listů révy vinné, odrůdy Neo Muscat, na rychlost fotosyntézy ($mg\ CO_2\ dm^{-2}\ hod^{-1}$), rychlost transpirace ($g\ H_2O\ dm^{-2}\ hod^{-1}$) a na účinnost využití vody ($mg\ CO_2\ g^{-1}\ H_2O$). Grafy sestaveny podle údajů Shiraishi et al. (1996).