

## EKOLOGIE LESA

Pracovní sešit do cvičení č. 4:  
**Primární produkce lesních ekosystémů  
 – funkce abiotických faktorů**



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Prostorová modifikace hmotných a energetických toků probíhající v rámci planetárního ekosystému vytváří složitou diferencovanou strukturu – mozaiku ekosystémů nižších řádů, které jsou podmíněny funkcím klimatu (slunečnímu záření, teplotě, srážkám). Klimatem formovaný ekosystém je označován různými názvy – jako je tundra, savana, tropický deštný prales, atd..

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Nadzemní části rostlin lesních ekosystémů jsou v čase a prostoru stále vystaveny změnám v záření, teplotě, vlhkosti, pohybu vzduchu, produktům kondenzace, přičemž některé z těchto změn mohou představovat čas od času pro ekosystémy i určité ohrožení. Např. pokles srážek s růstem teplot může vyvolat vlhkostní i teplotní stres, vzduchová masa nebo srážky jsou nositelem škodlivin (imise, depozice, pevné nečistoty) - imisní stres. Jedná se o **abiotické faktory, které vznikají resp. zanikají díky klimatickým vlastnostem zemské atmosféry.**

Funkce klimatu ovlivňují vývoj lesních ekosystémů, na druhé straně struktura a složení lesních ekosystémů působí zpětně na vytváření mikroklimatu a mezoklimatu krajiny.

Změny dílčích funkcí klimatu mohou v lesních ekosystémech ovlivnit fyziologické procesy, které mohou mít pozitivní dopad (např. zvýšení přírůstu), nebo negativní (všechny druhy poškození lesů). Funkce klimatu se mohou projevit jako stres.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



Z pohledu lesnické praxe nám jde o to, abychom udržovali lesní porosty v dobrém zdravotním stavu, ekologickou stabilitu porostů, aby lesy plnily všechny požadované funkce, hospodářské, půdochranné, vodohospodářské, atd..

K eliminaci stresových účinků funkcí klimatu v lesních porostech musíme dít faktory klimatu studovat, analyzovat a pochopit jejich vzájemné vazby.

Např. v souvislosti s výkyvy klimatu (globální změny klimatického systému), lze očekávat zvýraznění klimatického stresu, zejména jeho dílčích primárních stresorů – teploty a srážek ovlivňujících škody sněhem, námrazou, větrem, suchem, imisemi atd..

Pro úspěšný „boj“ s faktory klimatu musíme znát ekologické nároky dřevin, jejich růstové podmínky, kritické dávky.....

Pro tyto studijní účely se zřizují výzkumné plochy, kde na úrovni ekosystému probíhá měření dílčích abiotických faktorů klimatu za účelem definovat, odhalovat funkce klimatu.

---

---

---

---

---

---

---

---

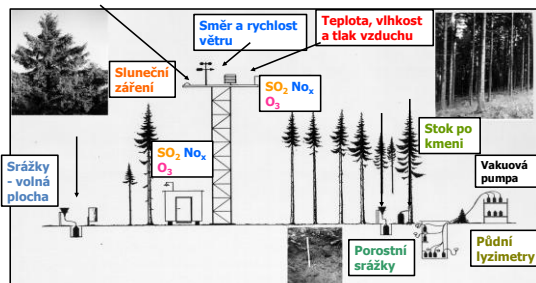
---

---

---

---

Údaje o stavu abiotických faktorů lesních ekosystémů získáváme měřením nebo modelovým výpočtem.



Při zpracování naměřených abiotických dat jsou tabulky a grafická zobrazení nejdůležitějšími prostředky, jimiž vyjadřujeme, hodnotíme a popisujeme stav abiotických faktorů. Proto jim věnujeme patřičnou pozornost, aby bylo těchto prostředků vhodně, správně a co v největší míře využíváno.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Motorem všech procesů probíhajících v troposféře a ovlivňujících všechny abiotické faktory je **sluneční záření**. Je hlavním zdrojem energie v celém systému atmosféra-aktivní vrstva tvořená např. lesním ekosystémem (porostem).

#### Abiotický faktor - záření

Slunečního záření se transformuje na **přímou a difúzní** komponentu ty tvoří tzv. **globální** (celkové) záření, odraženém záření.

Procesy - pohlcování, rozptýl = rozptýl molekulární - Rayleigho, rozptýl aerosolový

Údaje o intenzitě resp. plošné hustotě radiace získáme ze záznamů měření z klimatologických stanic nebo pomocí vlastního měření. Používají se solarimetry (nebo pyranometry) (viz foto). Měří se globální záření na horizontální plochu, difúzní (stínítko) a UV-AB radiace.



Intenzita přímého slunečního záření závisí na expozici a sklonu

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Při hodnocení radiačních poměrů lesních ekosystémů se vedle celého spektra globálního záření používá i žlutozelená část viditelného spektra vegetaci nejvíce využívána označovaná jako FAR.

Časové a prostorové rozdělení fotosynteticky aktivního záření (FAR 495-589 nm) výrazně ovlivňuje celou řadu biologických, biofyzikálních a biogeochemických procesů v lesním ekosystému.

Dostatečná pozornost se nevěnuje stresovému faktoru UV-AB záření (280-315 nm, 314-400 nm) v rámci synergického působení s přízemním ozónem, a to i přesto, že nad územím střední Evropy dochází k výraznému zeslabování ozónové vrstvy, které prokazatelně způsobuje nárůst UV-AB záření (Vaniček, 1995). UV-AB složka radiace patří mezi prekursor koncentrací ozónu.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Faktor TEPLOTA vzduchu

Dostatek tepla je jedna ze základních podmínek existence rostlin v jejich optimálních funkcích. Rostliny mají různé nároky na teplotu - mluvíme o tzv. **teplotním rozmezí** rostliny. Nejnižší rozmezí mají rostliny rovníkového pásma, vysoké rozmezí je u rostlin v mírných šířkách. Teplota je činitel, který určuje ráz všeho života v přírodě.

Rozlišujeme - **teplotní minima, maxima, optima**.

Teplotní optimum pro fotosyntézu je 20° C, teplotní maximum je 40° C. Jako teplotní minimum chápeme takovou teplotu pro fotosyntézu, dokud voda nemění v rostlině své skupenství.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Biologické minimum teploty:

Dříve se nazývala "biologická teplotní nula" nebo "nula efektivní teploty". Je to teplota, při které rostlina začíná nebo přestává růst, omezuje metabolické procesy a transformaci energie (u většiny rostlin v pásmu mírného klimatu je při teplotě  $t_t = 5^\circ\text{C}$ , u smrku se hodnota pohybuje od 5 do 8°C).

### Efektivní teplota (sumy):

Je to teplota vzduchu, zmenšená o hodnotu biologického minima teploty. Je-li teplota vzduchu 19,3 °C a teplota biologické nuly je 5 °C, pak je efektivní teplota 14,3 °C. Suma efektivních teplot představuje součet průměrných denních teplot, zmenšených o hodnotu biologického minima teploty příslušné rostliny (dřeviny). Tato kritéria se používají pro hodnocení vlivu teploty na růst a vývoj rostlin. Vždy jde o denní průměr vyšší než biologické minimum teploty, tedy vyšší než 5°C. **Suma efektivních teplot se používá jako jedno z kritérií při rajonizaci pěstování rostlin podle klimatických podmínek.** Mäkelä a Schopp (1990) definují sumu efektivní teploty na základě vztahu

$$ETS = \sum_{i=1}^n d_i [t_i - 5],$$

kde  $d_i = 1^\circ$  pokud  $t_i > +5^\circ\text{C}$  a  $d_i = 0^\circ$  pokud  $t_i \leq +5^\circ\text{C}$ ;  $t_i$  představuje průměrnou denní teplotu a  $n$  = počet dní v roce.

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

**Měření teploty vzduchu na věži na stacionární ploše Rájec-Němčice**

Údaje o teplotách dnes získáváme z kontinuálního měření v porostu pomocí odporových teploměrů nebo speciálních čidel, nebo používáme data měření v síti klimatologických stanic.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Zpracování teploty**

Při podrobných zpracování se obvykle uvádějí tyto charakteristiky: **dlouhodobé roční, měsíční průměry, průměrné denní hodnoty** (dle vzorce). Představu o povaze souborů teplot jednotlivých měsíců můžeme doplnit **nejvyšší a nejnižší** dosaženou hodnotou (podobně i pro rok).

Za významnou charakteristiku jsou považovány **sumy teplot nebo dnů** nad určitou hodnotu. Např. pro trvání počtu dnů velkého vegetačního období (průměrná denní teplota  $\geq 5$  °C), hlavního vegetačního období ( $\geq 10$  °C), pro smrk jsou významné sumy teplot na 8 °C (teplota při které začíná rašit). Dále lze stanovit počty **mrazových dnů** ( $t_{min} \leq -0.1$  °C), **ledových dnů** ( $t_{max} \leq -0.1$  °C), **letních dnů** ( $t_{max} \geq 25$  °C), **tropických dnů** ( $t_{max} \geq 30$  °C).

U termínovaných pozorování, denních průměrů teploty, u maximálních a minimálních teplot sestavujeme četnostní tabulky nebo grafy. Velmi užitečné jsou i křivky vyjadřující **pravděpodobnost opakování** (výskytu hodnoty za n-let).

---

---

---

---

---

---

---

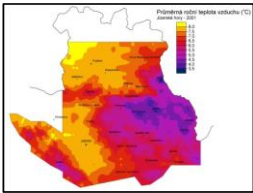
---

---

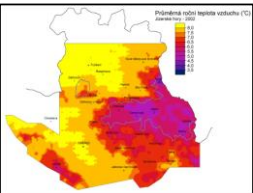
---

---

---



Rok 2001



Rok 2002

Ukázka zpracování **prostorové změny** průměrné ročních teploty vzduchu pomocí metody orografické interpolace v oblasti Jizerských hor v roce 2001 a 2002. Metoda umožňuje definovat klimatické faktory (např. teplotu vzduchu, atmosferické srážky atd.) na území, kde se měření neprovádí.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Areál rozšíření dřevin můžeme hodnotit podle vztahu k mimimální nebo maximální teplotě vzduchu. Ekologické amplitudy teploty vybraných dřevin jsou uvedeny v tabulce:

Dřevina	Teplotní amplituda (průměrná roční teplota) (°C)	Vlhkostní nároky (srážky-výpar) (mm)
<i>Picea abies</i>	2 – 6.5	> 300
<i>Quercus robur</i>	7 – 10.5	> 250
<i>Quercus petraea</i>	5.2 – 10	> 250
<i>Fagus sylvatica</i>	2.2 – 9	> 300
<i>Pinus silvestris</i>	5 – 10	230-350

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Abiotický faktor atmosférické srážky**



Údaje o množství srážek a jejich časovém rozložení získáme ze záznamů měření pomocí staničního srážkoměru (viz foto). Ještě v nedávné době se měření provádělo pomocí ombrometru, ombrografu. Dodnes se v odlehlých oblastech - horské hřbety - používá totalizátor.




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

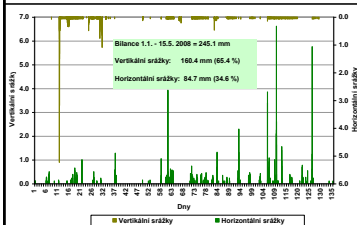
---

---

**Abiotický faktor atmosférické srážky**

**Pasivní srážkoměr pro měření usazených srážek**

Plocha válce: 342.2 cm<sup>2</sup>  
 Plocha drátu: 75.4 cm<sup>2</sup>  
 Plocha srážkoměru 500 cm<sup>2</sup>  
 Objem vaničky: 3 ml (jedno překlopení)




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Měření porostních srážek a stoku po kmeni




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Měření můžeme zpracovávat nejrůznějšími metodami, které poskytuje matematická statistika a teorie pravděpodobnosti.

V časovém měřítku se z denních úhrnů srážek zpracovávají měsíční, roční srážkové úhrny, nejvyšší, nejnižší srážkové úhrny s dnem nebo rokem výskytu. Důležitým parametrem pro hodnocení vlhkostních poměrů území se používá parametr - **bezsrážkové období**. Jde o časový interval určitého počtu dní za sebou (5 a více), ve kterém se nevyskytly žádné, ani měřitelné (0,1 mm) vertikální srážky jakéhokoliv druhu. Používá se jako parametr pro hodnocení sucha.

**Hodnocení srážek** se provádí podle ekologických nároků posuzovaných dřevin. Např. smrk je v nárocích na půdu a teplo dřevinou skromnou, ve spotřebě vody je tomu naopak. Z mnoha prací vyplývá jeho vysoká náročnost na vodu, zejména během měsíců květen-srpen, kdy dochází k největší spotřebě vody při fyziologických procesech spojených s tvorbou biomasy. Podle studií provedených v oblasti Šumavy, Krušných hor, Beskyd je k optimálnímu růstu smrčín v období květen až srpen zapotřebí alespoň 430-550 mm srážek. Za spodní hranici pro pěstování smrku ve středoevropských podmínkách za období květen až srpen se považuje **300 mm**. Pro **bukové porosty** je stanovena limitní hodnota ročního srážkového úhrnu ve výši **600 mm**. Proto se předpokládá, že srážkové úhrny pod limitní hodnotou 300 mm za období květen-srpen mohou vyvolávat u smrkových porostů vlhkostní stres.

---

---

---

---

---

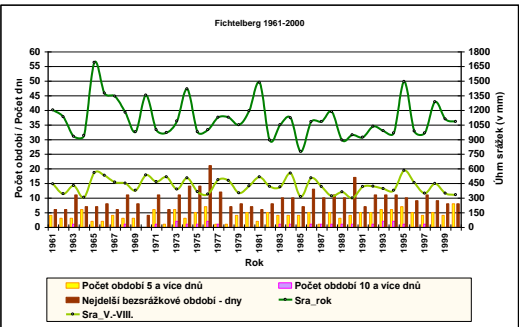
---

---

---

---

---



Ukázka zpracování údajů o vlhkostních poměrech - roční úhrn srážek, za vegetační období, periody sucha - počet dnů bezsrážkového období během vegetačního období atd.....

---

---

---

---

---

---

---

---

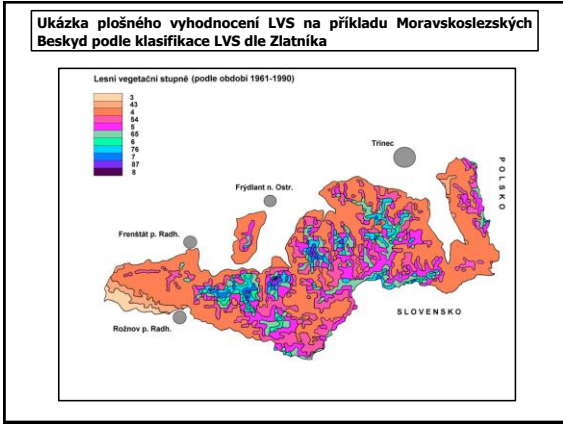
---

---










---

---

---

---

---

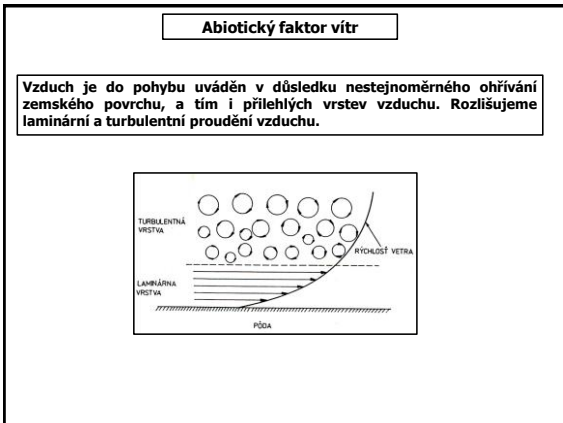
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Z meteorologických pozorování větrných poměrů vyplývá, že jde o vektorové veličiny, které jsou vyjádřeny směrem, a to v 8 nebo v 16 směrech, označených velkými počátečními písmeny českých nebo anglických názvů směrů, z nichž vítr vane. Směr větru se vztahuje ke směrem daným geografickým severem (ne magnetickým). Směry větru můžeme nahradit hodnotami azimutu.

Směr a rychlost větru měříme anemometrem - viz foto - typy senzorů pro měření směru a rychlosti větru

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Základní charakteristiky větru jsou:

- relativní četnost výskytu osmi nebo šestnácti hlavních směrů větru (v %, absolut. hodnotách)
- průměrné rychlosti větru vztahované k větrné růžici ( m s<sup>-1</sup>, km h<sup>-1</sup>)
- průměrný počet dní s bezvětřím

Pro technické potřeby se převádí rychlost větru na tlak v kg m<sup>-2</sup>. Závislost tohoto tlaku na rychlosti je dána přibližným výrazem:

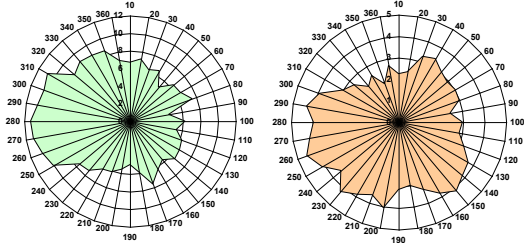
$$T = a(v + b) v^2$$

kde v je rychlost větru v m s<sup>-1</sup>, a, b jsou konstanty závislé na tvaru a rozměrech překážky (koruna stromu, porostní stěna) a na fyzikálních vlastnostech vzduchu.



Přehledný obraz o větrných poměrech podávají větrné růžice. Jejich konstrukce je různá a závisí na účelu jemuž mají sloužit, a na jevech, které zobrazují. Jsou velmi cenou pomůckou pro praxi, můžeme jimi vyjádřit současně klimatické poměry. Pak mluvíme o větrných růžicích teplotních, vlhkostních atd. - viz následující ukázky zpracování:

Průměrná rychlost větru podle směrů větru na stanici Praha-Libuš v roce 2001 - dálkový transport



Průměrná rychlost větru podle směrů větru na stanici Hradec Králové v roce 2001 - lokální transport.

#### Abiotický faktor námraza

Námraza je abiotický faktor, který za určitých povětrnostních podmínek způsobuje kalamity a působí značné škody v lesním hospodářství (energetice, dopravě).

Námraza vzniká kondenzací a sublimací vodních par na předmětech při teplotě pod 0°C nebo usazováním vodních kapek z mlhy nebo oblaku na přechlazených předmětech, kde mrznou. Hlavními činiteli vzniku námrazy jsou teplota a vlhkost vzduchu, rychlost větru, vodní obsah mlhy nebo oblaku, velikost kapek a vlastnosti předmětu, na kterém se námraza tvoří.



Nejvíce ohrožovanými dřevinami jsou smrk a buk. Možností jak zabránit škodám námrazou je málo. Mezi tyto možnosti patří především druhová skladba porostů a vhodné prostorové uspořádání porostů, popř. lesa jako celku.



Výběr abiotických klimatických faktorů závisí vždy na typu lesního ekosystému, který je studován. Pro hodnocení ekosystému lužních lesů bude struktura abiotických faktorů vztažena k dynamice hladiny podzemní vody, jiná struktura bude použita pro hodnocení smrkové monokultury vyšších horských poloh.....




---

---

---

---

---

---

---

---

**Doporučená literatura:**

S. P. Chromov: Meteorológia a klimatológia (1968), SAV Bratislava

P. Prošek, F. Rein: Mikroklimatologie a mezní vrstva atmosféry, SNP Praha, 1982

R. Netopil a kol.: Fyzická geografie I, SPN, Praha 1984

W.Larcher: Fyziologická ekologie rostlin, ACADEMIA Praha, 1988

A.V. Pobédinskij, VI. Krečmer: Funkce lesů v ochraně vod a půd, SZN, Praha, 1984

VI. Havlíček a kol.: Agrometeorologie, SZN, Praha, 1986

---

---

---

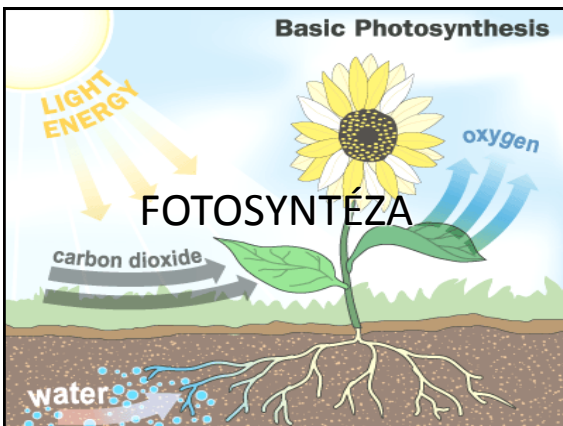
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

### Co je fotosyntéza?

- složitý biochemický proces
- nejvýznamnější anabolický proces
- mění se světelná energie na chemickou energii
- chemická energie se ukládá do vazeb organických látek
- organické látky vznikají z jednoduchých anorganických látek – vody a oxidu uhličitého

---

---

---

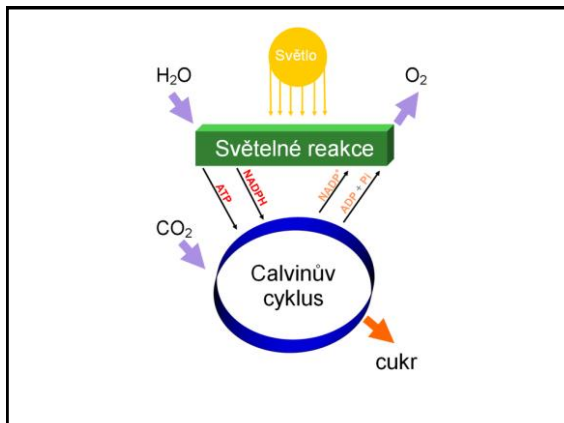
---

---

---

---

---




---

---

---

---

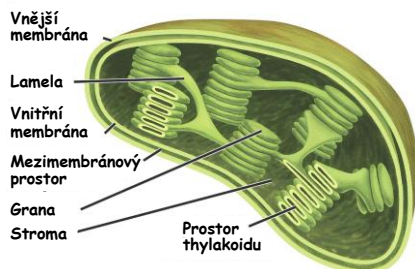
---

---

---

---

### Kde fotosyntéza probíhá?




---

---

---

---

---

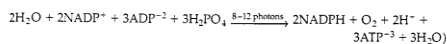
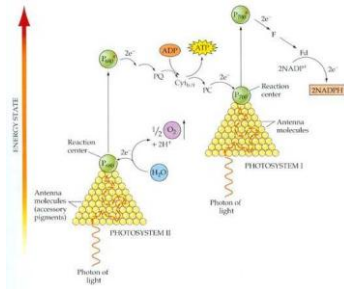
---

---

---

### Světelná fáze fotosyntézy (Hillova reakce)

- Zachycení světelných kvant pigmenty fotosystémů I a II
- fotosystém I - reakční centrum 700 nm, fotosystém II - 680 nm
- elektrony získané fotolýzou vody → zpětná redukce chlorofylu
- elektron-transportní řetězec v membránách tylakoidů → vznik ATP a redukce NADP<sup>+</sup> na NADPH<sub>2</sub>




---

---

---

---

---

---

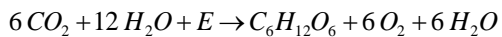
---

---

---

---

### Jaká je rovnice fotosyntézy?



ve skutečnosti velmi složitý soubor reakcí  
dělíme na procesy

**primární**  
(světelné)

**sekundární**  
(temnostní)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Co charakterizuje primární procesy?

- potřebují přímé dodávky světla
- probíhají na tylakoidech chloroplastů
- zahrnují
  - cyklickou fotofosforylaci
  - necyklickou fotofosforylaci
  - fotolýzu vody

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Co charakterizuje sekundární procesy?

- nepotřebují přímé dodávky světla
- probíhají souběžně s primárními procesy
- potřebují ale produkty primárních procesů  $\Rightarrow$  NADPH +  $H^+$ , ATP
- probíhají ve stromatu chloroplastů
- mají cyklický charakter
- známé 3 typy ( $C_3$ -,  $C_4$ -, CAM-rostliny)
- nejznámější je Calvinův cyklus

---

---

---

---

---

---

---

---

### Co je Calvinův cyklus?

- má 3 fáze
  - fixace  $CO_2$  akceptorem
  - redukce navázaného  $CO_2$  za vzniku hexózy
  - regenerace akceptoru

---

---

---

---

---

---

---

---

### Na čem závisí fotosyntéza?

- vnitřní faktory
  - množství a kvalita chloroplastů
  - množství chlorofylu
  - stáří listů
  - minerální výživa

---

---

---

---

---

---

---

---

### Na čem závisí fotosyntéza?

- vnější faktory
  - **světlo** – kvalita (400 – 700 nm); intenzita
  - **koncentrace CO<sub>2</sub>** – rostliny přizpůsobeny malé koncentraci (0,03%) velkou listovou plochou, zvýšení koncentrace (do 0,4%) ⇒ zvýšení fotosyntézy
  - **teplota** – Gaussova křivka, optimum 25 - 30 °C, u C<sub>4</sub>-rostlin je vyšší
  - **voda** – nutná pro fotolýzu, vliv na otevírání průduchů ⇒ příjem CO<sub>2</sub>

---

---

---

---

---

---

---

---

### Jaký je význam fotosyntézy?

- udržuje život na Zemi
  - přeměna světelné energie na chemickou
  - produkce organických látek
  - produkce kyslíku
  - udržuje koncentraci CO<sub>2</sub> v atmosféře
- existuje více než 2 miliardy let
- vytvořila energetické suroviny

---

---

---

---

---

---

---

---

### Doporučená literatura

- J. Slavíková – Ekologie rostlin, SPN Praha, 1986  
 D. Dykyjová a kol. – Metody studia ekosystémů, Academia Praha, 1989  
 J. Kulhavý a kol. – Ekologie lesa I, II, MZLU Brno 2003, 2006  
 I. Míchal – Ekologická stabilita, MŽP Praha 1992

---

---

---

---

---

---

---

---