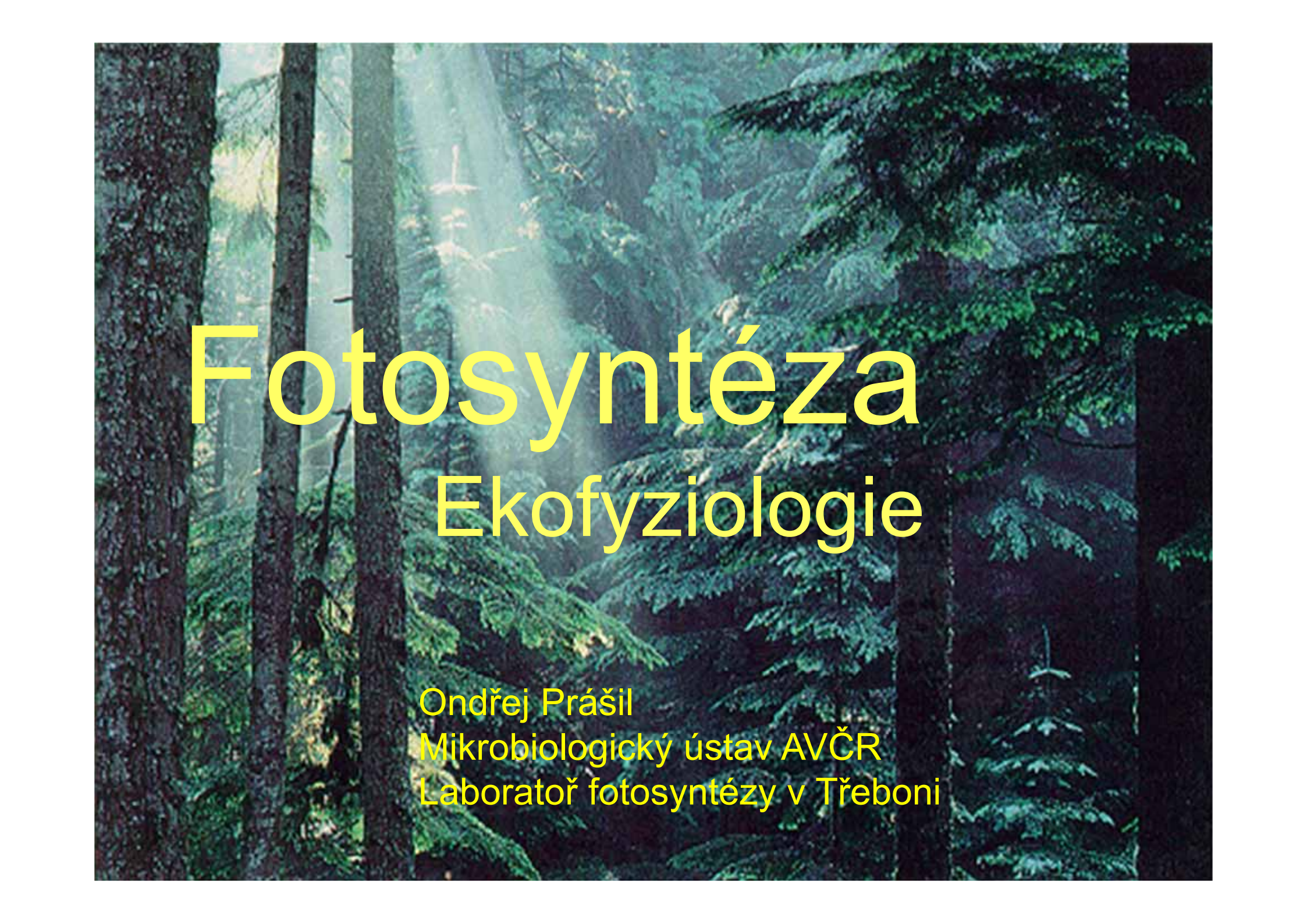




Fotosyntéza

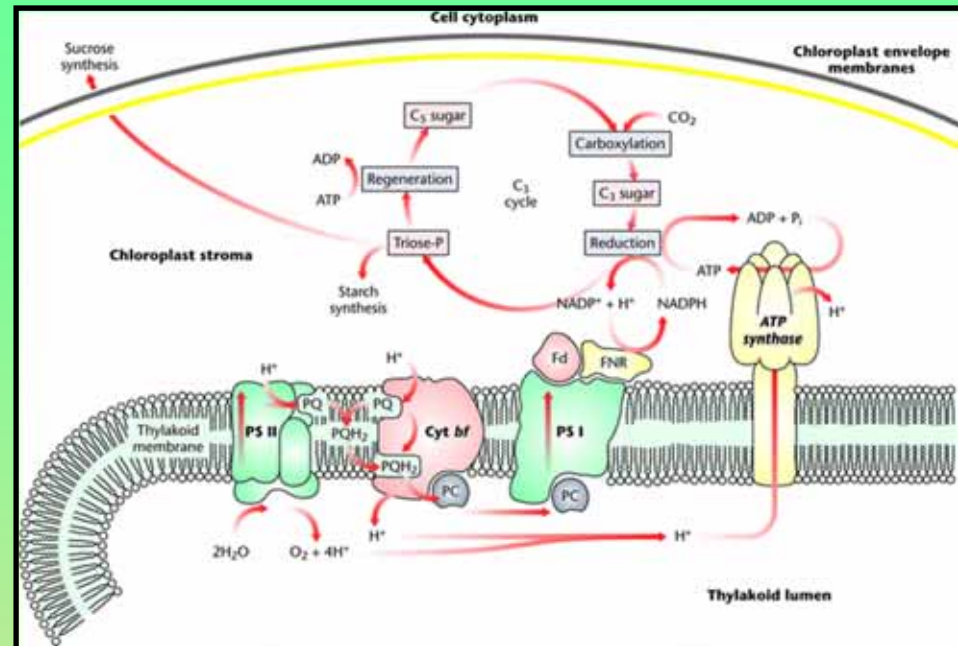
Ekofyziologie

Ondřej Prášil
Mikrobiologický ústav AVČR
Laboratoř fotosyntézy v Třeboni

Fyziologické a ekologické aspekty fotosyntézy

vliv stresů a proměnného prostředí na fotosyntézu;
mechanismy adaptace na stres

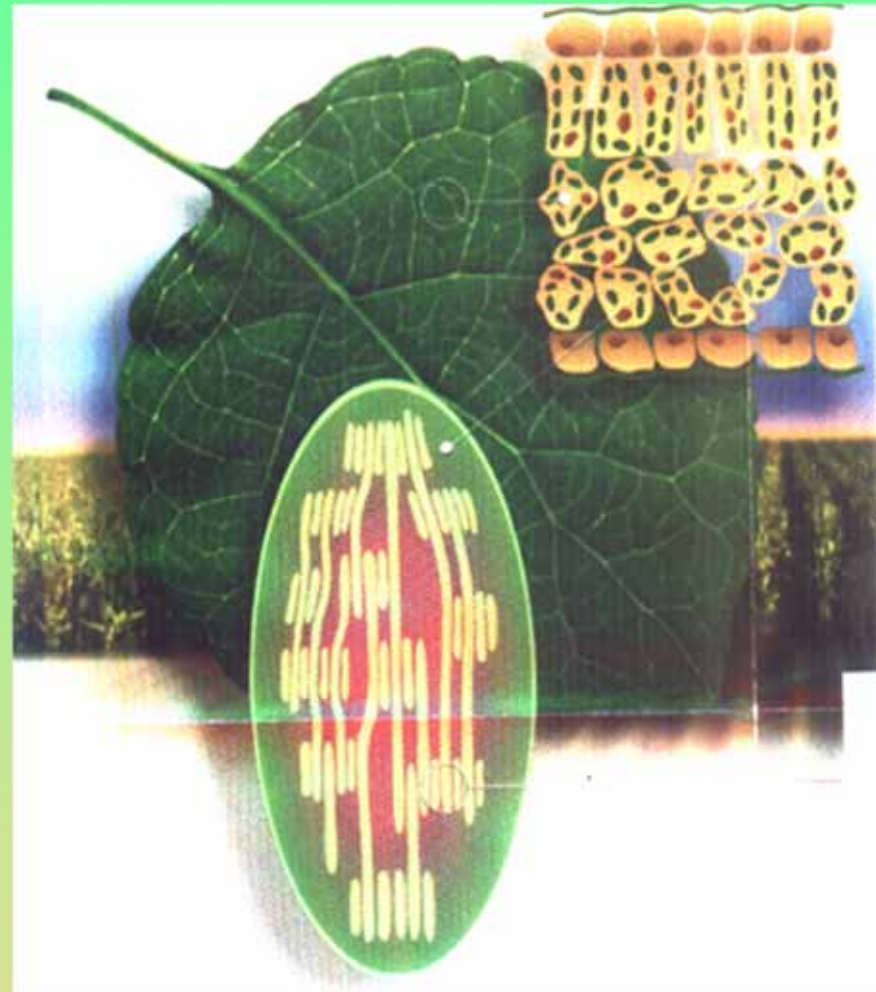
- světlo
- koncentrace CO_2
- teplota
- vlhkost



Fyziologické a ekologické aspekty fotosyntézy

vliv stresů a proměnného prostředí na fotosyntézu;
mechanismy adaptace na stres

- světlo
- koncentrace CO_2
- teplota
- vlhkost



Veličiny charakterizující světelné záření:

Spektrální složení – PAR: fotosynteticky aktivní záření, 400-700 nm

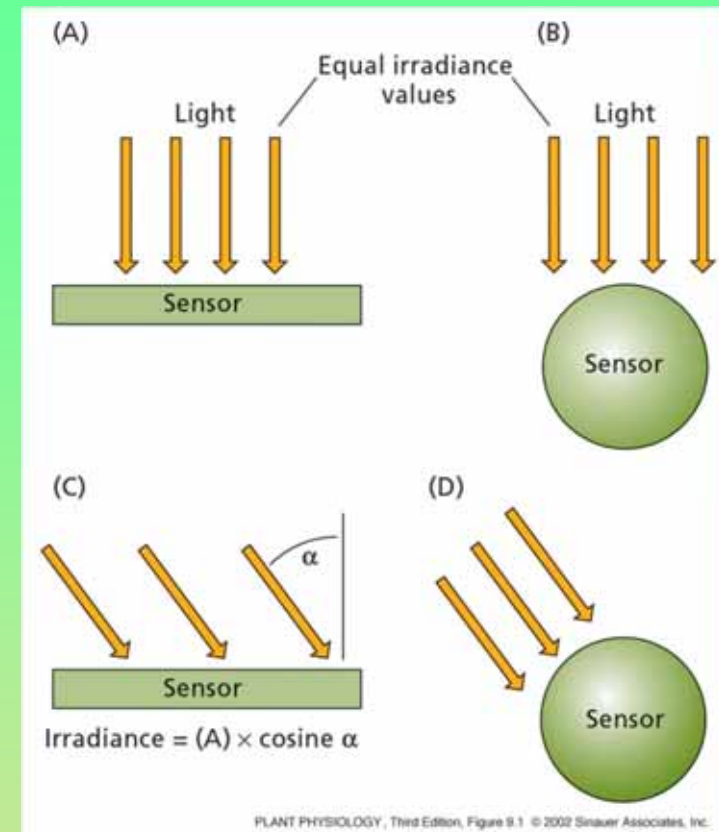
Ozářenost („irradiance“) – množství světelné energie dopadající na jednotku plochy [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]

Množství fotonů (kvant) na jednotku plochy [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]

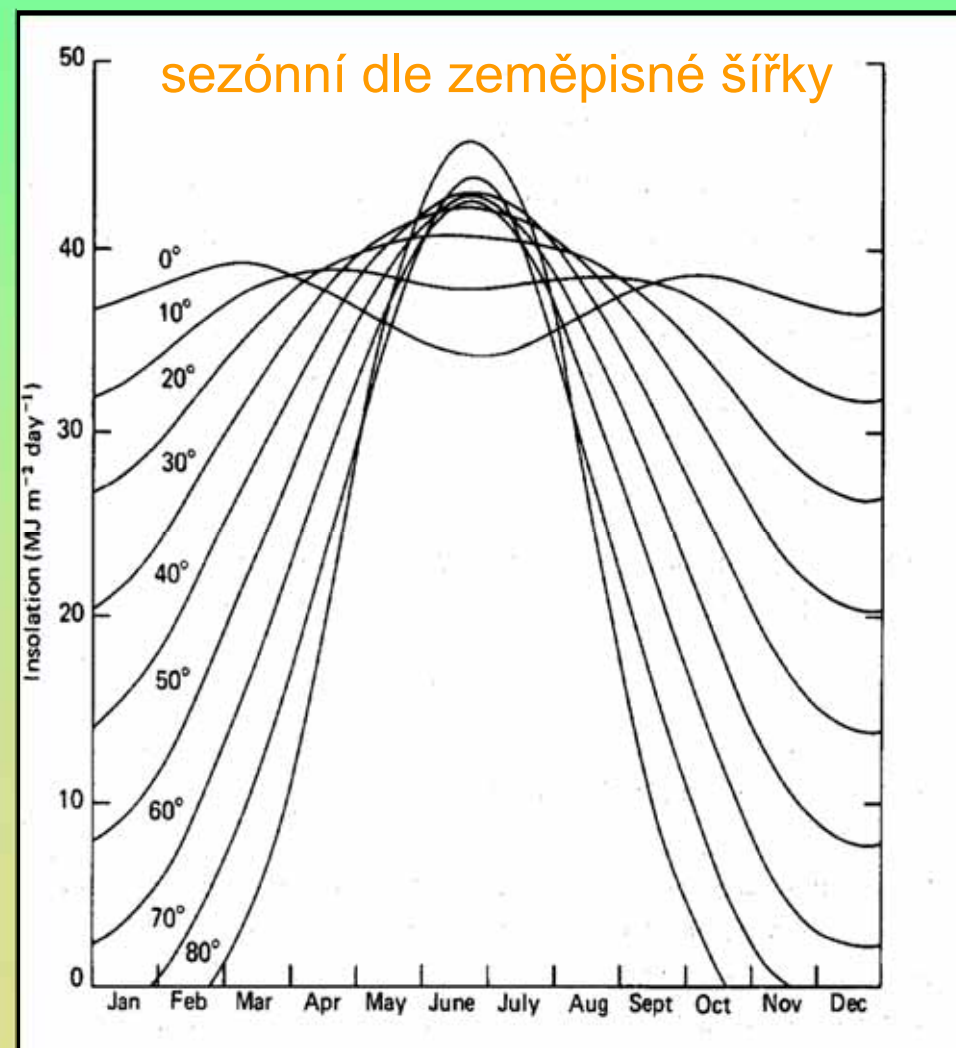
TABLE 9.2
Concepts and units for the quantification of light

	Energy measurements (W m^{-2})	Photon measurements ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Flat light sensor	Irradiance	Photon irradiance
	Photosynthetically active radiation (PAR, 400–700 nm, energy units)	PAR (quantum units)
	—	Photosynthetic photon flux density (PPFD)
Spherical light sensor	Fluence rate (energy units) Scalar irradiance	Fluence rate (quantum units) Quantum scalar irradiance

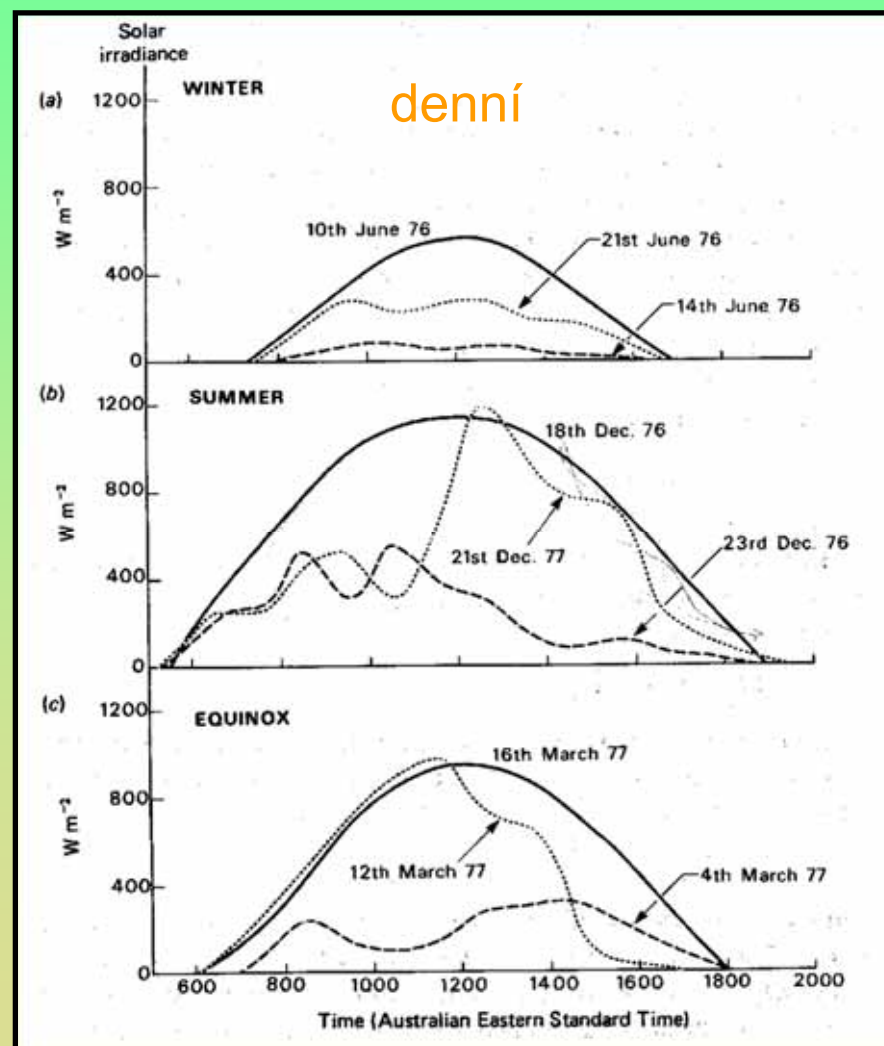
PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Table 9.2 © 2002 Sinauer Associates, Inc.

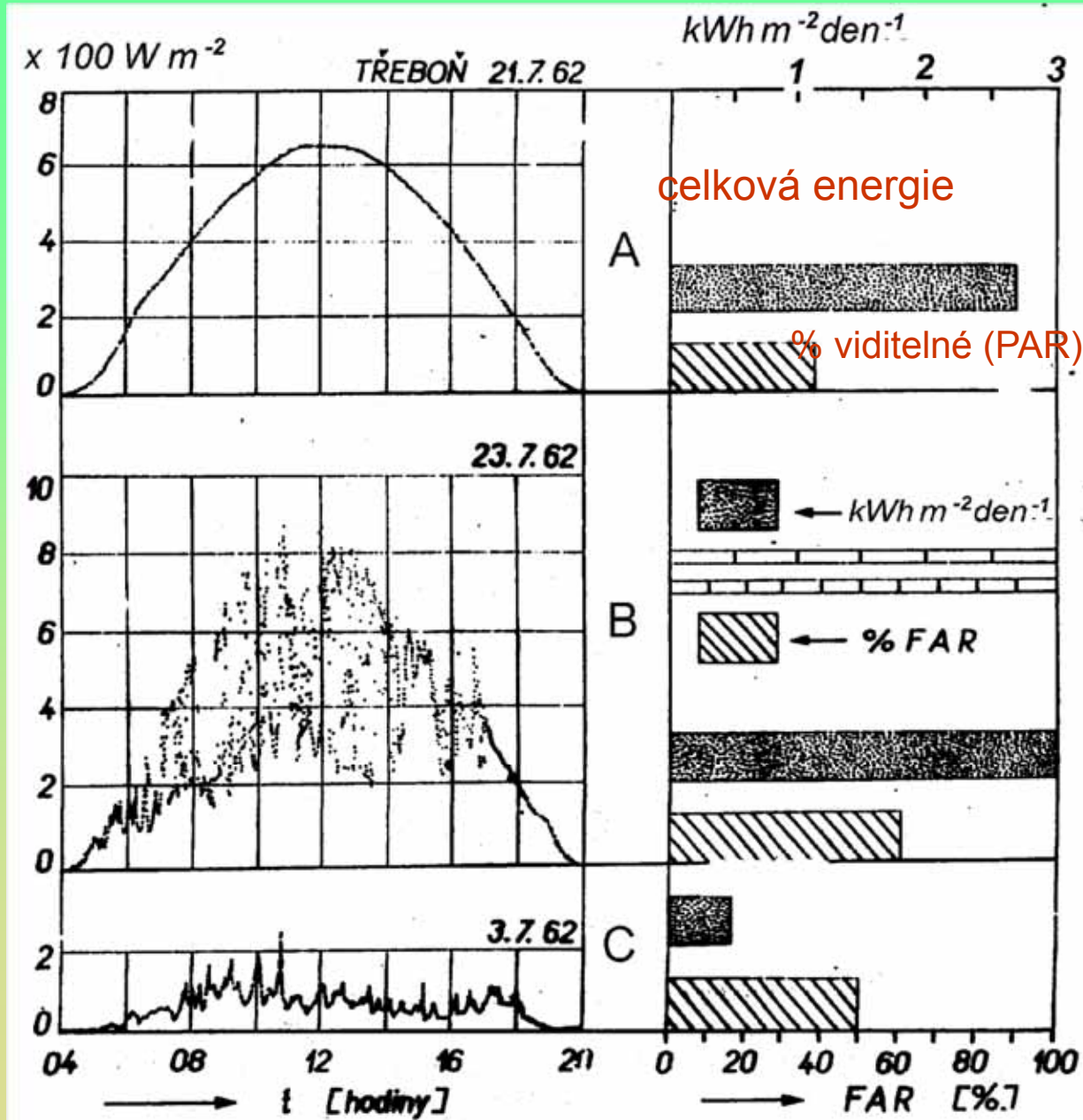


Variabilita množství dopadající světelné energie

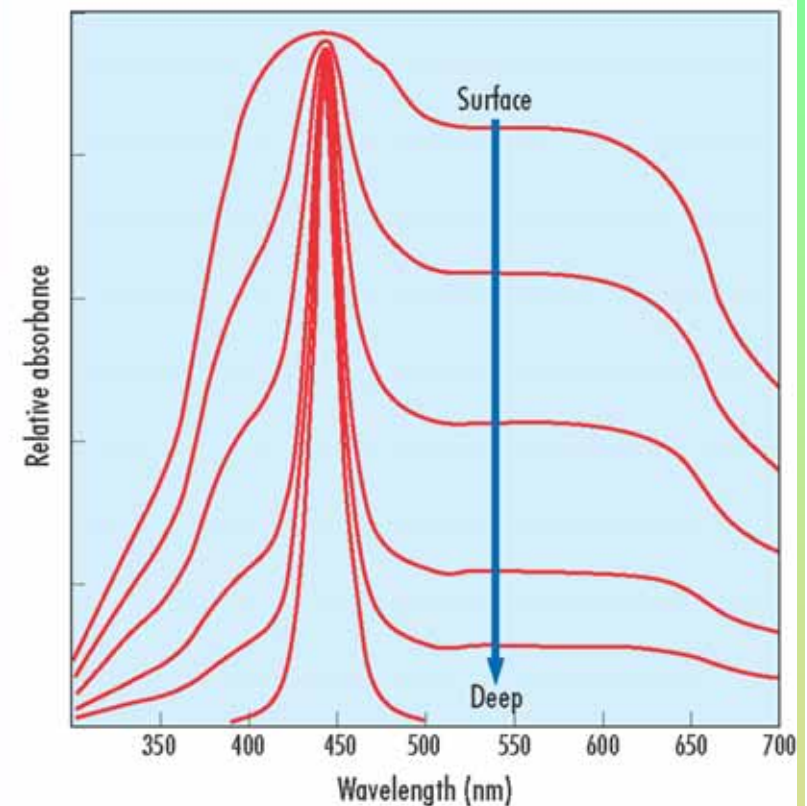
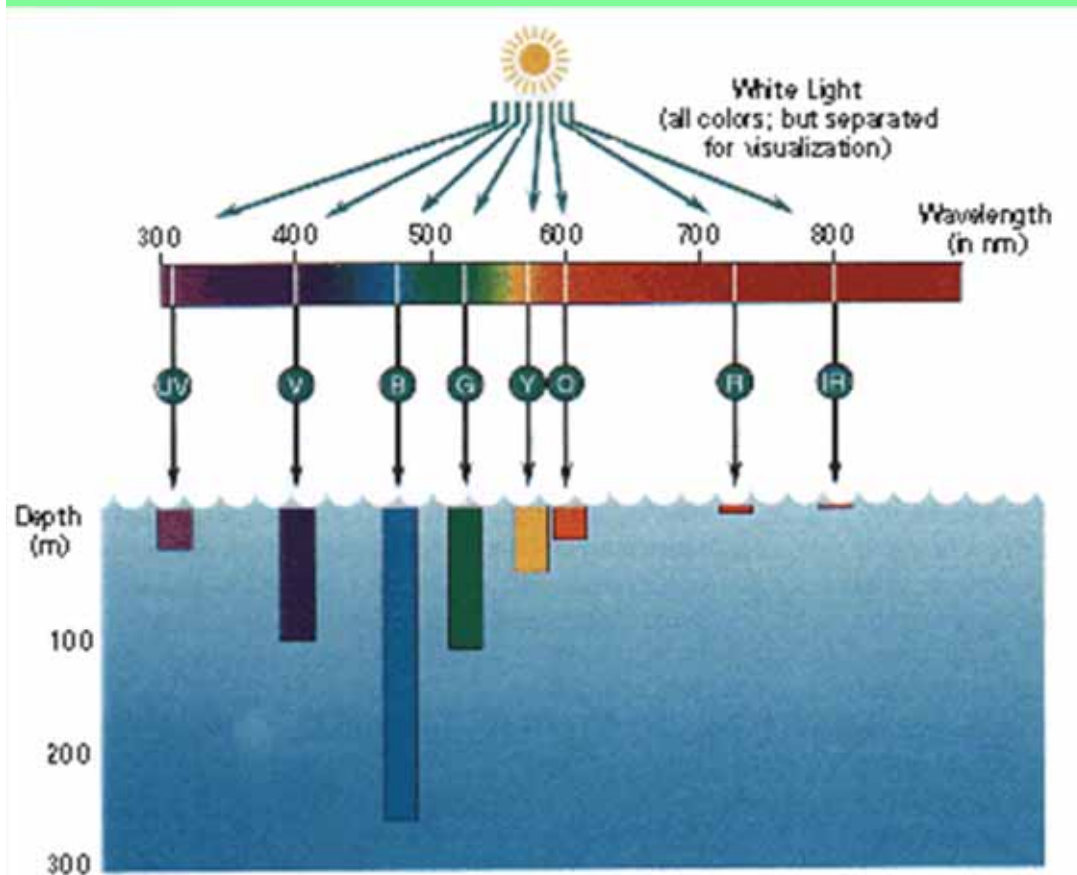


Variabilita množství dopadající světelné energie



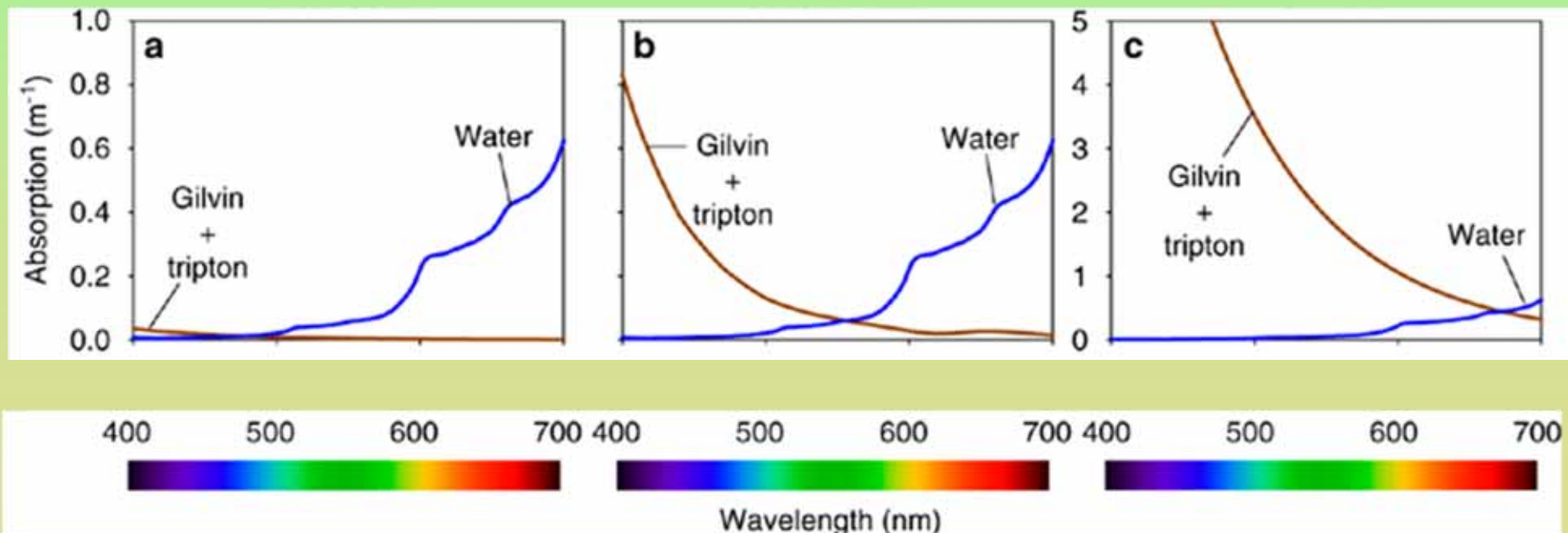
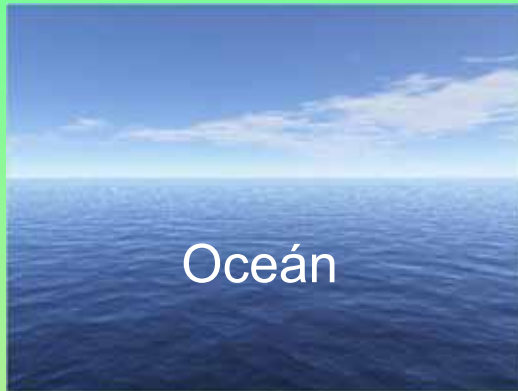


Optické vlastnosti vody určují světelné spektrum

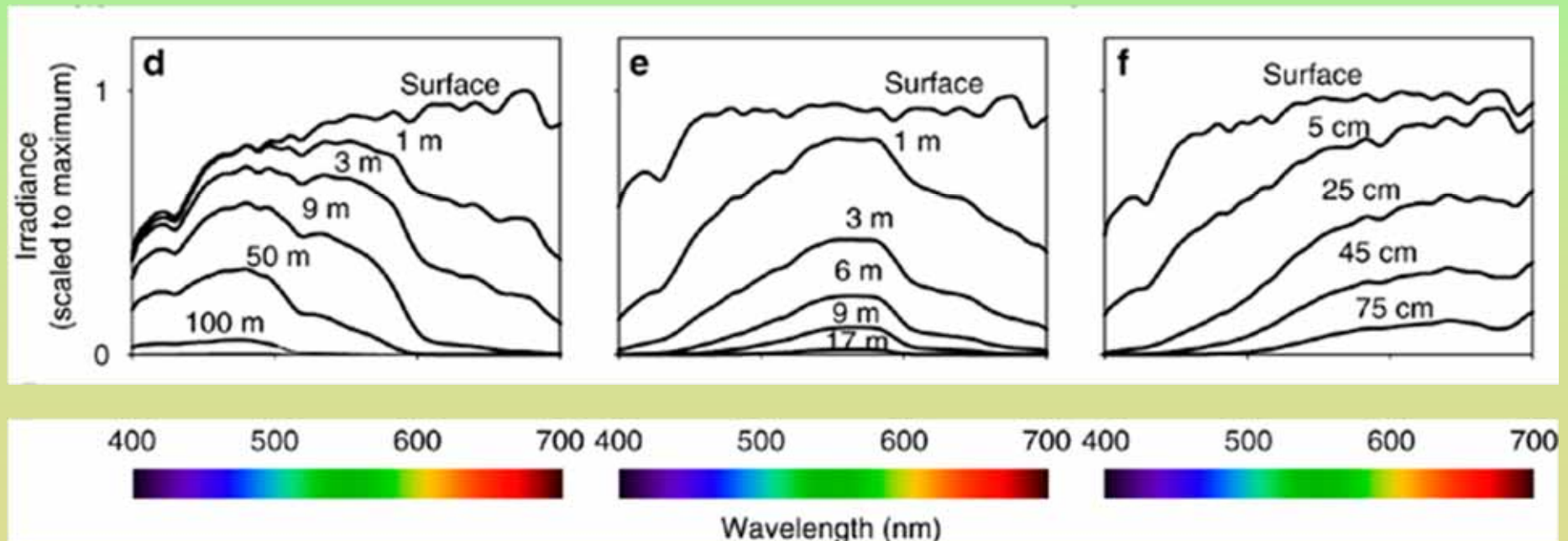
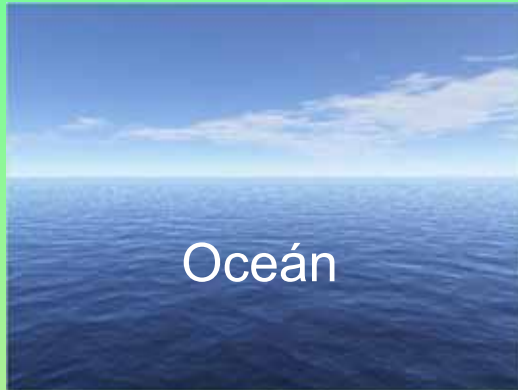


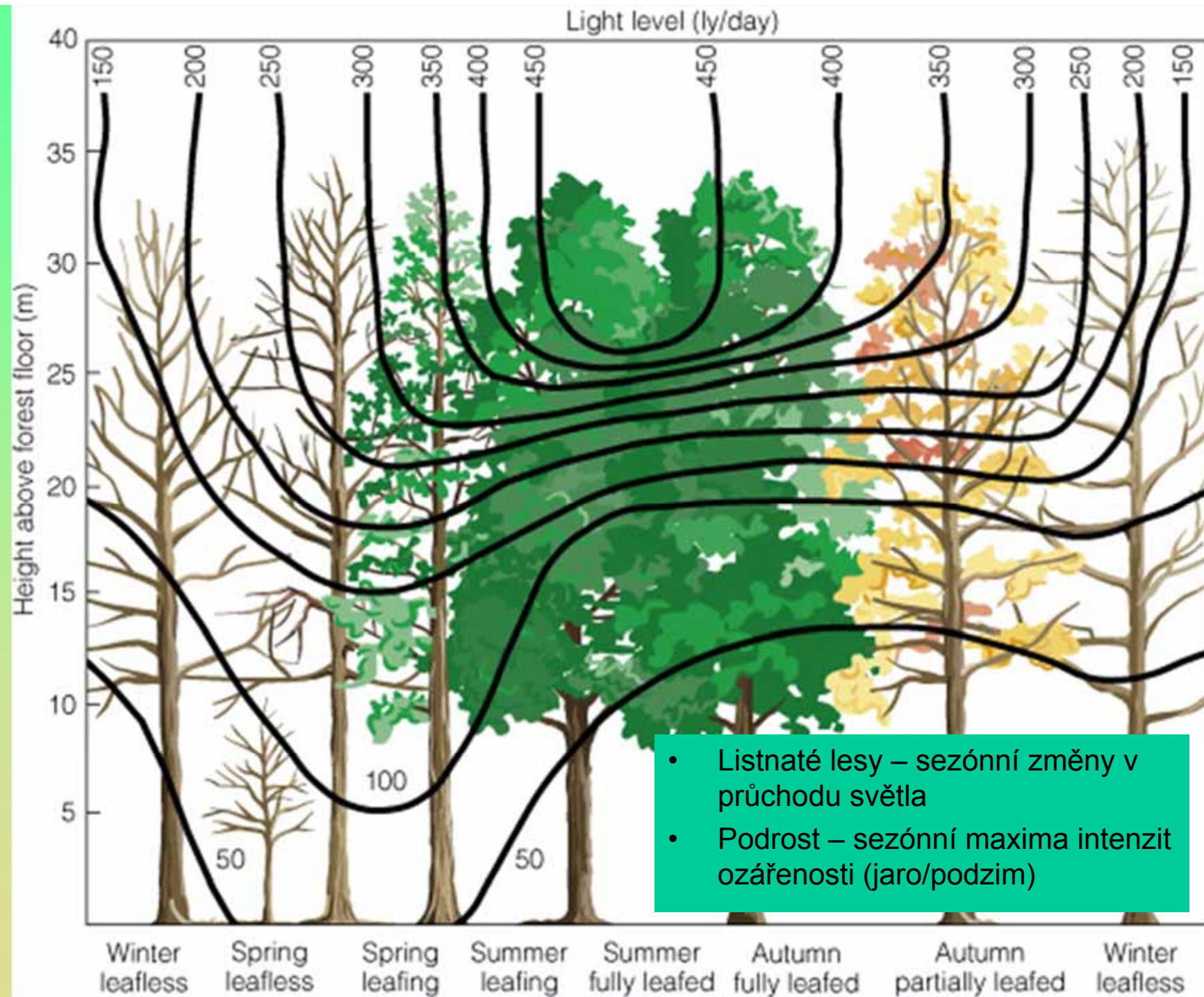
Absorbce světla v přirozených podmínkách

čistá voda + huminové látky + částice



Absorbce světla v přirozených podmínkách => různá spektra světla





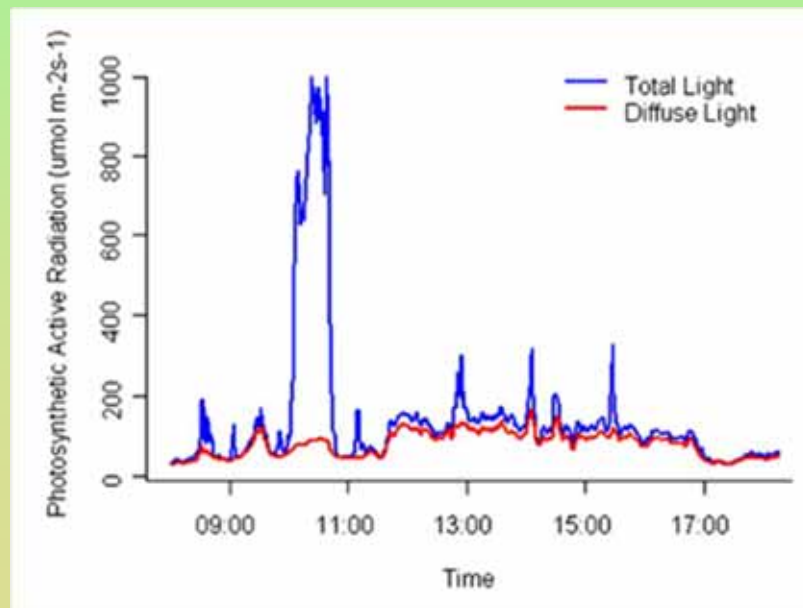
- Listnaté lesy – sezónní změny v průchodu světla
- Podrost – sezónní maxima intenzit ozáření (jaro/podzim)



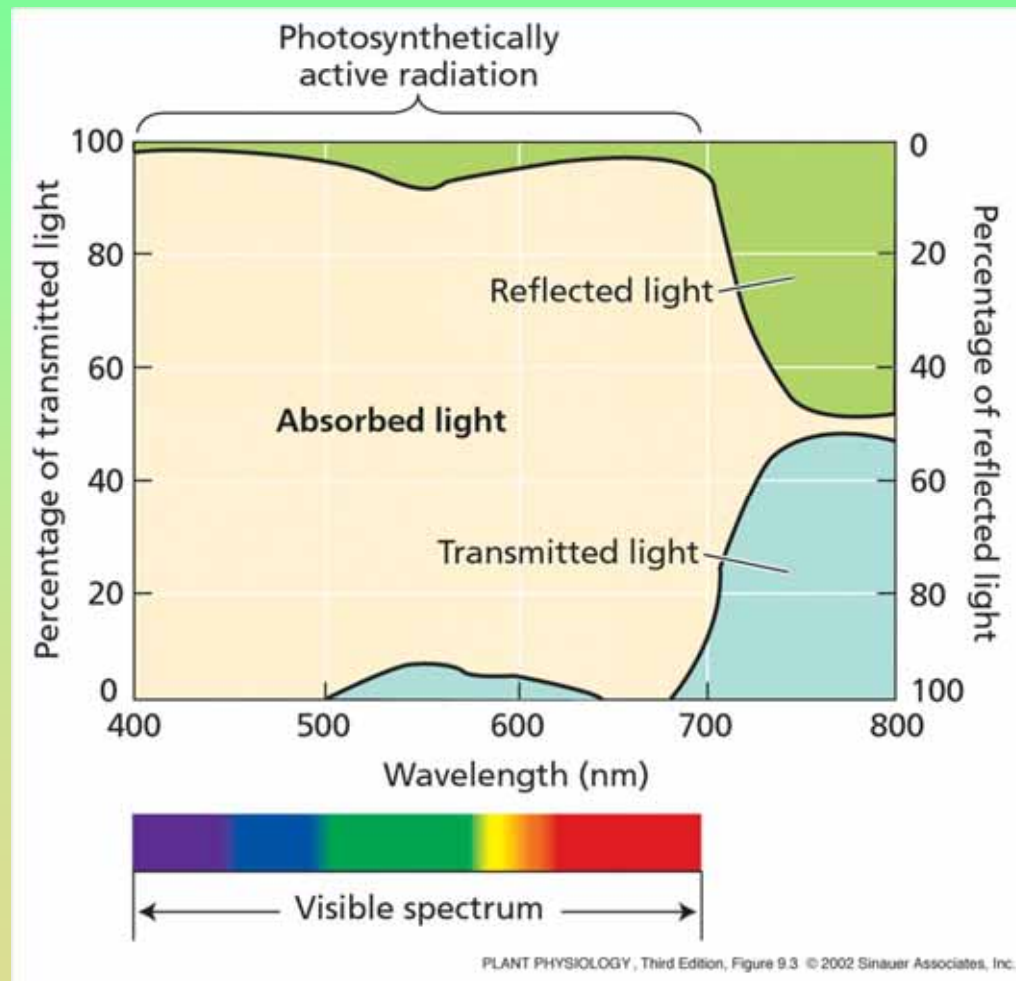
Sunflecks



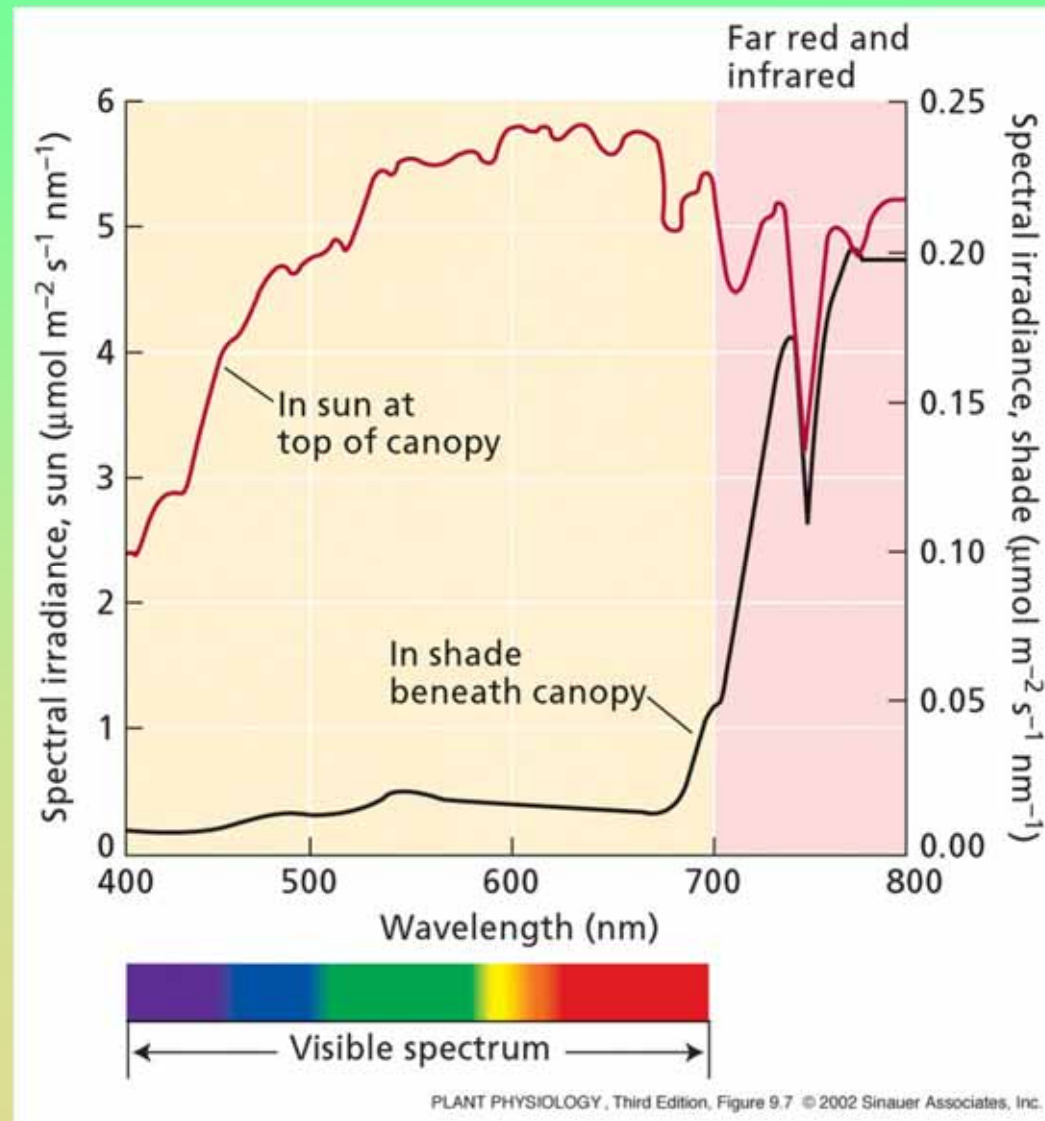
- 70-80% sluneční energie dopadající na zem v lese



Optické vlastnosti listu

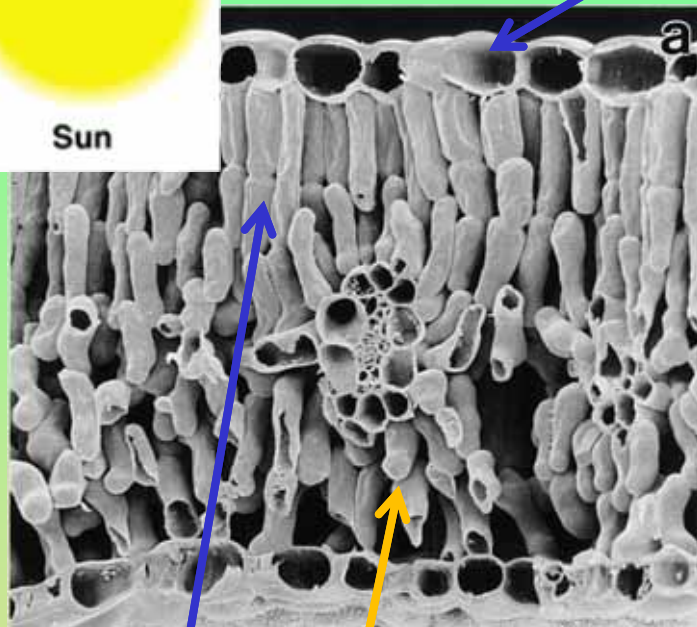


Vliv koruny stromů na spektrální složení světla



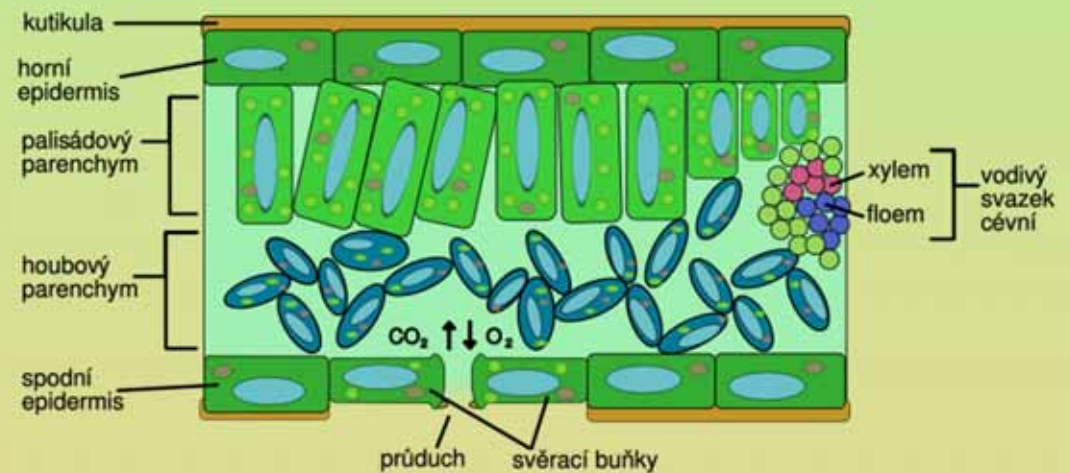
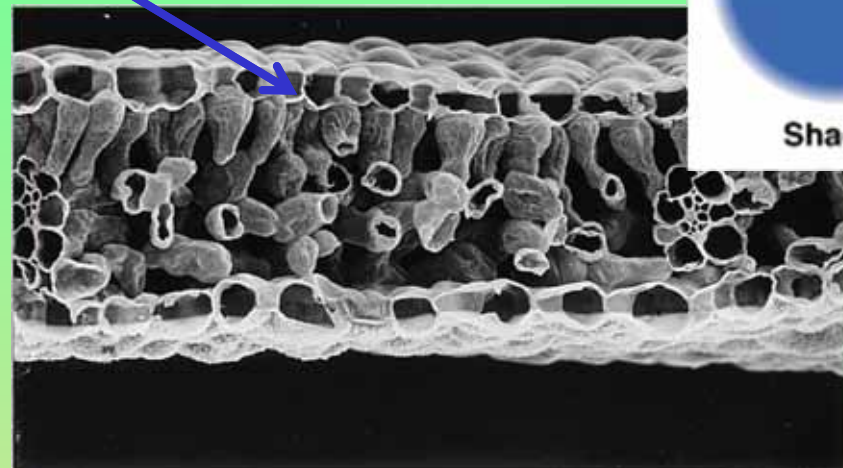
Vliv světla na anatomii listů (fazole)

Epidermis funguje jako optická čočka



Palisády jako světlovodiče

Rozptyl světla – 4X delší dráha fotonu



závislost anatomické stavby listu na ekologických podmínkách

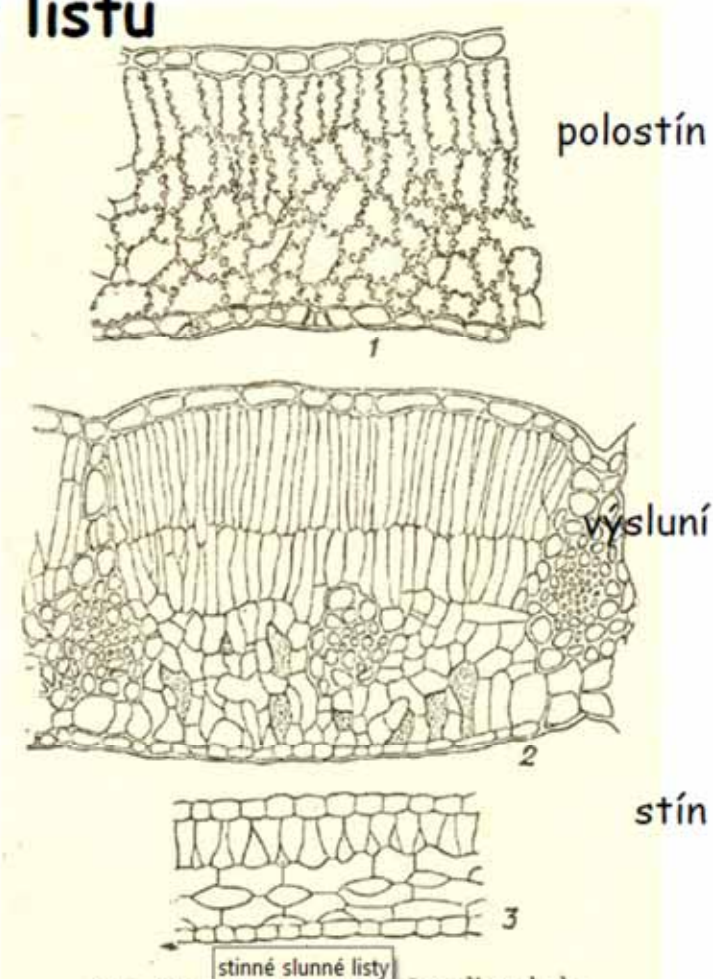
„slunné listy“

silná kutikula
bohatě vyvinutý palisádový parenchym
více mechanických pletiv
více průduchů (*A.pseudoplatanus*: 860)
méně chlorofylu

„stinné listy“

slabá kutikula
mezenchym málo diferencovaný
velké interceluláry
méně mechanických pletiv
méně průduchů (*A.pseudoplatanus*: 215)
více chlorofylu

pokusy se zastíněním



Obr. 338. Částečné příčné řezy listy buku.

1 — list z polozastíněné části koruny, 2 — typický výslunný list, 3 — typický stinný list.

Pohyb listů

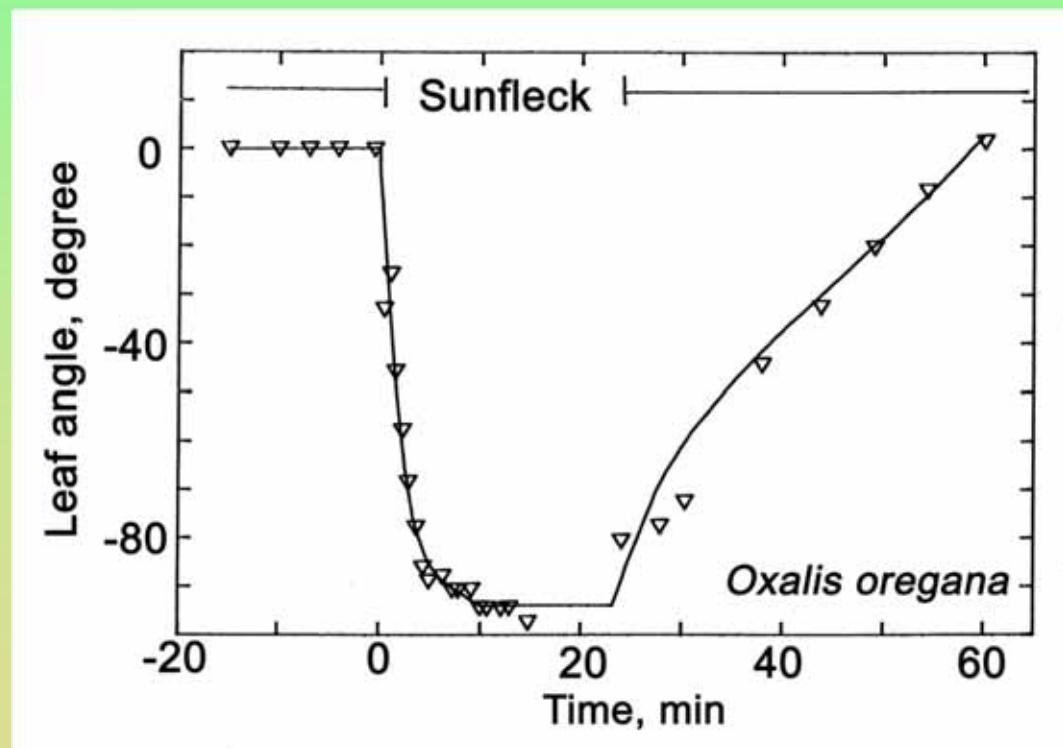
Krátkodobá adaptace

Stínomilné druhy vykazují často rychlé pohyby listů



Šťavel (*Oxalis*), který rostl při $4 \mu\text{mol fotonů m}^{-2} \text{s}^{-1}$ byl vystaven $1590 \mu\text{mol fotonů m}^{-2} \text{s}^{-1}$ po dobu 20 min

- Listy se skloní k zemi
- Zachycení záření se sníží z $>90\%$ na $<10\%$
- Pulvinus (hybný polštářek) řapíku listu, receptor modrého světla

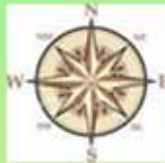




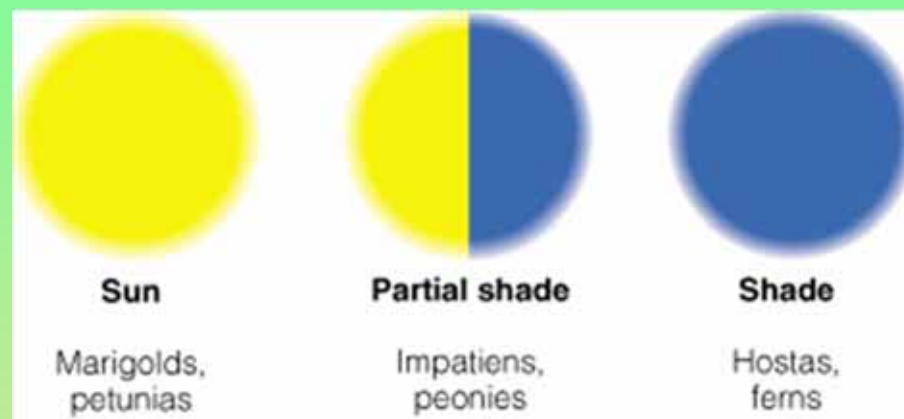
Heliotropismus

Diaheliotrofismus –
maximalizace příjmu světla

Paraheliotrofismus –
minimalizace příjmu světla



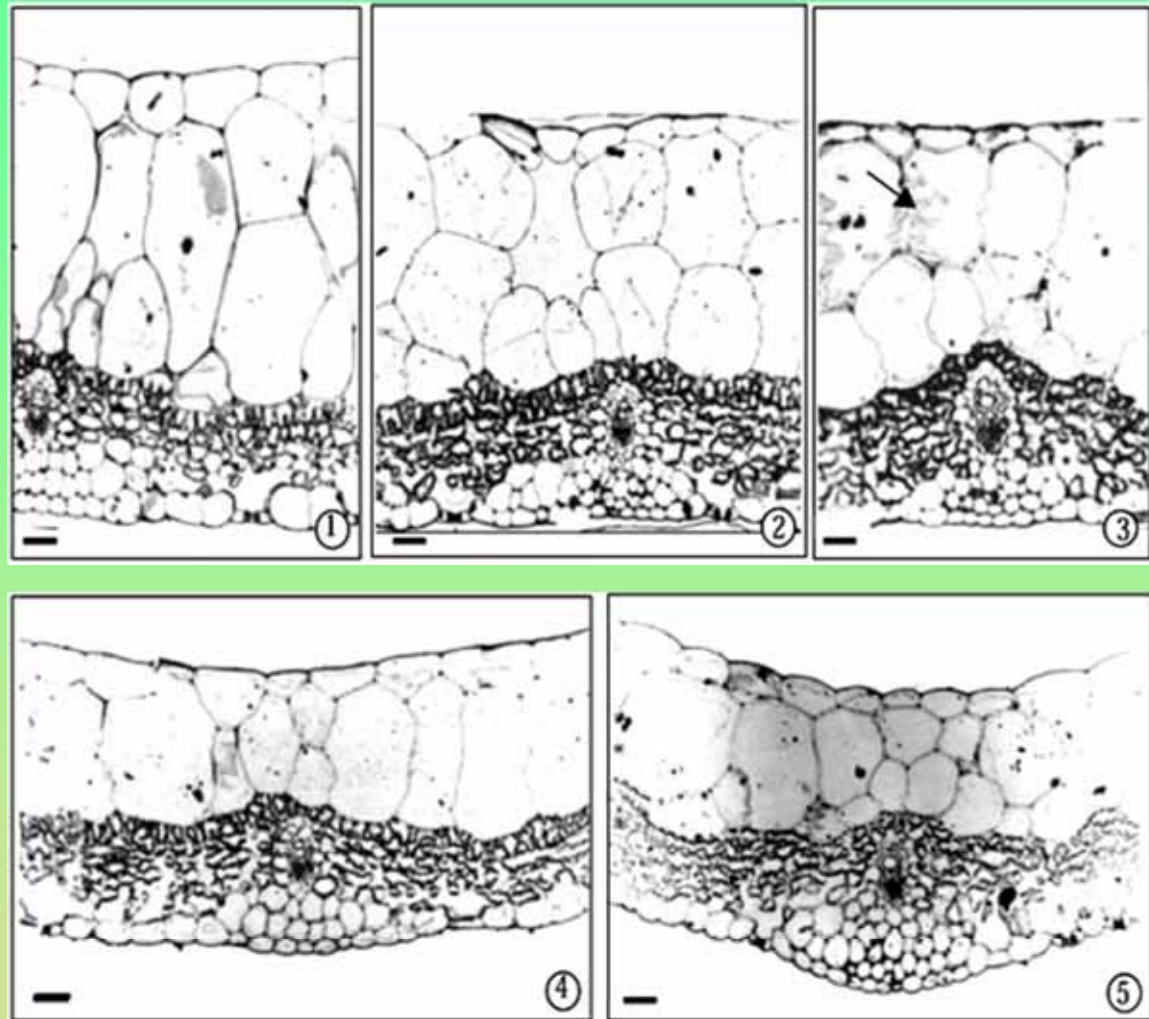
- Mnohé rostliny se dokáží přizpůsobit změnám podmínek = **aklimace**
- **Adaptace**



sun

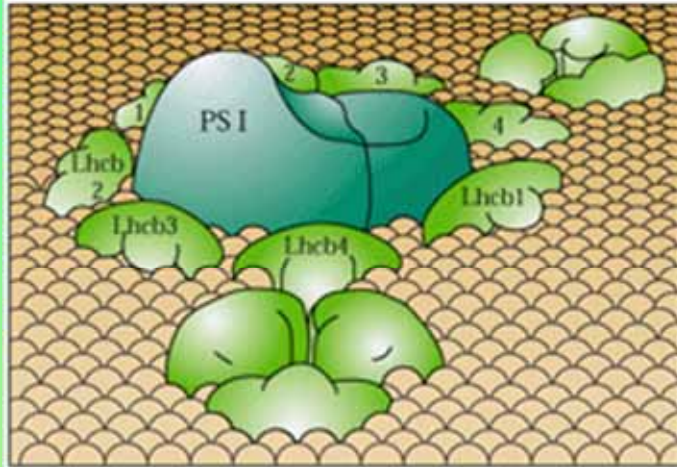


shade

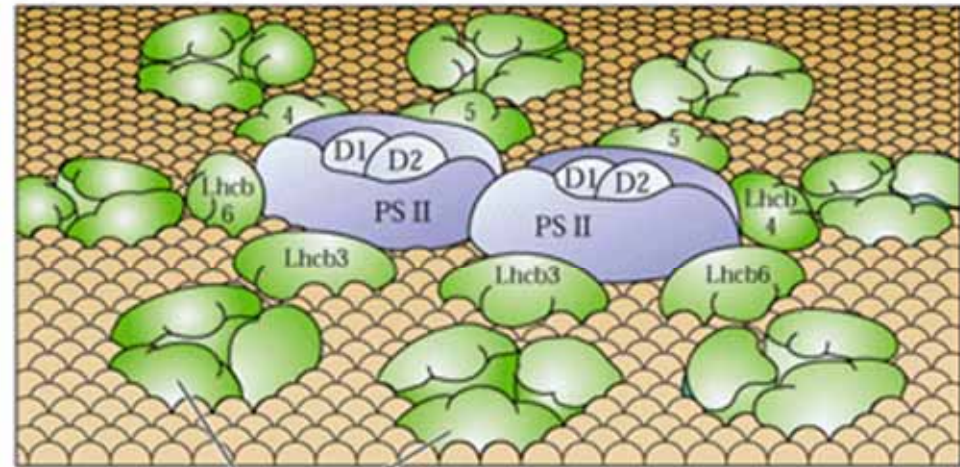


Figures 1-5 - *Tradescantia pallida* cv. *purpurea* leaves submitted to distinct light intensities. (1) 100% ($800 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Hypodermis represents more than 50% of leaf thickness. Mesophyll is dorsiventral. (2) 50% ($400 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Hypodermal cells are slightly reduced in size. (3) 25 % ($200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Leaf lamina is reduced in thickness. Anticlinal cell walls are plicated (arrow). (4) 10% ($80 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Hypodermis is constituted of one-cell layer. Leaf lamina thickness is reduced. (5) 5% ($40 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Hypodermal cells are reduced in size. Palisade tissue is completely undifferentiated. (Bars = $50 \mu\text{m}$).

(A) Photosystem I

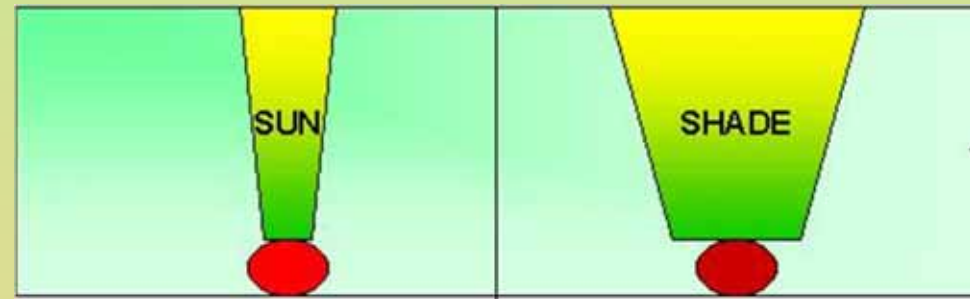


(B) Photosystem II



Trimers of Lhcb1/Lhcb2

- Stínomilné: $\uparrow$ chl/RC, $\uparrow$ chl b /chl a
partial shade
- Vysoká intenzita světla: $\uparrow$ Rubisco, $\uparrow$ fotoprotektivní pigmenty



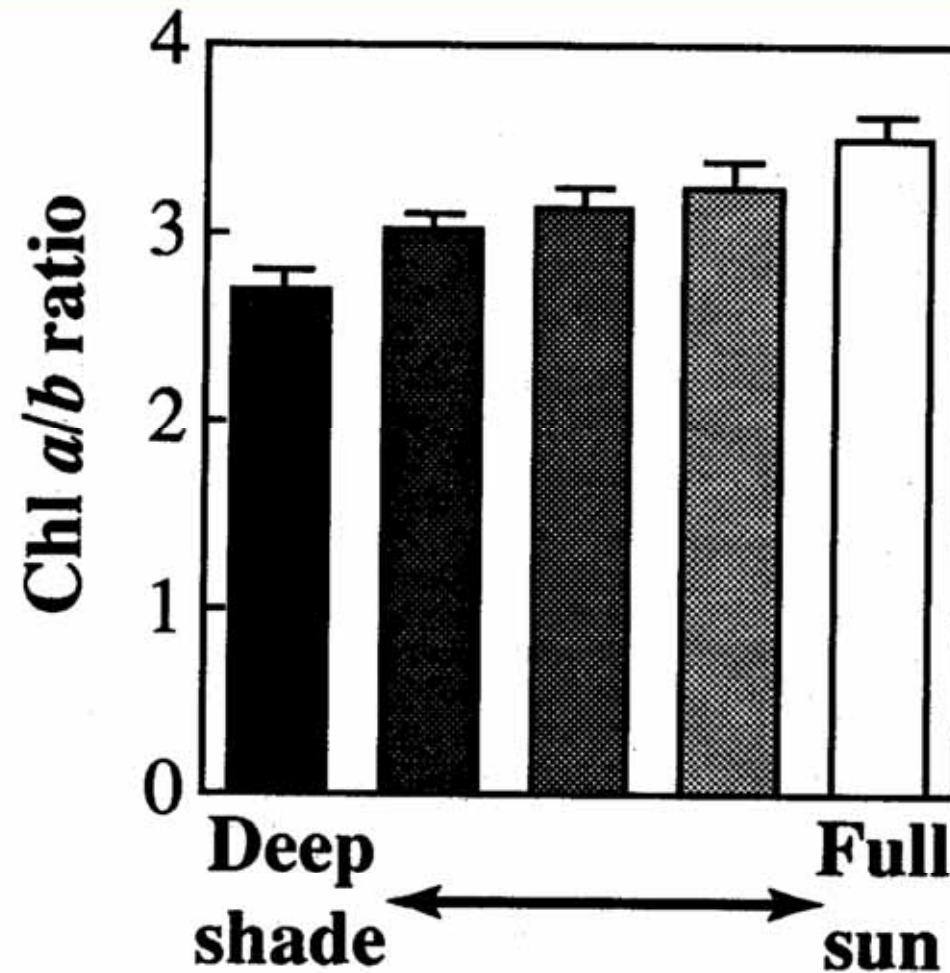
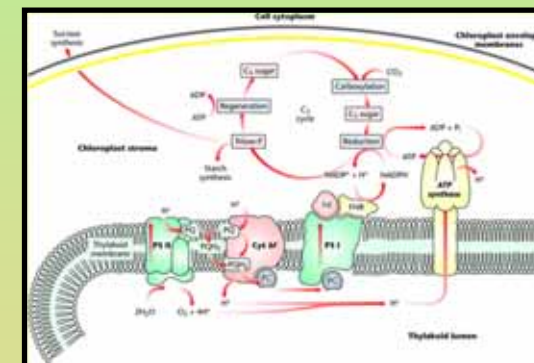
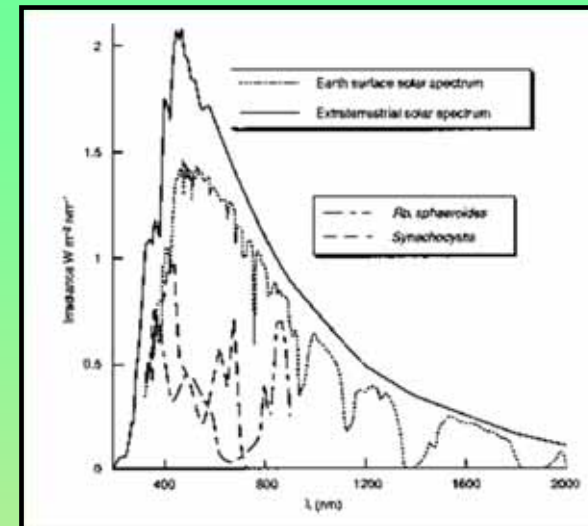
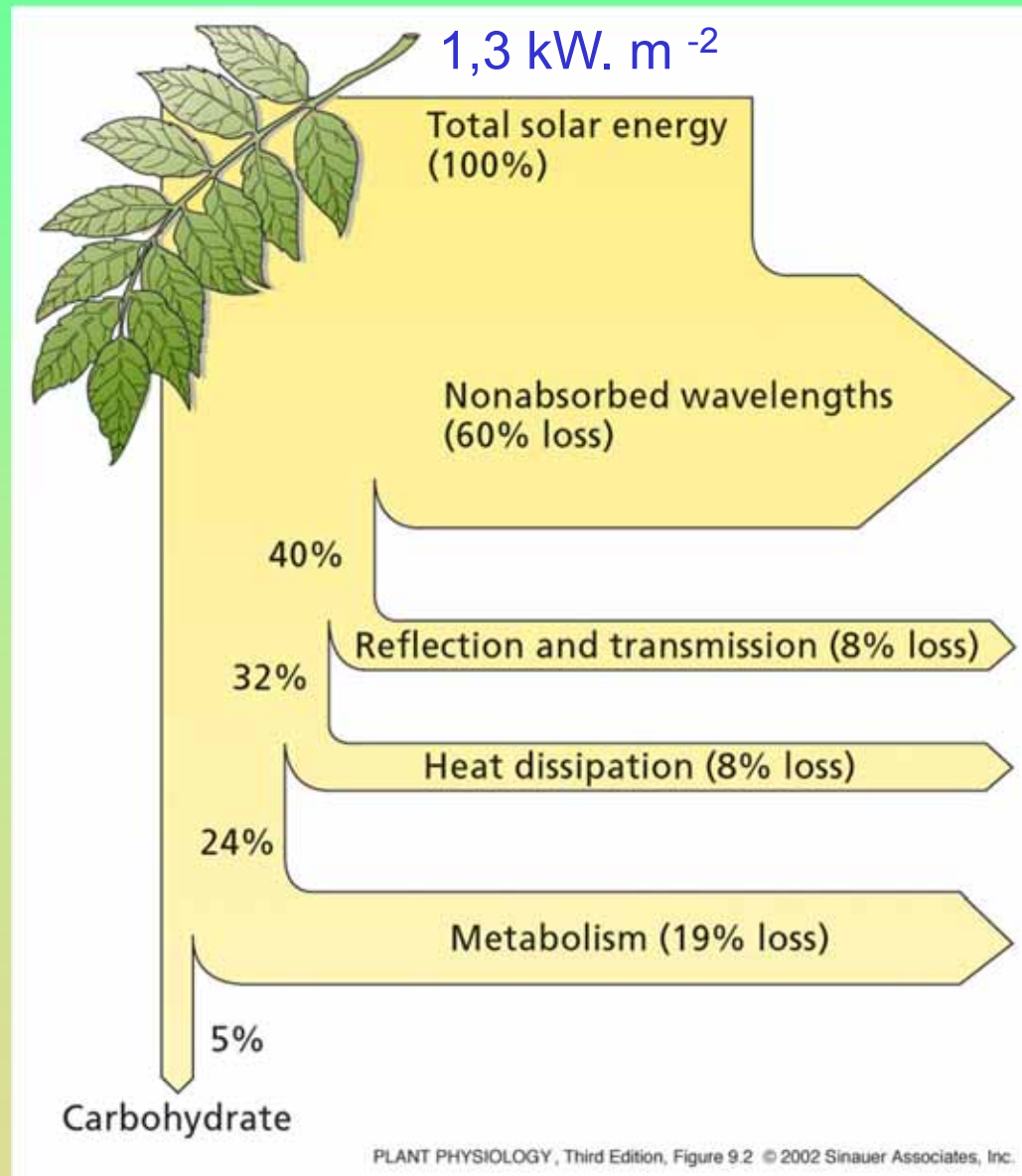


Fig. 3 Mean Chl *a/b* ratios for plants collected from 5 sites representing a continuum from deeply shaded to full sun environments. Sites were located in Dorrig National Park, a subtropical rainforest in New South Wales, Australia. Error bars represent standard error of the mean. $n = 10, 12, 7, 4,$ and 8 different plant species for sites from deeply shaded to full sun, respectively (redrawn from Logan et al., 1996).

Využití slunečního záření listem



Závislost fotosyntézy na světle

Fotosyntetická křivka

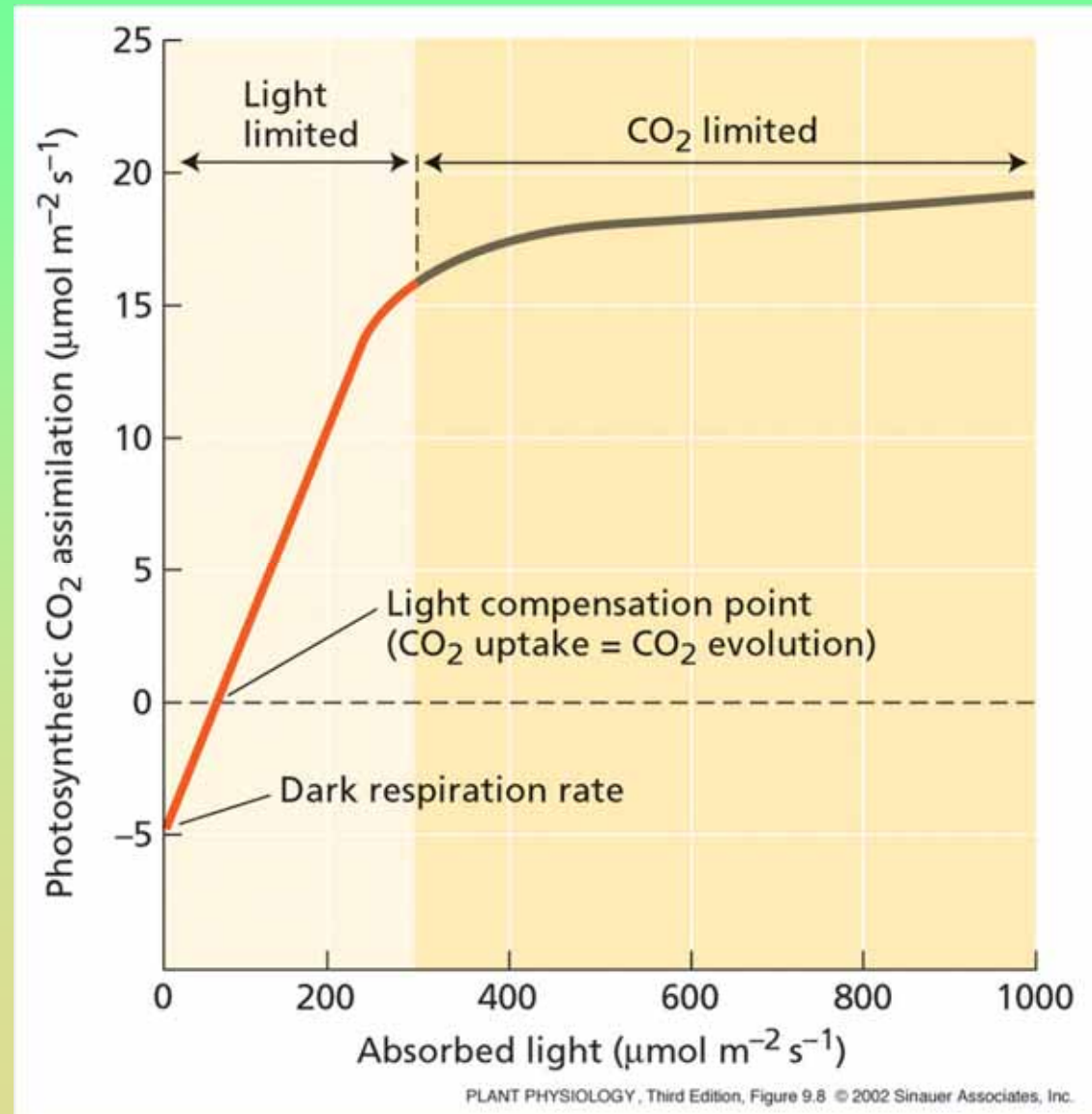
Fotosyntéza - spotřeba CO_2
nebo vývoj O_2

Tma: respirace

Kompenzační bod

Oblast lineární závislosti
fotosyntézy na světle,
maximální kvantový
výtěžek

Limitace CO_2 : karboxylační
kapacita Rubisca, metabol.
trios, elektronový transport

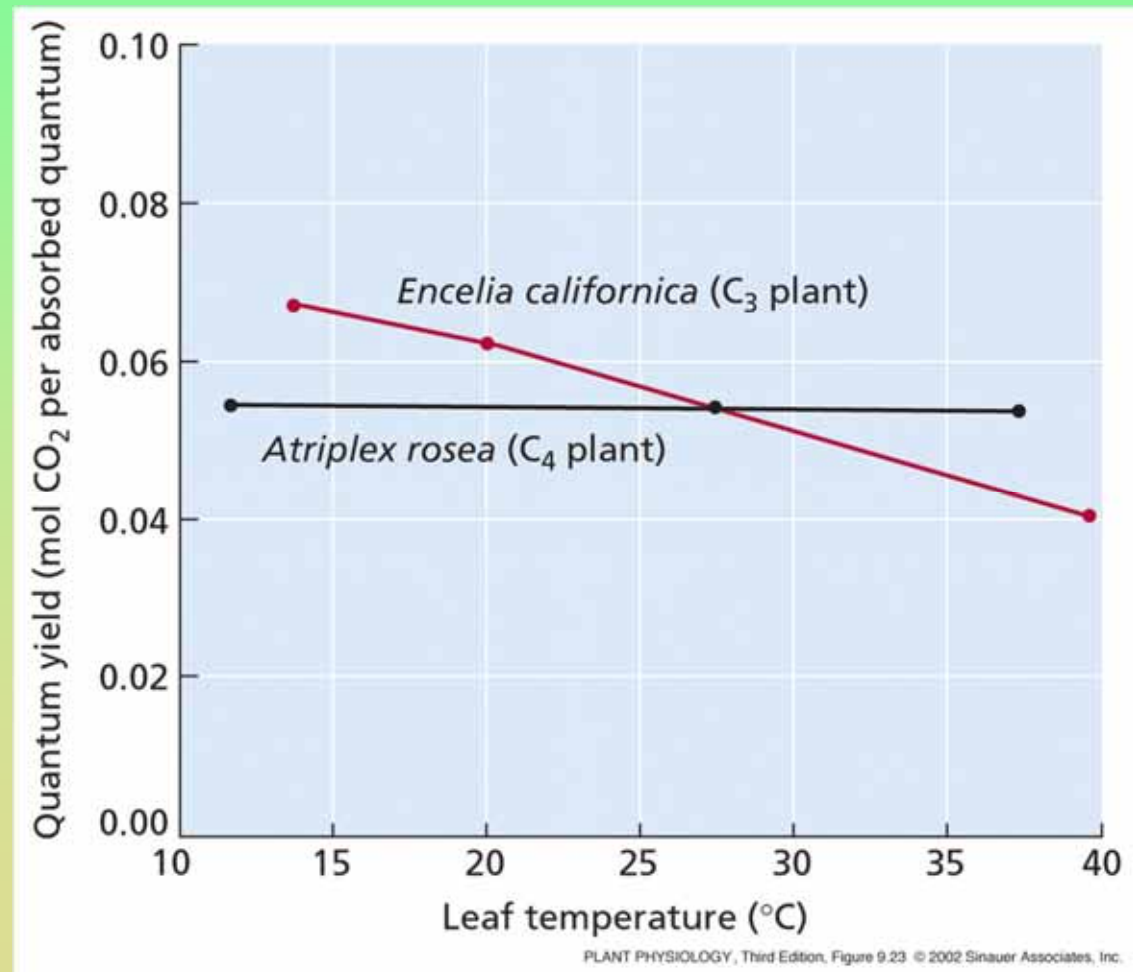


Závislost kvantového výtěžku fixace CO₂ na teplotě

Teoreticky max. ~ 0.125

C3 rostliny – se zvyšující se teplotou klesá, vliv fotorespirace

C4 rostliny – obecně nižší (cena za zvýšení koncentrace CO₂), ale nezávislý na teplotě

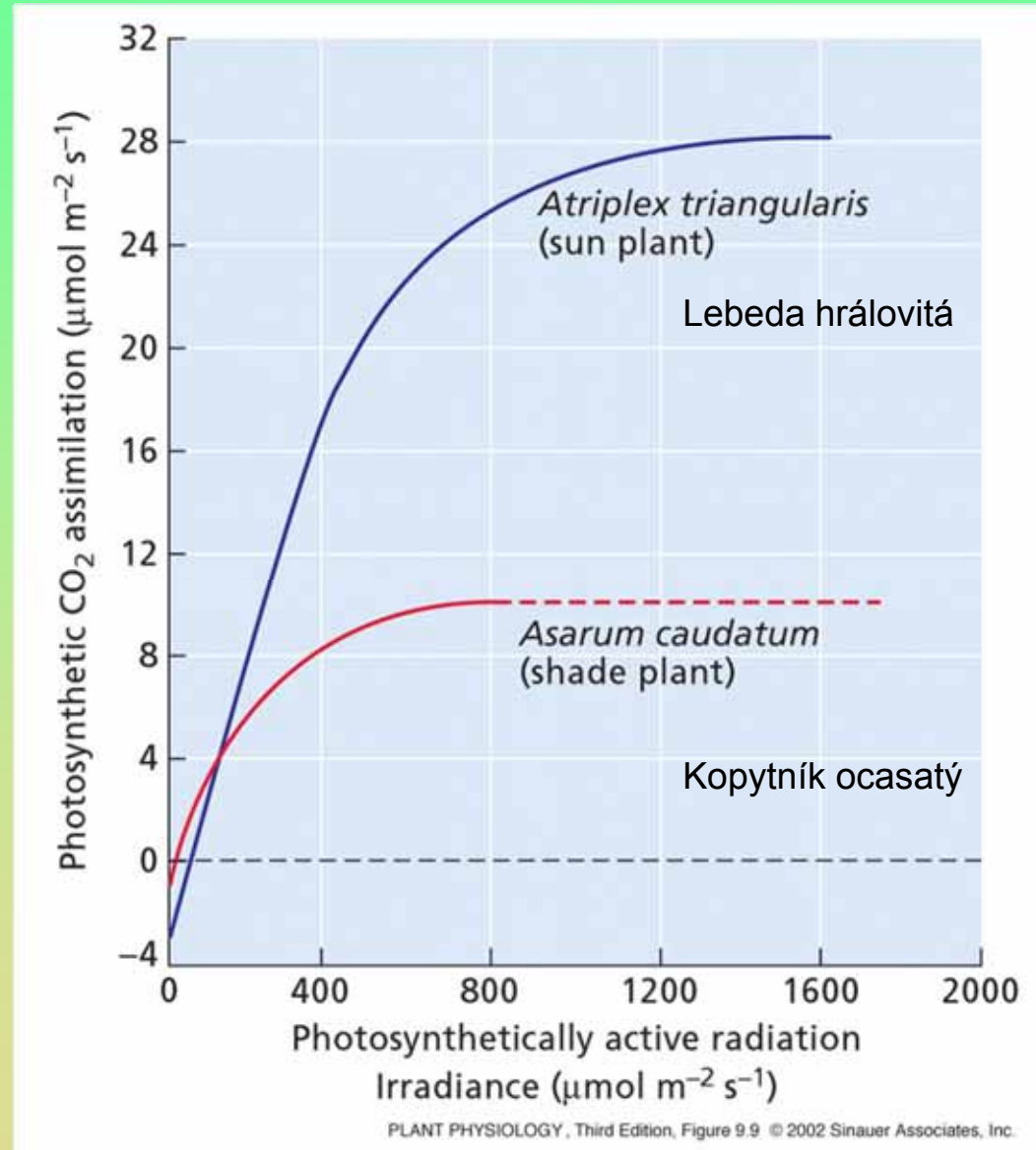


Adaptace a fotosyntetické křivky

Stínomilné rostliny –
nižší kompenzační bod
(1 až 5 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

nižší maximální
fotosyntéza

nižší respirace

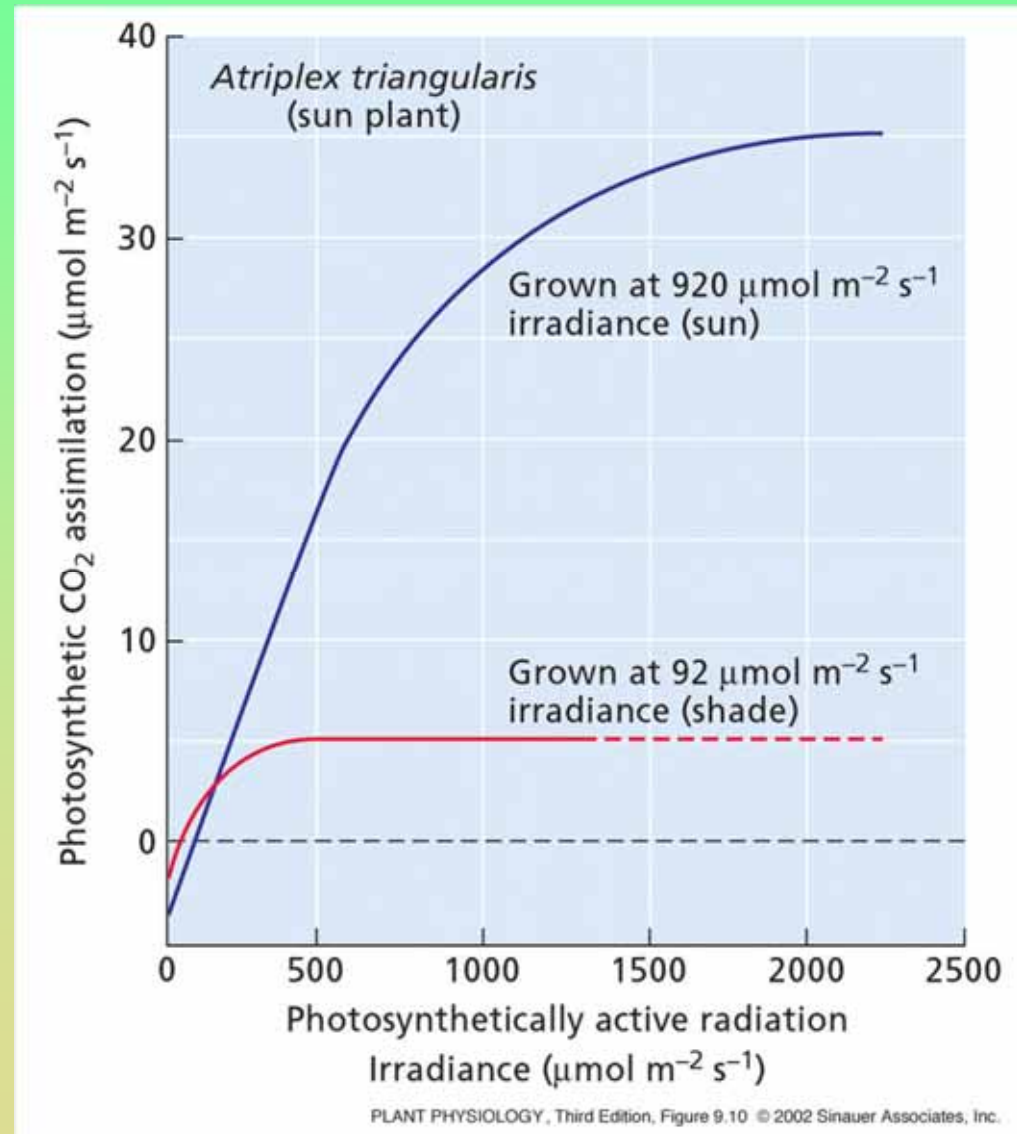


Fotoaklimace a fotosyntetické křivky

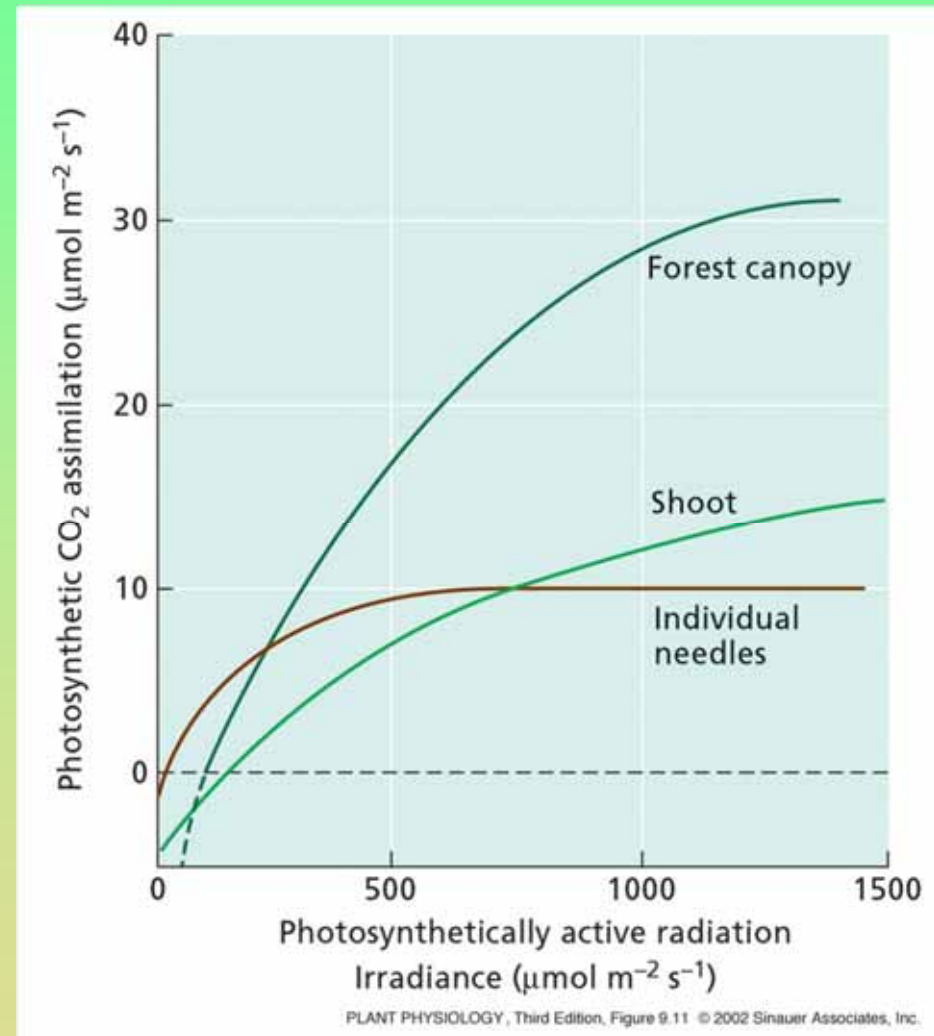
Saturace fotosyntézy ~
růstová intenzita

Maximální přirozená
intenzita ozáření

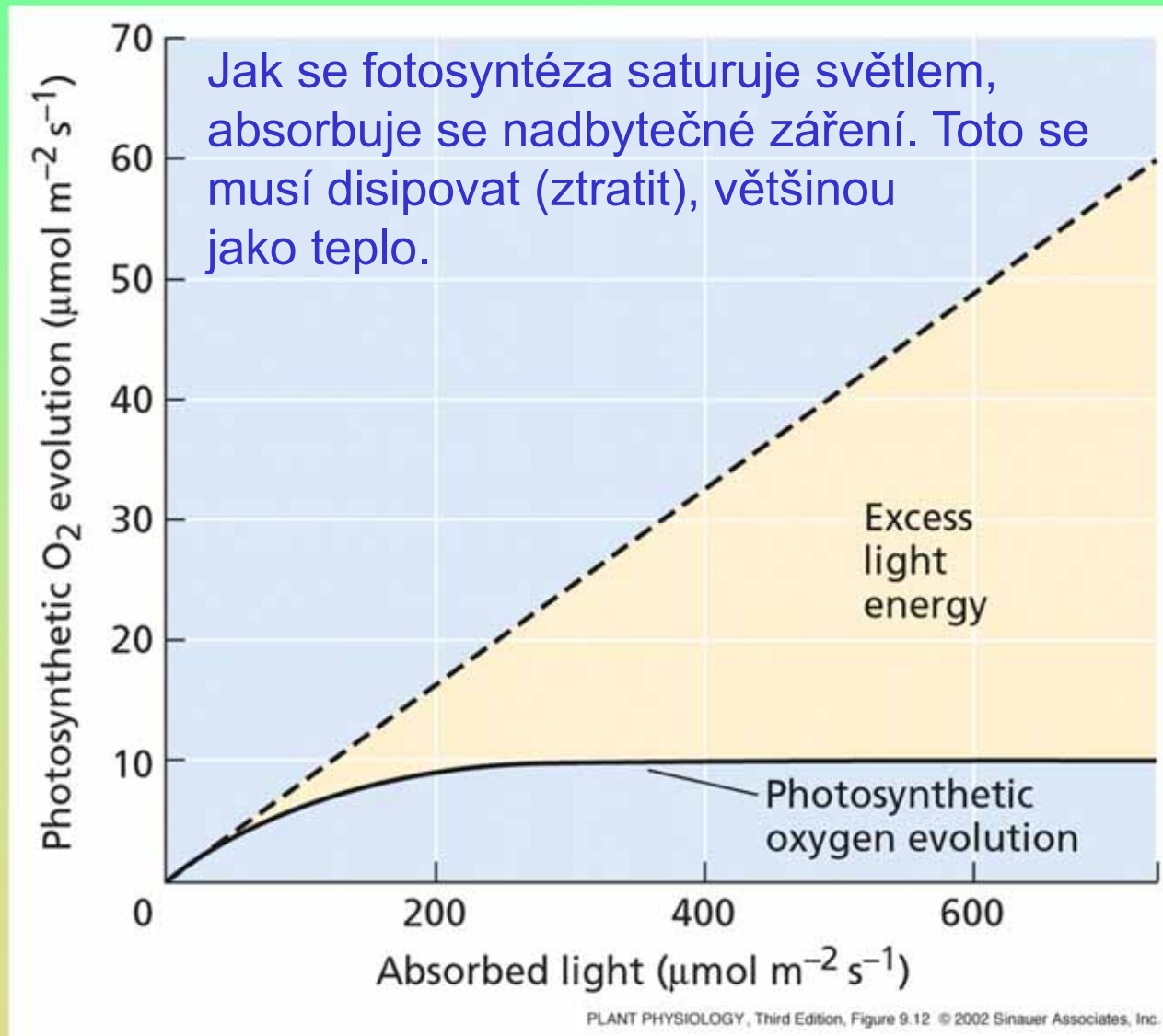
~ 2000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)



Fotosyntetické křivky celých stromů/roślin



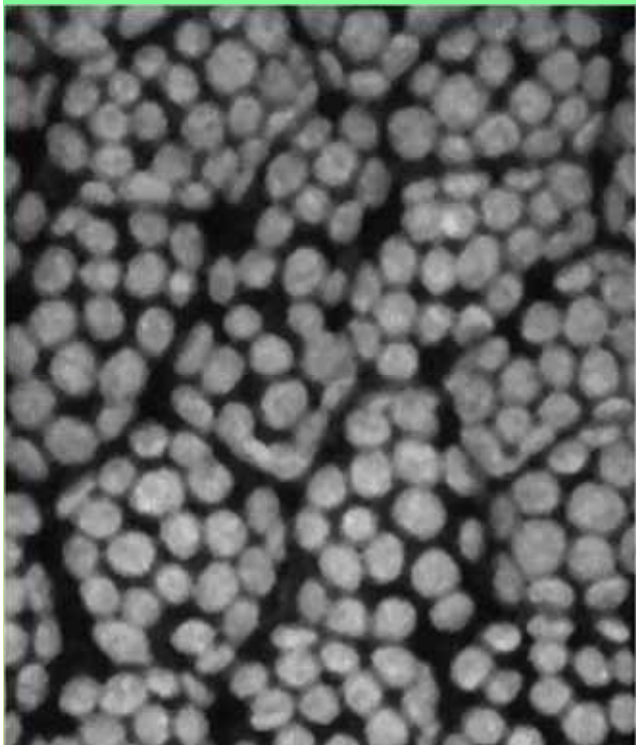
Co s nadbytečným zářením?



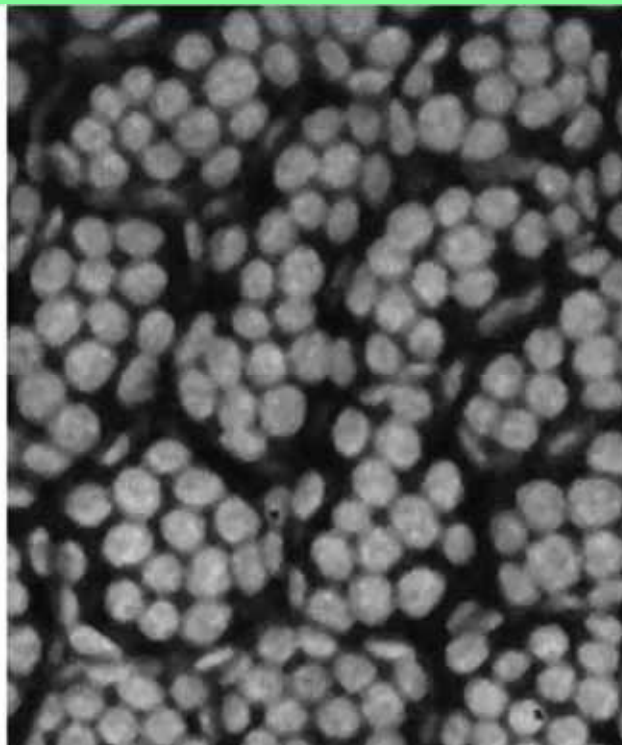
Ochranné mechanismy proti fotoinhibici

- Vyhýbání (krátkodobé)
- Vyhýbání (vývojové)
- Fotoprotekce – disipace energie (xantofylový cyklus)
- Odstranění aktivních forem kyslíku

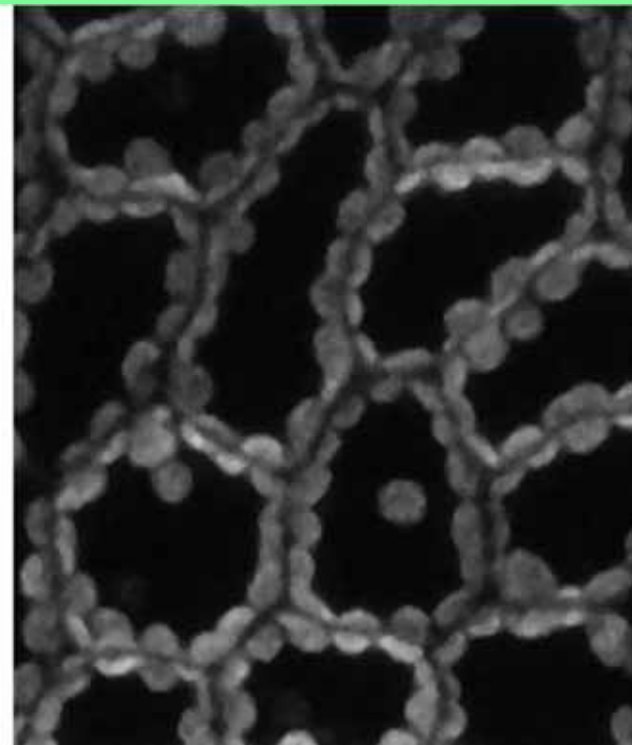
Ochranné mechanismy – pohyb chloroplastů



TMA



Nízké světlo

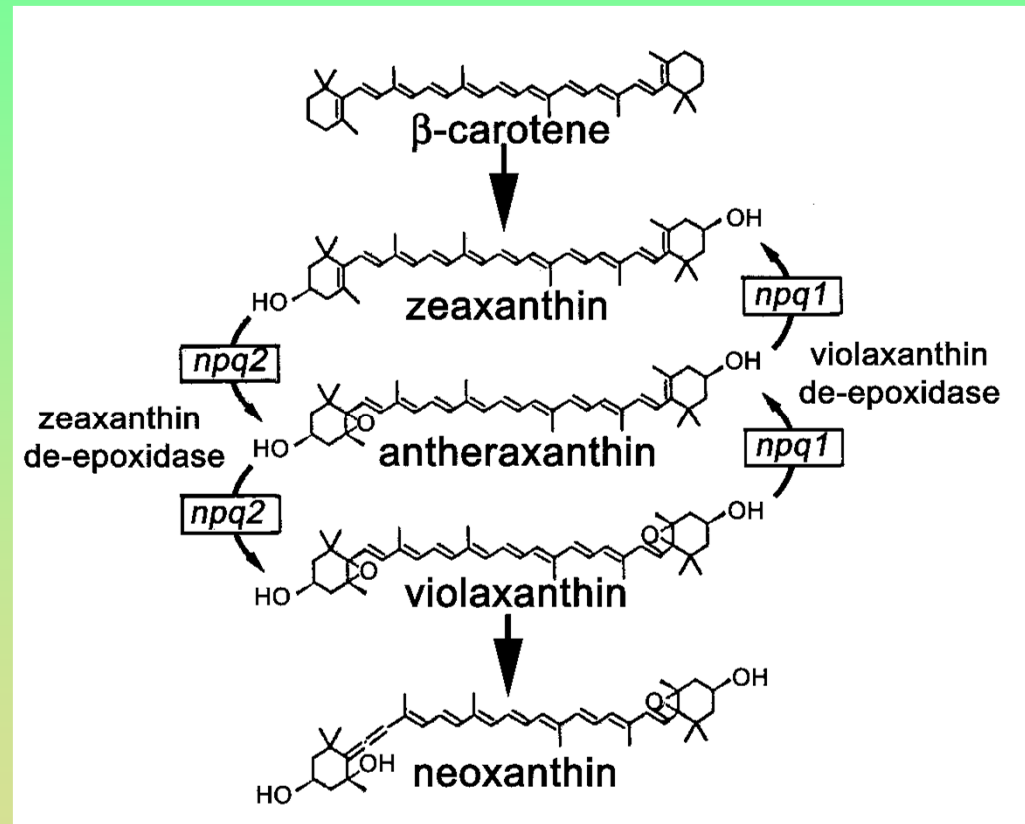


Vysoké světlo

Fotoprotektivní mechanismus

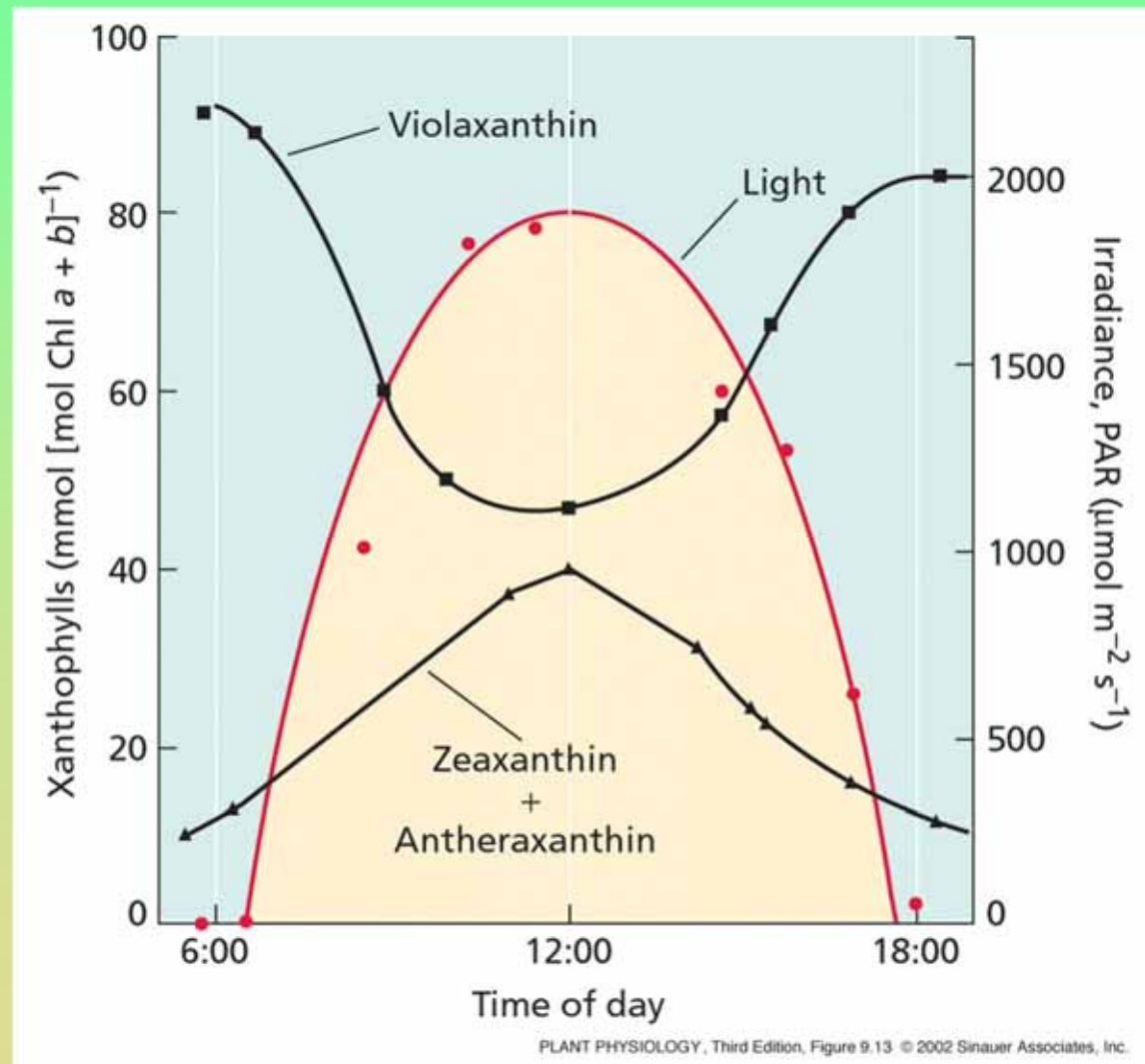
Xantofylový cyklus

- Xantofyly se syntetizují z β -karotenu
- Odstranění epoxy skupin zvyšuje počet konjugovaných vazeb (z 9 na 11)
- proces de-epoxidace (pomocí violaxanthin de-epoxidase)

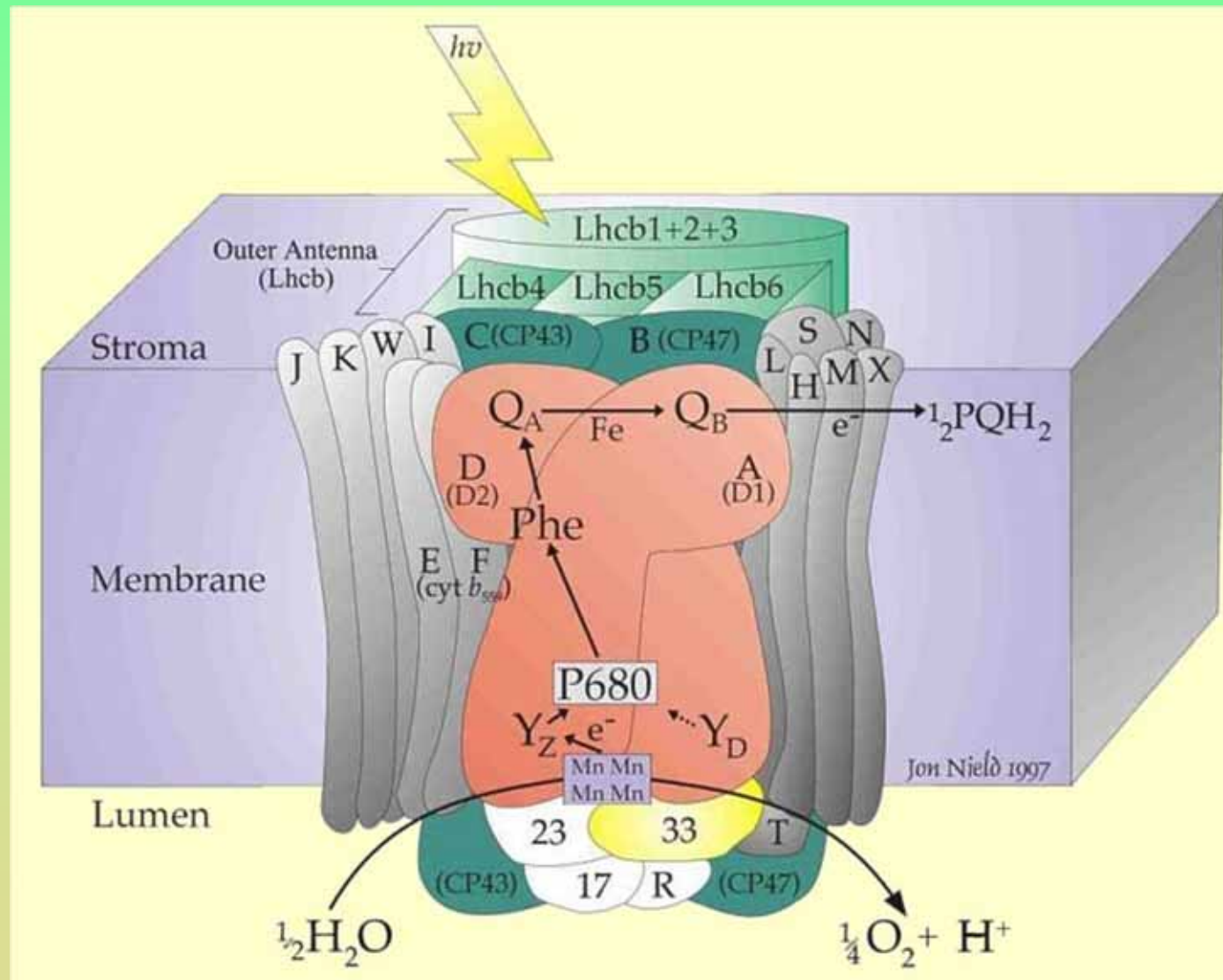


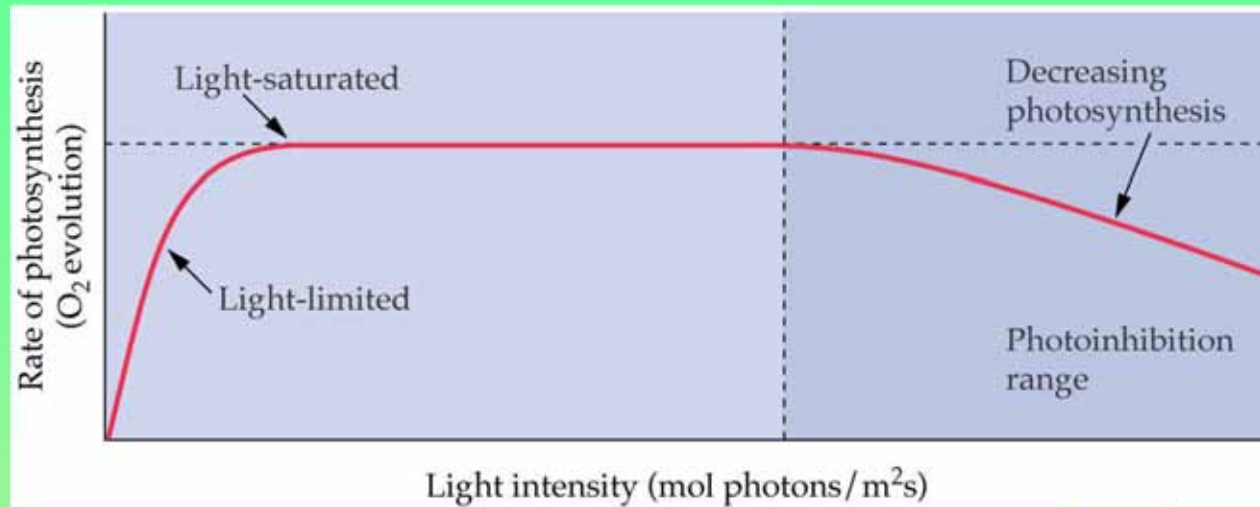
Denní dynamika fotoprotektivních mechanismů

více xantofylů u
rostlin na vysokém
světle

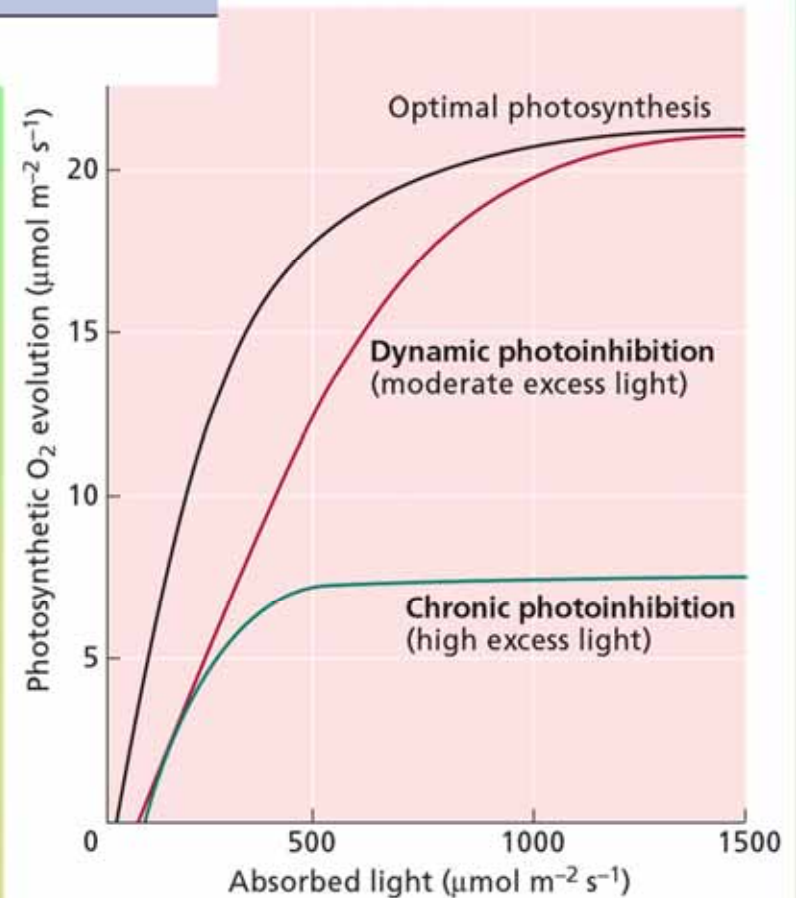


Fotoinhibice – poškození reakčního centra Fotosystému II

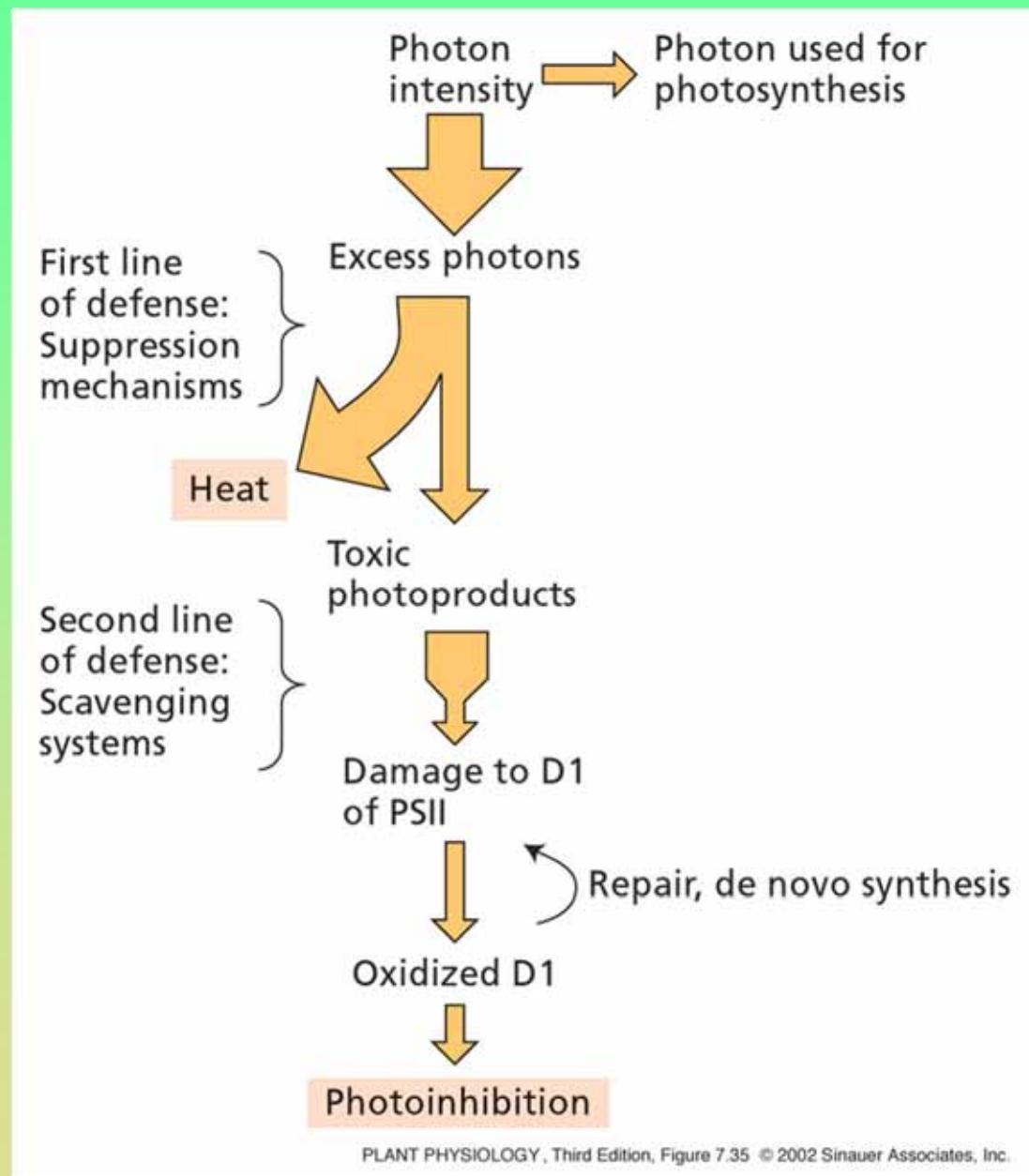




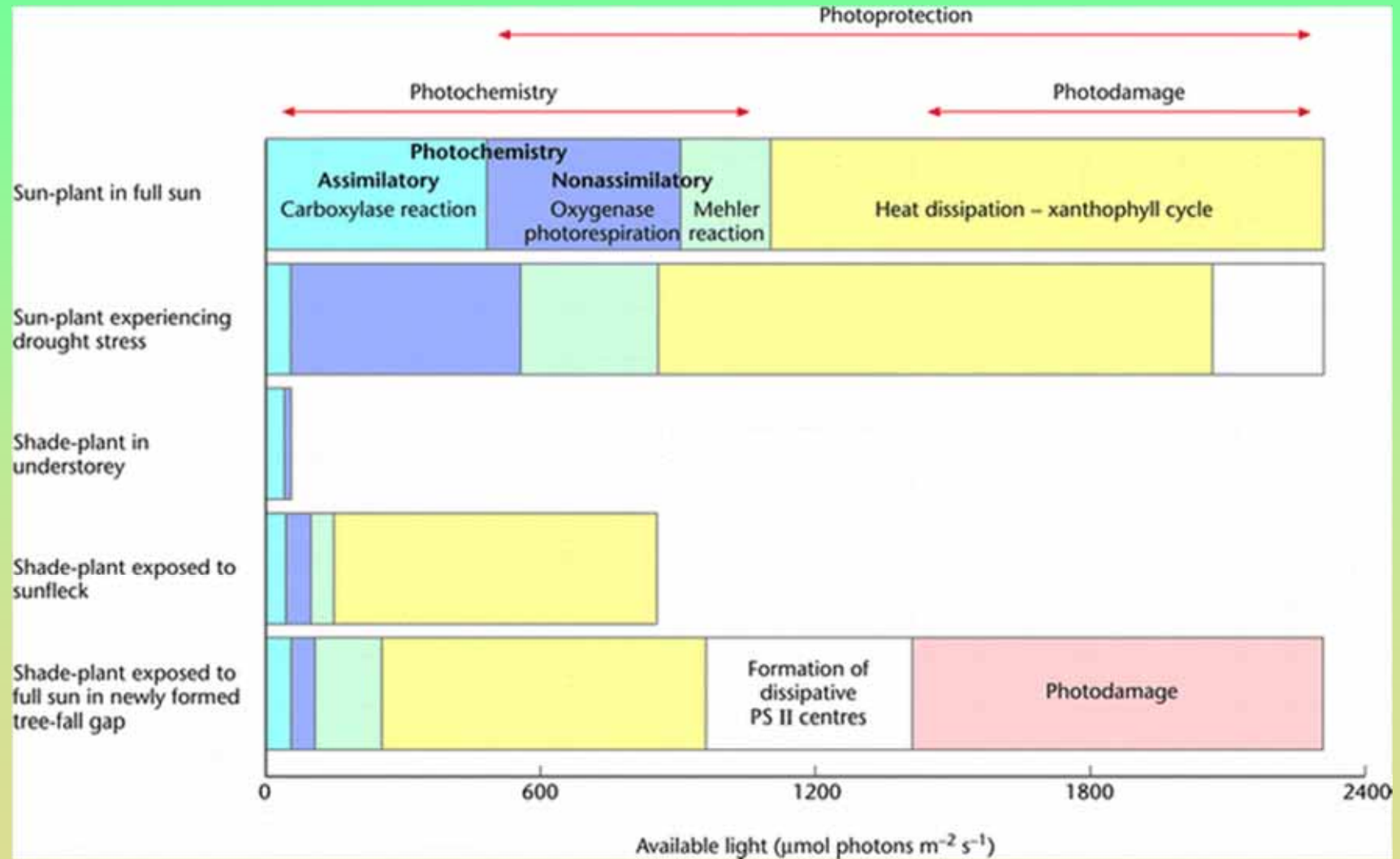
Fotoinhibice



Regulace fotosyntetického aparátu



Fotoinhibice nebo fotoprotekce?



Literatura

- Plant Physiology
(L.Taiz, E.Zeiger),
kapitola 9
- www.planthys.net

