

# Vybrané abiotické faktory prostředí ve vztahu k produktivitě agroekosystémů a mikroklimatu porostů

Dr. Ing. Jan Pivec, Ing. Václav Brant, Ph.D.,  
Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha-Suchbátol



**A**groekosystémy se od přirozených ekosystémů liší především druhovou chudobou a cílem v krátkém čase (pokud nejde o trvalé porosty) dosáhnout co největší produkce s minimem ztrát. Snaha o ovlivnění biotických i abiotických faktorů vázaných na půdní podmínky, vitalitu rostlin apod. je stále více patrna stejně jako snaha o úpravu vlivu počasí v přiléhající vrstvě atmosféry na vývoj rostlin (větrolamy, zavlažování, zakrývání porostů textilií apod.). Požadavky na tyto abiotické faktory prostředí jsou u jednotlivých rostlin rozmanité, každý z vnějších faktorů prostředí působí jinak sám o sobě a jinak za současného vlivu komplexu faktorů ovlivňujících růst rostlin a intenzitu jejich fotosyntézy. Mnohé fyziologické procesy v rostlinných společenstvech těsně souvisí s úrovní dopadající sluneční energie a evaporačních nároků vzduchu v těsné blízkosti

povrchu rostlin (vyjádřených kupř. sytostním doplňkem), jak ukazuje graf 1 dokumentující průběh transpirace řepky ozimé *Brassica napus* L. Tuto závislost lze popsat vztahem (J. Kučera, EMS Brno, ústní sdělení):

$$\text{calcQ} = \text{par1} \frac{\text{Rg}}{(\text{Rg} + \text{par2})} \frac{\text{d}}{(\text{d} + \text{par3})}$$

Kde **par1–3** = parametry rovnice, zjištěné nelineární multiregresí, **Rg** = globální záření, **d** = sytostní doplněk.

Množství vyprodukované biomasy přitom váže pouze malé procento dopadající energie slunečního záření (od méně než 1 % do výjimečně vyšší hodnoty než 5 %). Závislost intenzity fotosyntézy na světelných podmínkách různých druhů rostlin vyjadřuje graf 2.

## PRONIKÁNÍ ZÁŘENÍ DO POROSTU – RADIČNÍ MIKROKLIMA

**L**isty se vzájemně překrývají (LAI) a vytváří heterogenní světlostní klima porostu s mnoha stíny a slunečními skvrnami – důležité při volbě meziplodin, agrolesnických opatření, volbě agrotechnických opatření při potlačování nekulturních druhů ve prospěch druhů pěstovaných apod.

- Relativní množství radiace penetrující do porostu ilustruje graf 3, kdy širokolisté druhy při malé hodnotě LAI stíní více než listová plocha většiny stromů při téže indexu listové plochy, nejmenší procento stínění při téže LAI mají úzkolisté trávy

- Maximální rychlost fotosyntézy se může udržet při optimálním osvětlení jen potud, pokud se nezačnou projevovat retardační účinky silného záření (viz příklad  $C_3$  a  $C_4$  trav na graf 4)

• Množství penetrující radiace  $\Phi$  lze vyjádřit vztahem, nazývaným Beerův zákon:

$$\Phi = \Phi_{(0)} e^{-kx}$$

Kde  $k$  = koeficient extinkce (u rostlin poměr zastíněné plochy listů k celkové listové

ploše),  $x$  = dráha paprsku (u rostlin kumulativní LAI).

### TEPLOTNÍ KLIMA POROSTU

**J**e dáno disipací energie, jejíž hlavní zóna leží v úzkém pásu aktivního povrchu (v horním letním dni o více jak 4 °C teplejší vzduchu

v lesích, o více jak 6 °C teplejší vzduchu na lukách mírného pásma). Příliš nízká teplota snižuje asimilaci stálezelených rostlin mírného pásma, kam naše území patří, hlavně na jaře a na podzim, v zimě téměř neprobíhá.

• Pod uzavřeným rostlinným krytem (obdobou sněhová pokrývka) půda nepřijímá ani nevypouští tolik energie – diurnální kolísání teploty je poměrně malé (viz graf 5 horní)

• Čím hlubší vrstva půdy, tím nižší je amplituda teploty a později je dosaženo extrémů (viz graf 5 dolní)

• Suchozemské cévnaté rostliny jsou z hlediska nároků na teplotu tzv. eurtermní se širokým rozpětím teplot (-5 až +55 °C), vodní rostliny mívají úzké rozpětí teplot pro přežití, nazývají se stenotermní

• U nadzemních částí rostlin bývá teplotní optimum pro dlouhivý růst prýtlů mezi 30–40 °C u rostlin tropických a 15–30 °C u všech ostatních rostlin, teplotní rozmezí pro růst kořenů bývá obvykle širší, minimum pro růst kořenů dřevin mírného pásma leží mezi 2–5 °C, rostliny teplejších oblastí počínají aktivitu kořenů při vyšších teplotách (rod *Citrus* kolem 10 °C).

• Ozimé, dvouleté rostliny a některé dřeviny vyžadují projít obdobím chladu (-3 až +13 °C), aby vykvetly – tzv. jarovizace

• Plody a semena vyžadují ke zrání a klíčení více tepla než vegetativní části rostlin, na stanovištích s kratším vegetačním obdobím roste význam vegetativního způsobu rozmnožování

• Jsou-li ekotypy z teplejších oblastí vysazeny ve vyšších zeměpisných šířkách (graf 6 nahore), uchovávají si tendenci k opoždění zahájení vývoje, raší velmi pozdě a výhony nemají čas dospět; opačně ekotypy z chladnějších oblastí vyšších zeměpisných šířek přeneseny do teplejších krajín (graf 6 dole) raší naopak předčasně a jsou ohroženy pozdními mrazy, navíc ukončují růst příliš brzy a nevyužívají plně vegetační dobu

• Hrubá fotosyntéza se zvyšuje v důsledku aktivace zúčastněných enzymů teplem do té doby, než inhibiční účinky tepla začnou fotosyntetickou aktivitu enzymů snižovat; rozdíl mezi hrubou fotosyntézou a dýcháním se nazývá čistá fotosyntéza (šedá plocha – graf 7)

### VODA

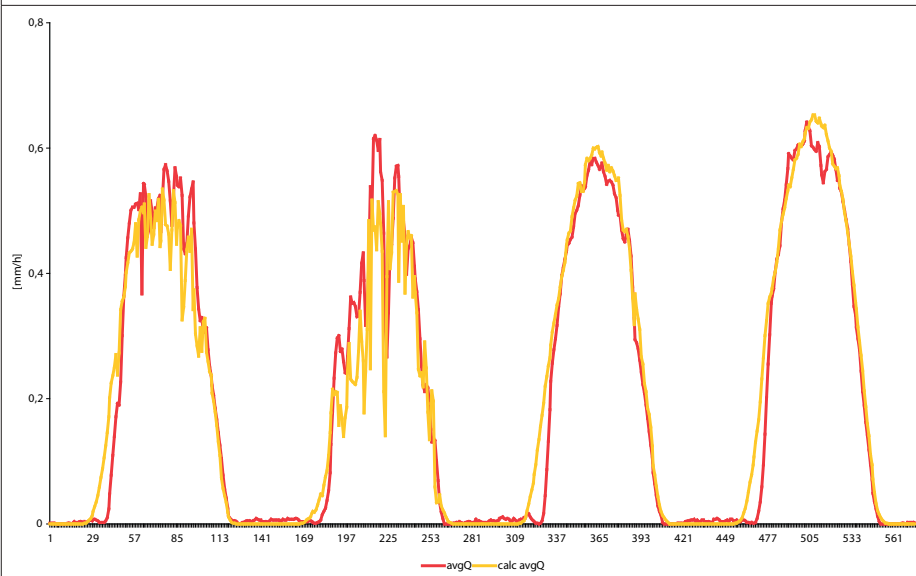
**V**oda hraje klíčovou roli v životě na Zemi. Neustále probíhá výměna vody mezi souší, mořem a atmosférou – hydrologický cyklus.

• Součástí hydrologického cyklu jsou: výpar – kondenzace – transport – srážky – infiltrace – povrchový tok a podpovrchový odtok a akumulace

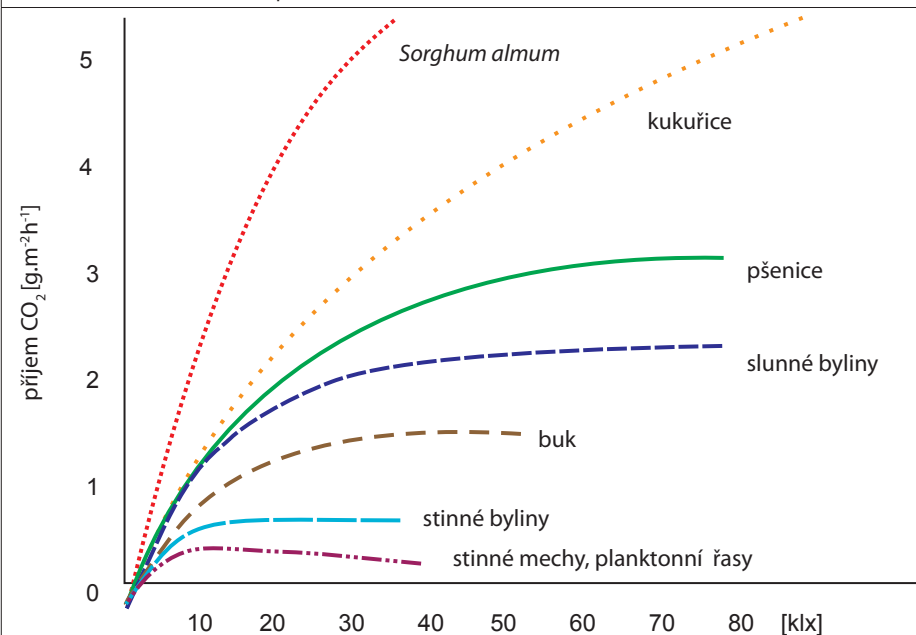
• Při skupenských přeměnách vody dochází k produkci/spotřebě energie, tabulka 1

Proces	Změny skupenství	Spotřeba [-] nebo produkce [+] tepla
Kondenzace	pára – voda	2 500 J/g
vypařování	voda – pára	-2 500 J/g
Tuhnutí vody	voda – led	333 J/g
Tání ledu	led – voda	-333 J/g
Desublimace	pára – led	2 833 J/g
Sublimace	led – pára	-2 833 J/g

Graf 1: Denní průběh měřeného průtoku avgQ [mm h<sup>-1</sup>], odvozený z průtoku jednotlivými rostlinami řepky ozimé a přepočtený na 1 m<sup>2</sup> plochy, ve srovnání s kalkulovanými hodnotami calcQ v desetiminutových intervalech (R<sup>2</sup> = 0,94)

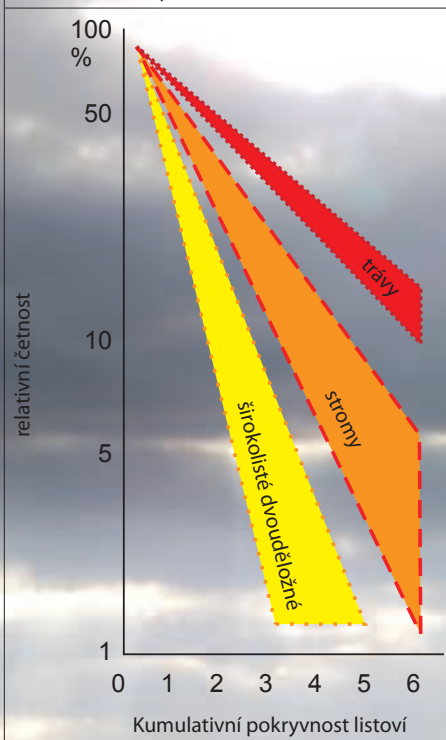


Graf 2: Závislost intenzity fotosyntézy, vyjádřené příjmem CO<sub>2</sub> na světelných podmínkách různých druhů rostlin (Larcher, 1988, upraveno)

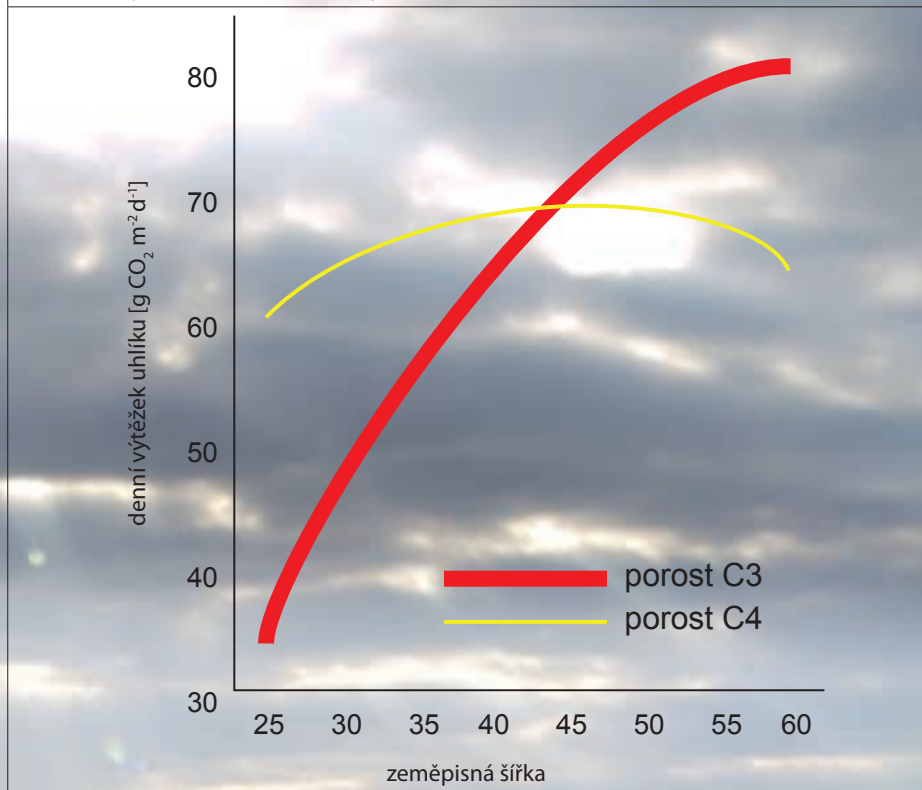




Graf 3: Relativní množství radiace penetrující do porostu v závislosti na indexu listové plochy LAI (poměru plochy listové ku ploše porostní) (Larcher, 1988, upraveno)

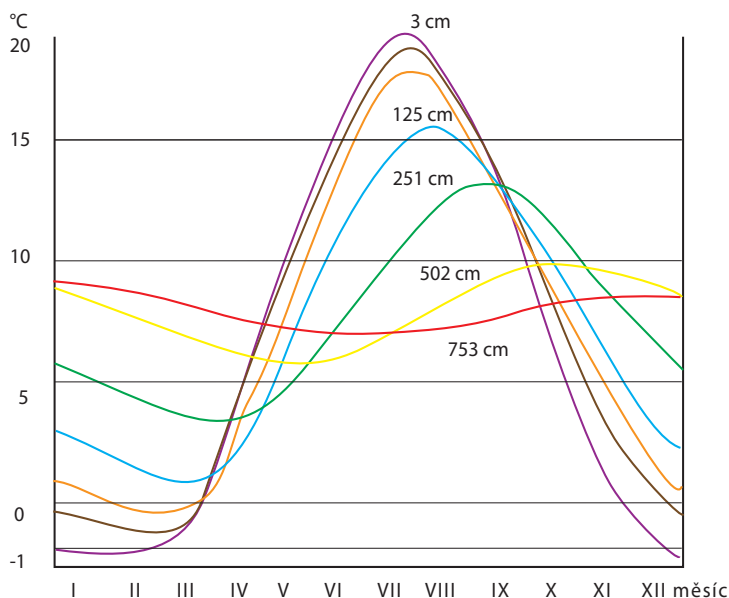
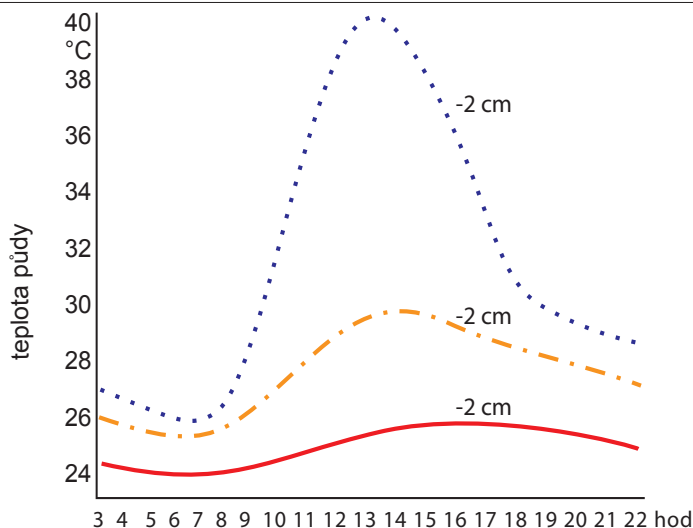


Graf 4: Celkový denní výtěžek uhlíku stejně hustým porostem  $C_3$  a  $C_4$  trav v závislosti na zeměpisné šířce severní polokoule (Larcher, 1988, upraveno)

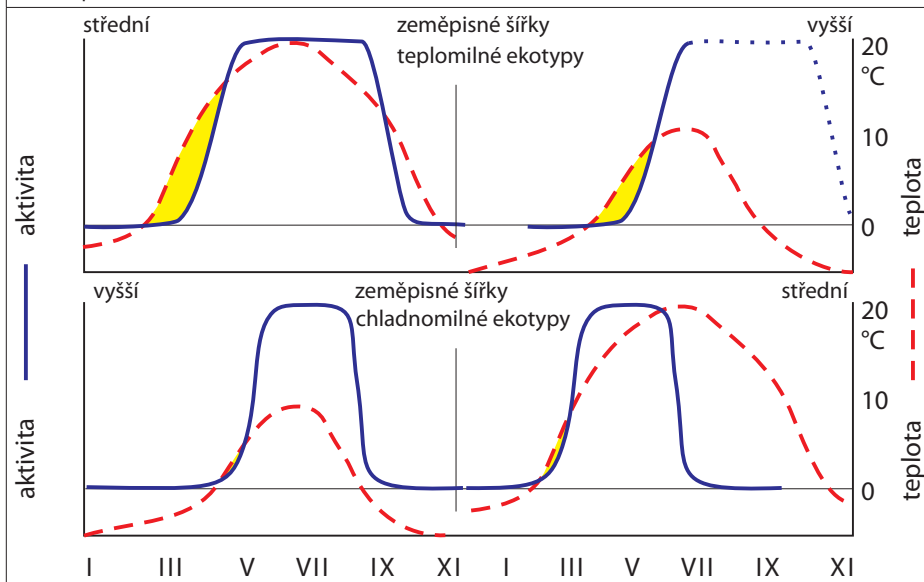




Graf 5: Denní kolísání teploty půdy na plochách bez vegetace (tečkovaně), s mezerami v zápoji (čérchovaně) a v zapojeném porostu (plně) – nahoře; sezónní kolísání teplot půdy v různé hloubce na příkladu severní Evropy (Larcher, 1988, upraveno)



Graf 6: Diagram časové koordinace klimatického a růstového rytmu různých ekotypů rostlin (Larcher, 1988, upraveno).



• Bilance vody v půdě kolísá v závislosti na vývoji srážek a vegetace, graf 8

• Vodní bilance: rostlina = absorpce vody – transpirace; porost = srážky – evapotranspirace – změny zásoby vody v půdě – změny zásoby vody v biomase

• Dojde-li k záporné bilanci (zpravidla přes den), zúží se průduchy až do ustavení nové rovnováhy – neustálá oscilace (vyrovnaná bilance dosažena večer či v noci); během sucha vodní sytostní deficit (WSD) v rostlině narůstá, dokud opět nezaprší

• Kolísání obsahu vody v rostlině ovlivňuje koncentraci buněčných šťáv a vodní potenciál buněk, který se zvyšuje při narůstání WSD

• Rostliny euryhydrické snášejí velký osmotický tlak buněčných šťáv bez poškození, u rostlin stenohydričských dochází při jeho nepatrném zvýšení k poruchám životních funkcí

• Podle schopnosti rostlin vyrovnávat výkyvy v zásobení vodou rozdělujeme rostliny na:

– poikilohydričské (bakterie, sinice, řasy, houby, lišejníky, některé cévnaté výtrusné rostliny s malými buňkami bez centrální vakuoly) a homoiohydričské (s vakuolizovanými buňkami, které se dovedou přizpůsobit nedostatku vody, ale nesnáší vysušení – kutikula, průduchy, kořenový systém)

– izohydričské – hydrostabilní, schopné vyrovnávat denní výkyvy vodní bilance průduchy v součinnosti s bohatým kořenovým systémem (stromy, trávy, stínomilné rostliny, sukulenty) a anizohydričské – hydrolabilní, u nichž dochází k velkým ztrátám vody a zvyšování vodního potenciálu (euryhydrické cévnaté rostliny, poikilohydričské rostliny a byliny slunných stanovišť), graf 9.

Tedy nejsou-li po jisté období srážky, vyčerpají se zásoby vody v půdě a vodní bilance rostliny se postupně zhoršuje. Osmotické spektrum jednotlivých ekotypů ilustruje graf 10.

• Vodní bilance v období sucha je dána poměrem kladné složky radiační bilance  $R_n + [MJ\ m^{-2}\ rok^{-1}]$  a energií, spotřebovanou na výpar srážek  $\lambda S [I = \text{měrné teplo výparu vody} = 2,5\ MJ\ kg^{-1}, S = \text{úhrn srážek za rok} = kg\ m^{-2}\ rok^{-1}]$ , vyjádřené kupř. tzv. radiačním indexem sucha (např. dle Budyky); aridní oblasti mají poměr  $> 1$ , humidní  $< 1$ . Dalším vztahem, určujícím ariditu či humiditu oblasti může být výraz:

• Končekův index zavlažení:

$$I_z = \frac{R}{2} + \Delta r - 10t - (30 + v^2)$$

Oblastí, nejsušší  $< -20$ , přechodné  $0 - 60$ , nejvlhčí  $> 120$ ,  $R$  = úhrn srážek IV-IX,  $\Delta r$  = kladná odchylka srážek XII-II od 105 mm,  $t$  = průměrná teplota IV-IX,  $v$  = průměrná rychlost větru IV-IX,

- Langův dešťový faktor:

$$f = \frac{h}{t}$$

nejvyšší <60, přechodné 70 – 80, vlhké >120,  
**h** = průměrný roční úhrn srážek, **t** = průměrná roční teplota

- hydrotermický koeficient Seljaninova:

$$k = \frac{h}{0,1St'}$$

Aridní <1, humidní >1, **h** = úhrn srážek s průměrnou teplotou  $\geq 10^\circ\text{C}$ , **St'** = suma průměrných denních teplot  $\geq 10^\circ\text{C}$

- **Výpar** lze stanovit:

- a) potenciální:

- měřením (Picheho výparoměr, výparoměr GGI3000, ...)
- empirickými metodami (dle Turca, Priestley – Taylora, Linacre, Thornthwaite, ...)
- kombinovanými metodami (metoda Penmanova, Penman – Monteithova, ...)

- b) aktuální:

- měřením (pomocí lyzimetru, klimatizovanými komorami, ...)
- metodou vodní bilance
- fyzikálními metodami (metoda energetické bilance – Bowenova, „eddy correlation“, stanovení transpirace, ...)

• Příkladem metody stanovení aktuálního výparu je metoda tepelné bilance, založená na rozdělení přivedené energie na složku konduktivní a složku ohřevu proudící vody, protékající měřičem, podle vztahu:

$$P = Q \times dT \times cw + dT \times z$$

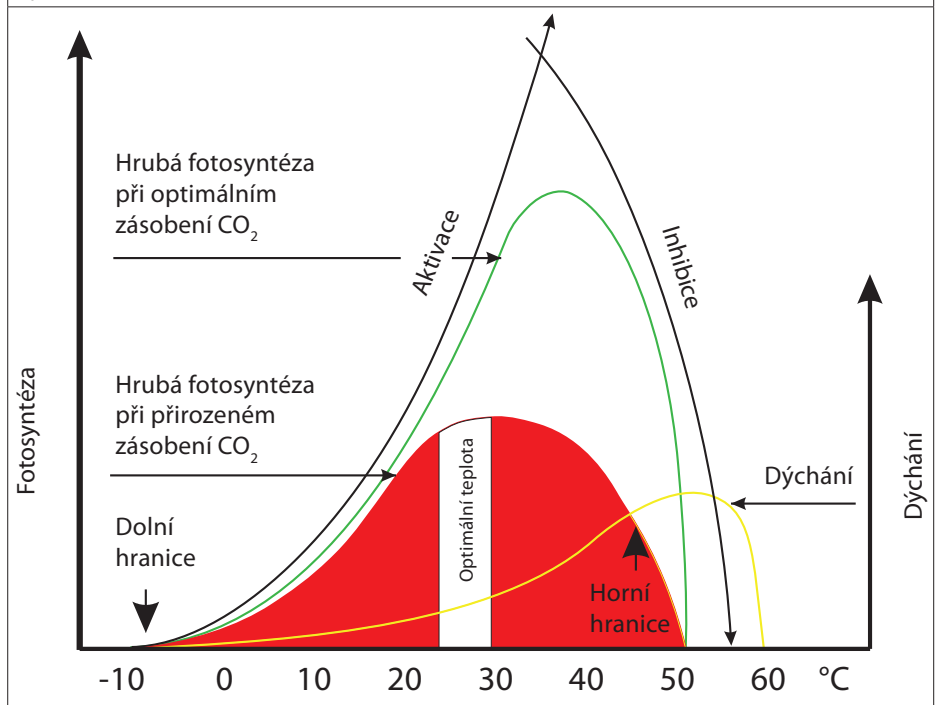
Kde **P** = příkon energie [W], **Q** = průtok vody [ $\text{kg s}^{-1}$ ], **dT** = gradient teploty v měřiči [K], **cw** = měrné teplo vody [ $\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ ] a **z** = koeficient tepelné ztráty v měřiči [ $\text{W K}^{-1}$ ]; obecně platí, že průtok vody je nepřímě úměrný teplotnímu gradientu.

Rotace Země spolu s náklonem zemské osy způsobuje periodické změny množství disponibilní energie během dne (diurnální změny – diurnální fotoperiodicita, termoperiodicita) i během roku, viz graf 11 (sezónní fotoperiodismus, termoperiodismus, hydroperiodismus).

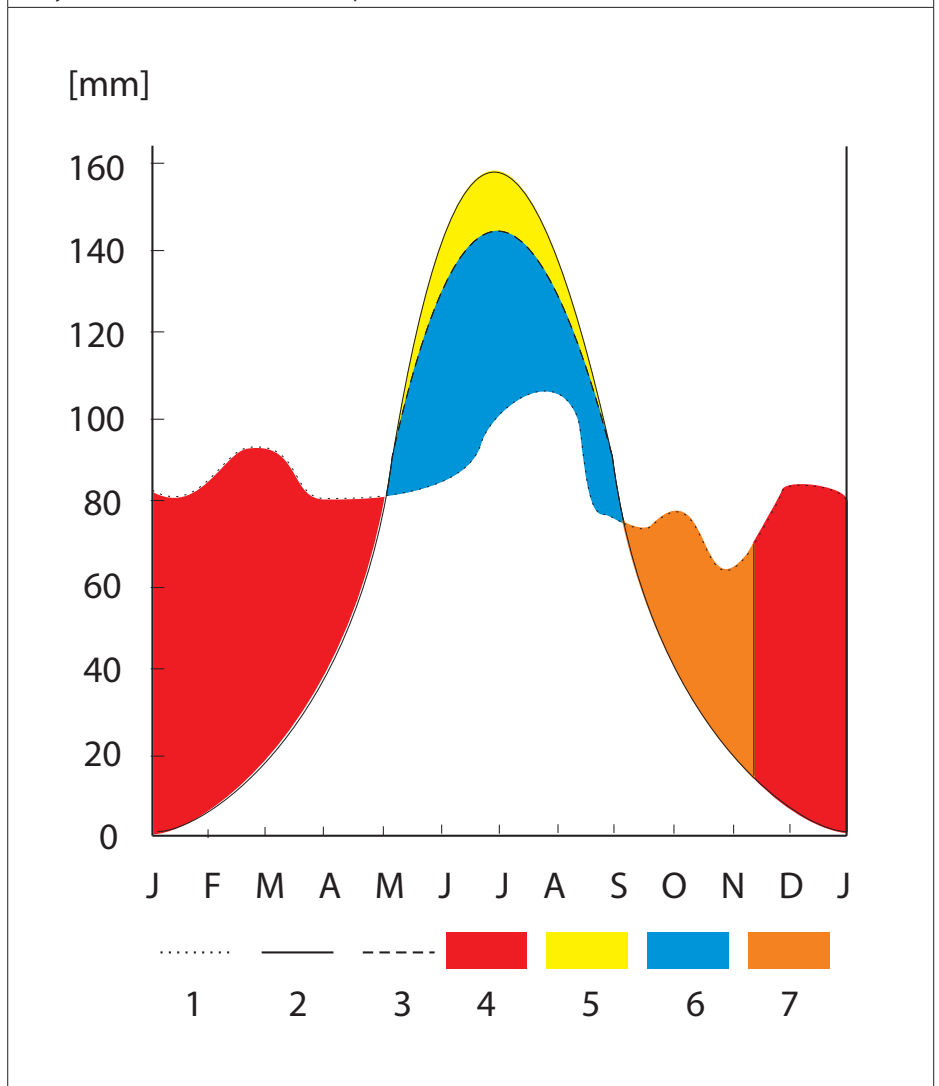
- Diurnální rytmus má vliv na:

- procesy spojené s fotosyntetickou asimilací
- aktivitu dýchání – disimilací
- propustnost protoplazmy a transport látek
- růstové procesy

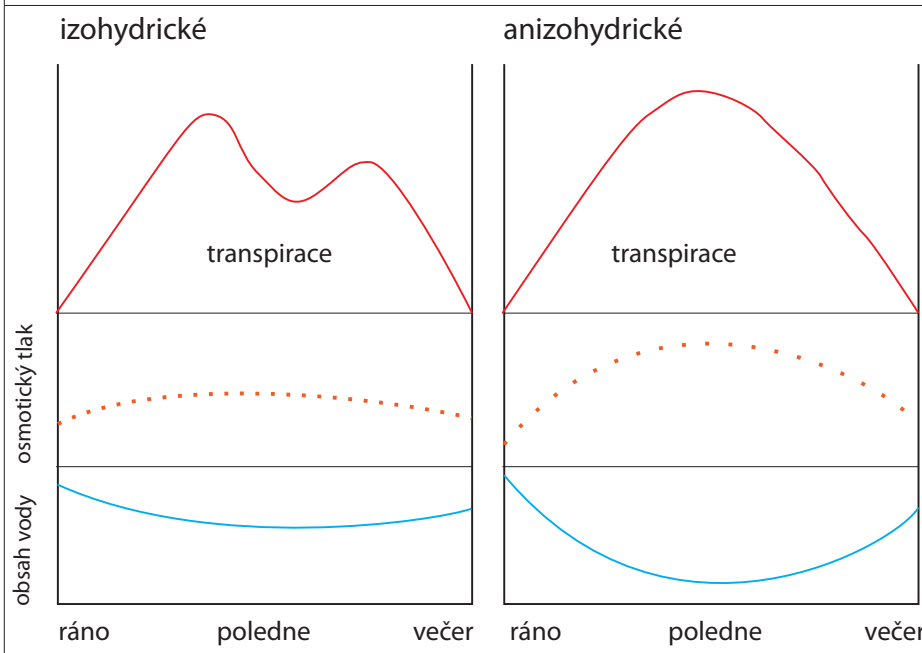
Graf 7: Schematické znázornění teplotní závislosti fotosyntézy a dýchání rostlin (Larcher, 1988, upraveno)



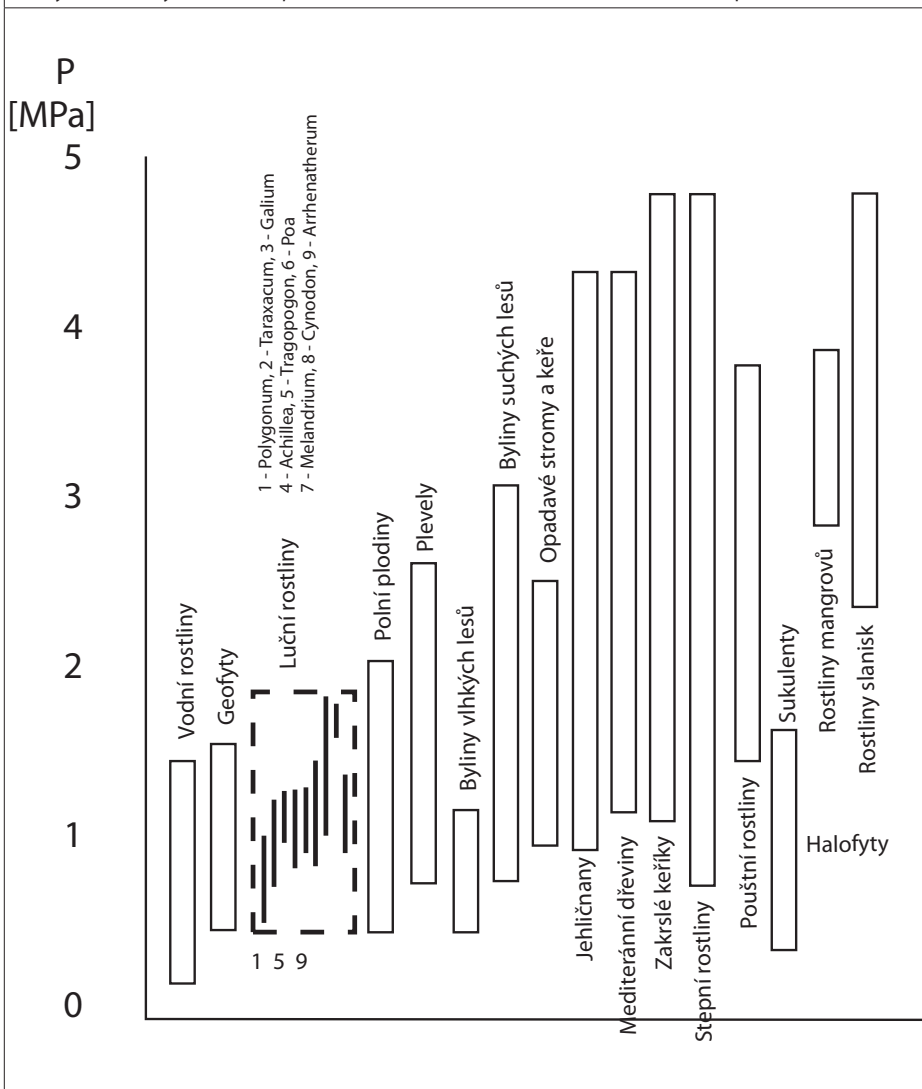
Graf 8: Obecný průběh vodní bilance během roku: (1) srážky, (2) potenciální evapotranspirace, (3) skutečná evapotranspirace, (4) nadlepšení, (5) deficit, (6) využití půdní vláhly a (7) doplnění půdní vláhly (Thornthwaite a Mather, 1955, upraveno)



Graf 9: Schematické diagramy dvou základních typů mechanismů vodní bilance rostlin. Izohydrický je schopen předejít větším změnám osmotického tlaku regulací transpirace průduchy. Anizohydrický typ omezuje transpiraci až při značném vyschnutí (Larcher, 1988, upraveno)



Graf 10: Rozsahy hodnot osmotického tlaku (osmotické spektrum) různých rostlinných ekotypů. Luční druhy zastoupeny: 1 – *Polygonum bistorta*, 2 – *Taraxacum officinale*, 3 – *Gallium mollugo* a *Campanula rotundifolia*, 4 – *Achillea millefolium*, 5 – *Tragopogon pratensis*, 6 – *Poa pratensis*, 7 – *Melandrium album*, 8 – *Cynodon dactylon* a *Lolium perenne*, 9 – *Arrhenatherum elatius* (Larcher, 1988, upraveno)



- Fáze vývoje jedince mají svoji posloupnost, probíhající podle geneticky zakódovaných norem za spoluúčasti fytohormonů v součinnosti s vlivy prostředí (nucené – aionomické a vrozené – autonomické přerušování růstu rostlin, fyziologické hodiny s predormancí, dormancí a postdormancí)

- Cyklus rašení, kvetení, tvoření a zrání plodů a stárnutí v závislosti na počasí sleduje fenologie, tzv. fenofáze závisí v první polovině roku na teplotách, resp. překročení určitých teplotních hranic (u časně kvetoucích druhů nižších, u pozdně kvetoucích vyšších), v druhé polovině roku nabývají na významu spíše teplotní sumy – aktivních, efektivních teplot – než prahové hodnoty, spolu s dalšími vlivy, jako jsou fotoperioda, zásoba vody, živin

- K podrobnější analýze vlivu faktorů prostředí slouží fenometrie, popisující kvantitativně růstové charakteristiky, kupř. kambiální růst prostřednictvím dendrometrie

- Fotoperioda ovlivňuje kvetení, vzházení semen, opadání listů, podzimní barvení listů; hlavním fotoreceptorem rostlin je pigment fytochrom, mající formu s absorbcí záření 660 nm, převažující v noci a 730 nm vlnové délky, převažující přes den, mající biologicky aktivní účinky, dle převahy jednotlivých forem a z ní plynoucího období přechodu vegetativní fáze v generativní rozlišujeme krátkodenní (chryzantéma) a dlouhodenní (jahoda) rostliny

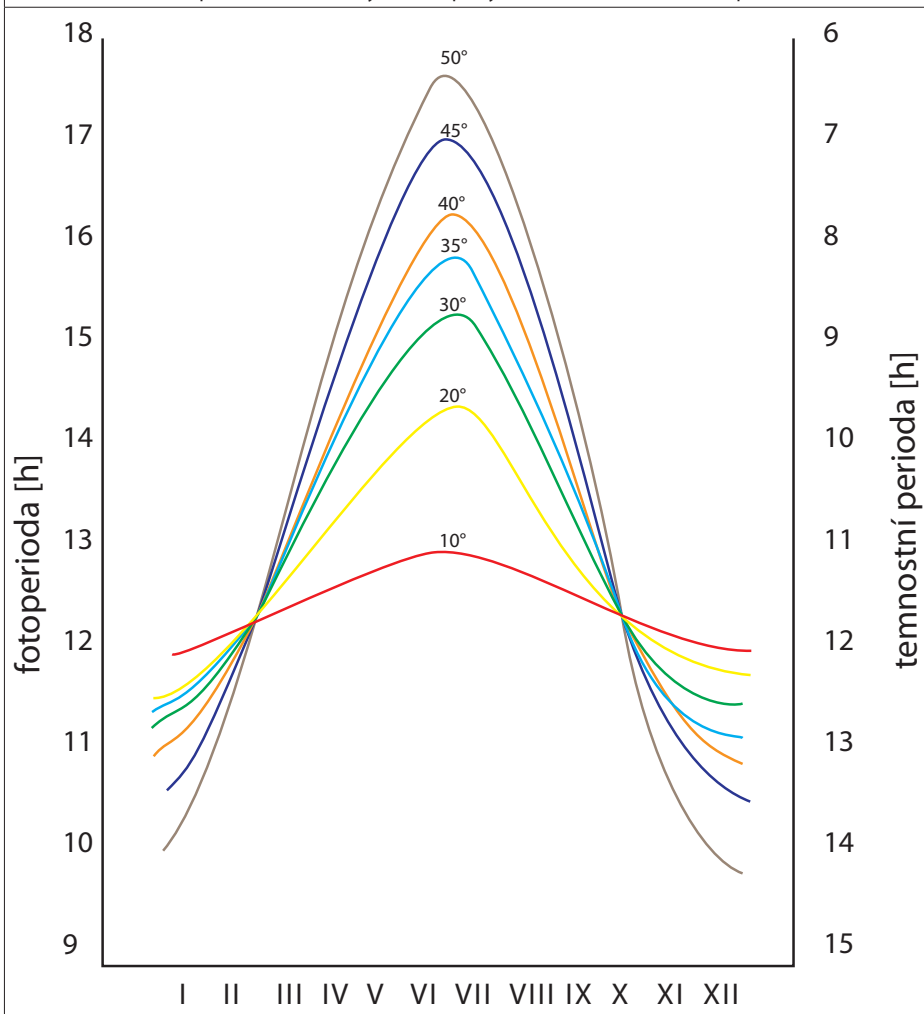
V neposlední řadě ovlivňuje nepřímo (kupř. vodní bilanci) či přímo (deformace, desikace, zakrnělý vzrůst, eroze, přenos škůdců a semen) rostliny proudění vzduchu v jejich těsném okolí. Rychlost proudění nad povrchem lze popsat logaritmickým zákonem, viz graf 12.

### ZÁVĚR

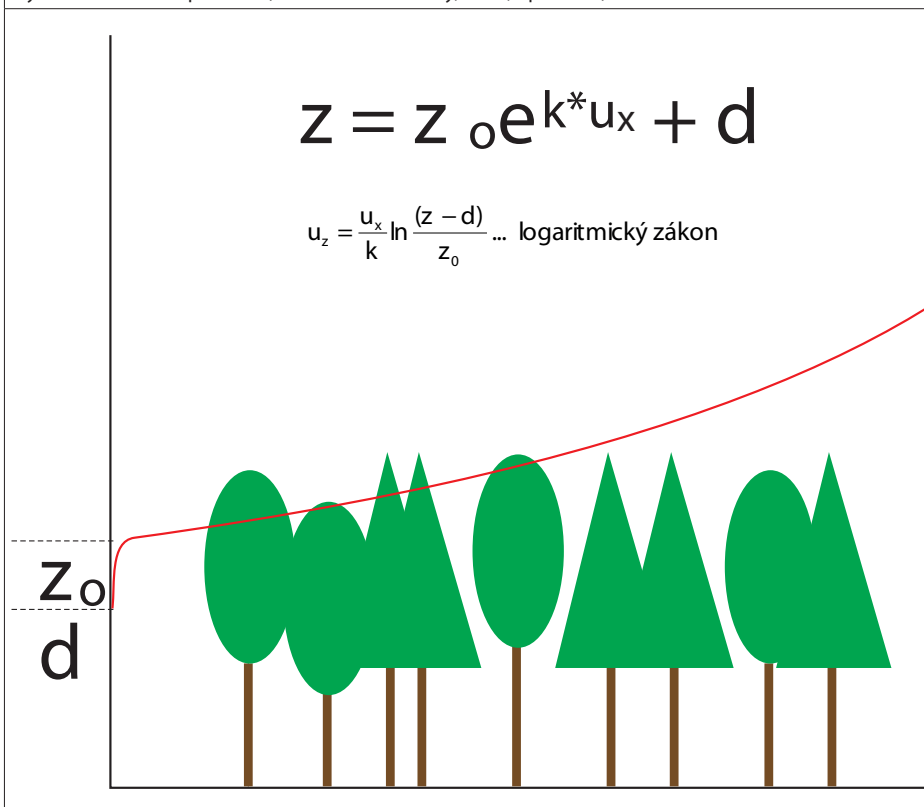
**V**liv vyjmenovaných jednotlivých činitelů na daný ekosystém se uplatňuje ve větší či menší míře současně, někdy s převahou jednoho či několika faktorů. Determinujícím faktorem bývá pro rostliny obecně dostatek disponibilní vody v ekosystému a radiační požitky. Tyto se odrážejí spolu s teplotou v intenzitě fotosyntetické produkce a tedy ve výsledné produkci rostlinné hmoty, z pohledu zemědělce v celkových výnosech. Vliv počasí v ročníku na výnosy jednotlivých plodin je předmětem neustálého zkoumání, jehož závěry nejsou a vzhledem k evolučnímu vývoji vzájemného vztahu prostředí a rostlin a vzhledem k proměnlivosti faktorů prostředí ani nikdy pravděpodobně nebudou definitivní. Přesto se v některém z příštích čísel časopisu pokusíme přinést ucelený vzhled současných poznatků v dané problematice alespoň pro nejobvyklejší pěstované druhy.

Práce vznikla v rámci projektů QF 4167 a MŠM 6046070901.

Graf 11: Sezónní fotoperiodismus v různých zeměpisných šířkách (Larcher, 1988, upraveno)



Graf 12: Logaritmický zákon rychlosti větru nad povrchem vegetace, kde  $u_z$  = rychlost větru ve výšce  $z-d$ ,  $d$  = efektivní výška porostu,  $u_x$  = dynamická rychlost větru,  $k$  = von Karmanova konstanta,  $z_0$  = dynamická drsnost povrchu (Woodward a Sheehy, 1983, upraveno)



CHYBÍ VÁM  
NĚKTERÉ  
Z ČÍSEL  
NOVÉHO  
AGRA? RÁDI  
ZAŠLEME