



# VYUŽITÍ SPALNÉ KALORIMETRIE V BIOLOGICKÝCH VĚDNÍCH DISCIPLÍNÁCH

František Hnilička, Helena Hniličková, Jaroslava Martinková

# Spalná kalorimetrie

Metoda spalné kalorimetrie patří mezi nejpracovnější odvětví termodynamiky, neboť její základy byly položeny ve druhé polovině 18.století. Její pomocí se přímo stanovuje energetický obsah v palivech či biomase.

# Spalná kalorimetrie

## Využití spalné kalorimetrie v biologii:

- stanovení rychlosti fotosyntézy,
- transport asimilátů v rostlině,
- koloběh energie v ekosystémech,
- produkční fyziologie rostlin,
- stresová fyziologie rostlin.

# Stanovení rychlosti fotosyntézy

Každému molu přijatého  $\text{CO}_2$  odpovídá zisk potenciální energie rovnající se 114 kcal (= 477,204 kJ).“

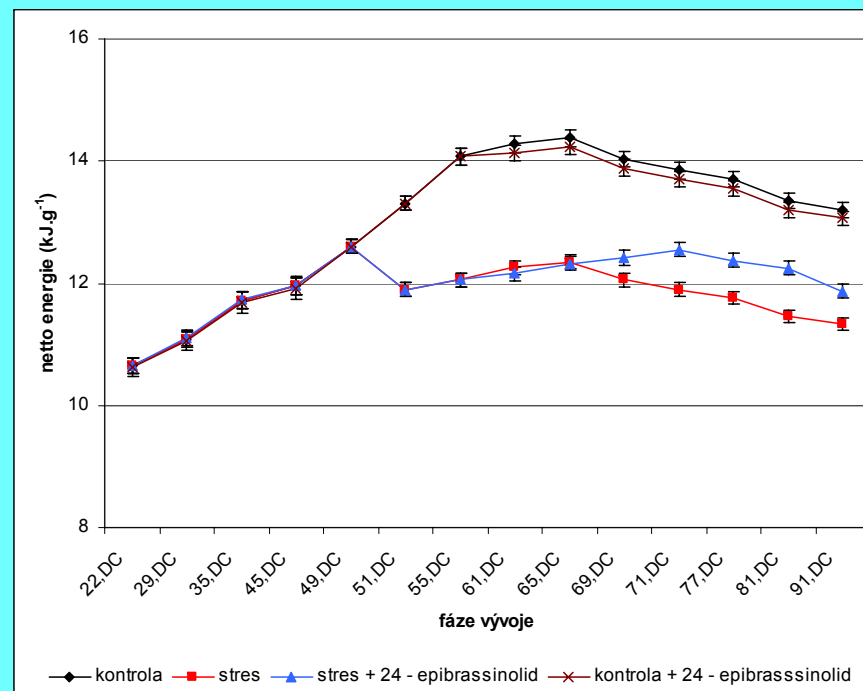
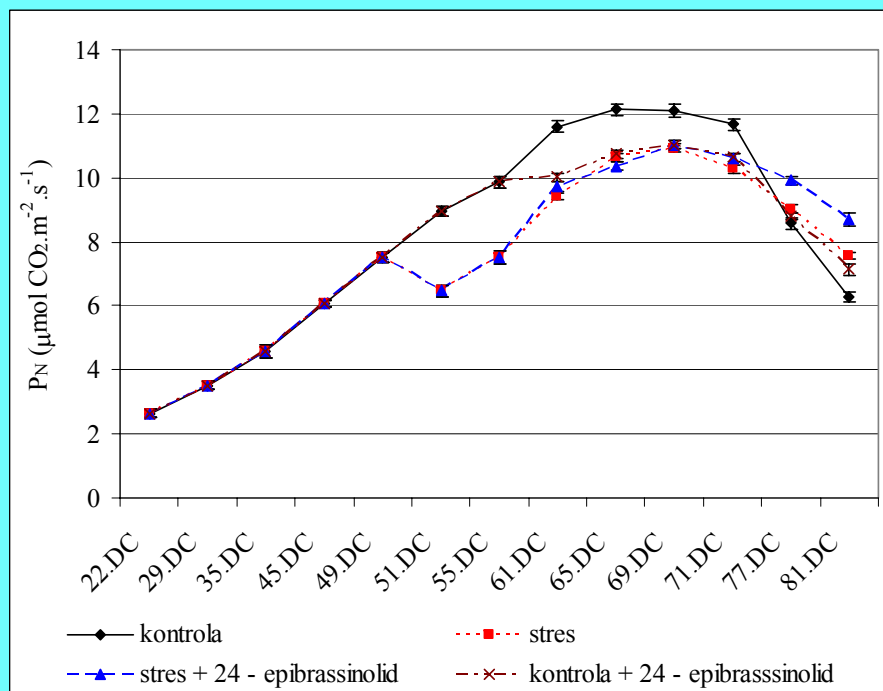
1 mol  $\text{CO}_2$  odpovídá 1/6 mol glukosy

Molekulová hmotnost glukosy – 180

1/6 ze 180 = 30 \* 15,7 (energetická hodnota glukosy) = 471 kJ na 1 mol  $\text{CO}_2$

Fototrofní organismy ročně zachytí asi  $10^{21}$  kJ energie a její pomocí vyrobí asi  $14 \times 10^{11}$  t organické hmoty, uvolní  $15 \times 10^{11}$  t  $\text{O}_2$  a fixují  $20 \times 10^{11}$  t  $\text{CO}_2$  ze vzduchu a oceánů.

# Stanovení rychlosti fotosyntézy



gazometrické

kalorimetrické

stanovení rychlosti fotosyntézy

# Stanovení rychlosti fotosyntézy

Odrůda/Varianta	Kontrola	Stres
Jersey	2,37	1,19
Malz	1,58	1,12
Valtický	1,52	1,25

Odrůda/Varianta	Kontrolní rostlina	Stresovaná rostlina
Jersey	27,89	13,79
Malz	17,72	14,44
Valtický	17,62	15,52

*Hmotnost sušiny (g) a celková fotosynteticky naakumulovaná energie [kJ] ve fázi 91.DC v jedné rostlině*

# Základní pojmy – transport asimilátů

**Sink** – místo (orgán) v rostlině, kde dochází ke spotřebě nebo akumulaci asimilátů.

- **Růstový sink** – s utilizací asimilátů při dělivém nebo prodlužovacím růstu.
- **Akumulační sink** – s hromaděním asimilátů do trvalé nebo dočasné zásoby.
- **Udržovací sink** – s utilizací asimilátů v udržovacím metabolismu.

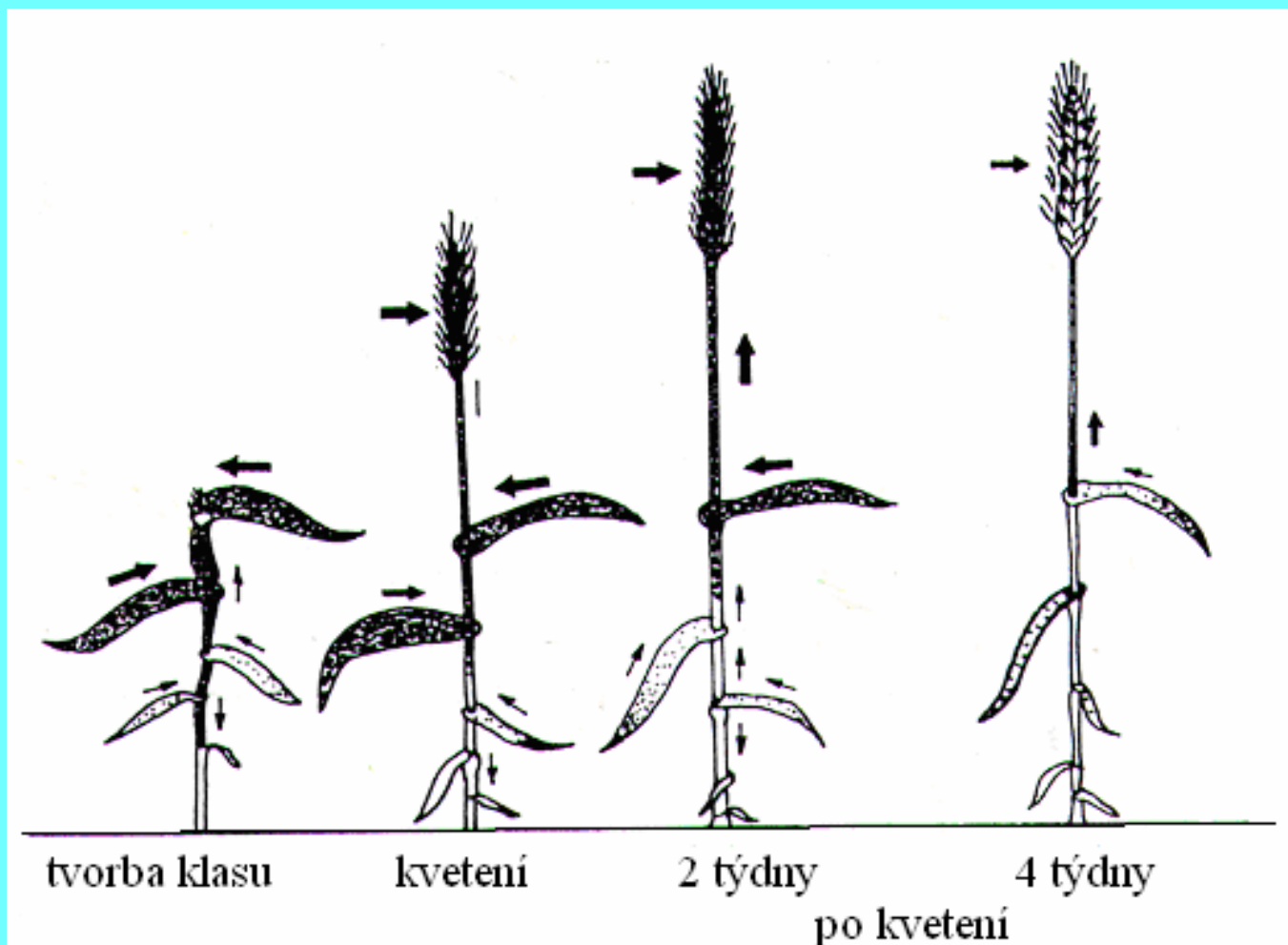
# Základní pojmy – transport asimilátů

**Source** – místo (orgán) v rostlině, kde dochází k tvorbě asimilátů, tedy zdroj.

- **Primární zdroj** – s de novo syntézou asimilátů.
- **Sekundární zdroj** – s mobilizací v něm přechodně uložených asimilátů na translokaci do sinku.

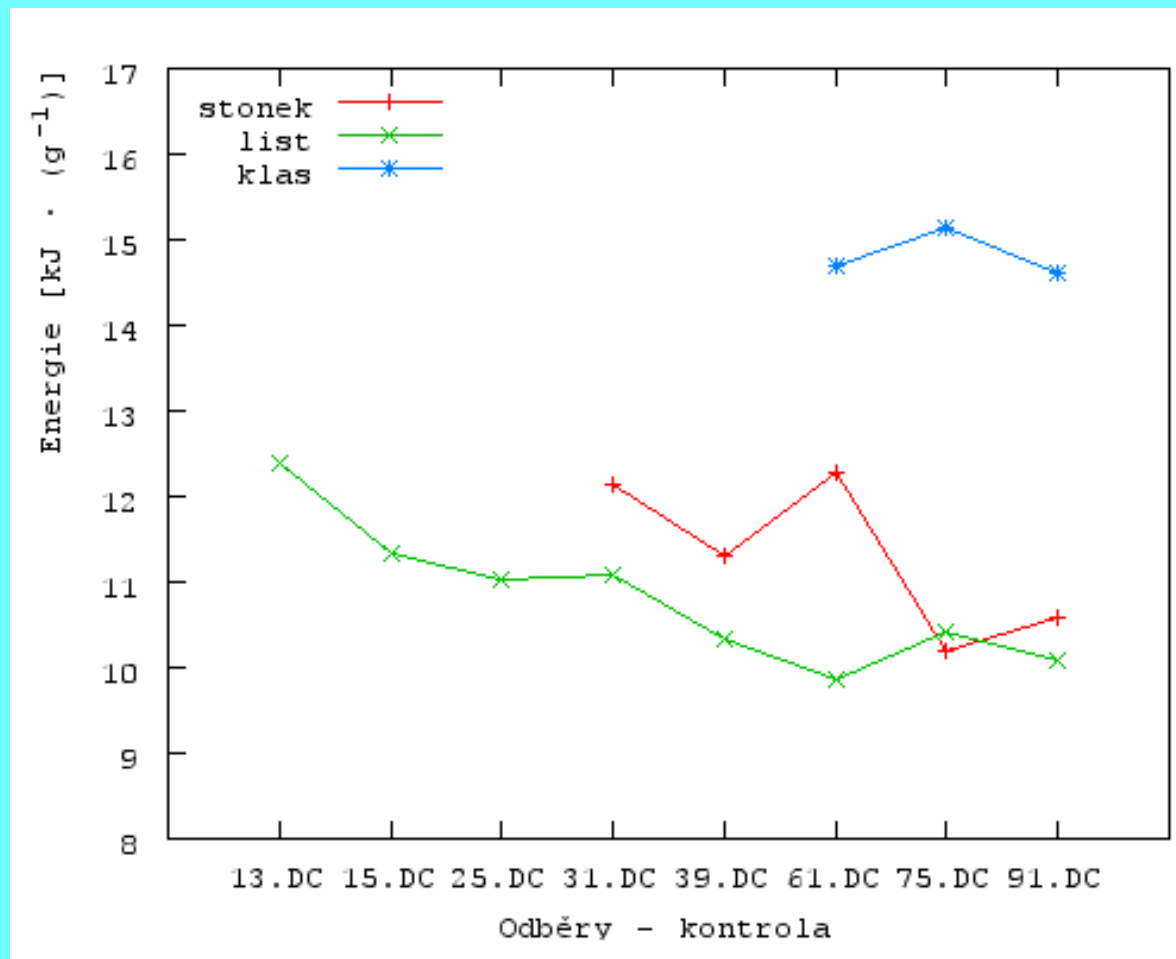


# Transport asimilátů v rámci rostliny



**Přesun asimilátů do nově vznikajících klasů a obilek**

# Transport asimilátů



**Změny obsahu energie (kJ.g<sup>-1</sup>) vegetativních a generativních orgánech jarního ječmene**

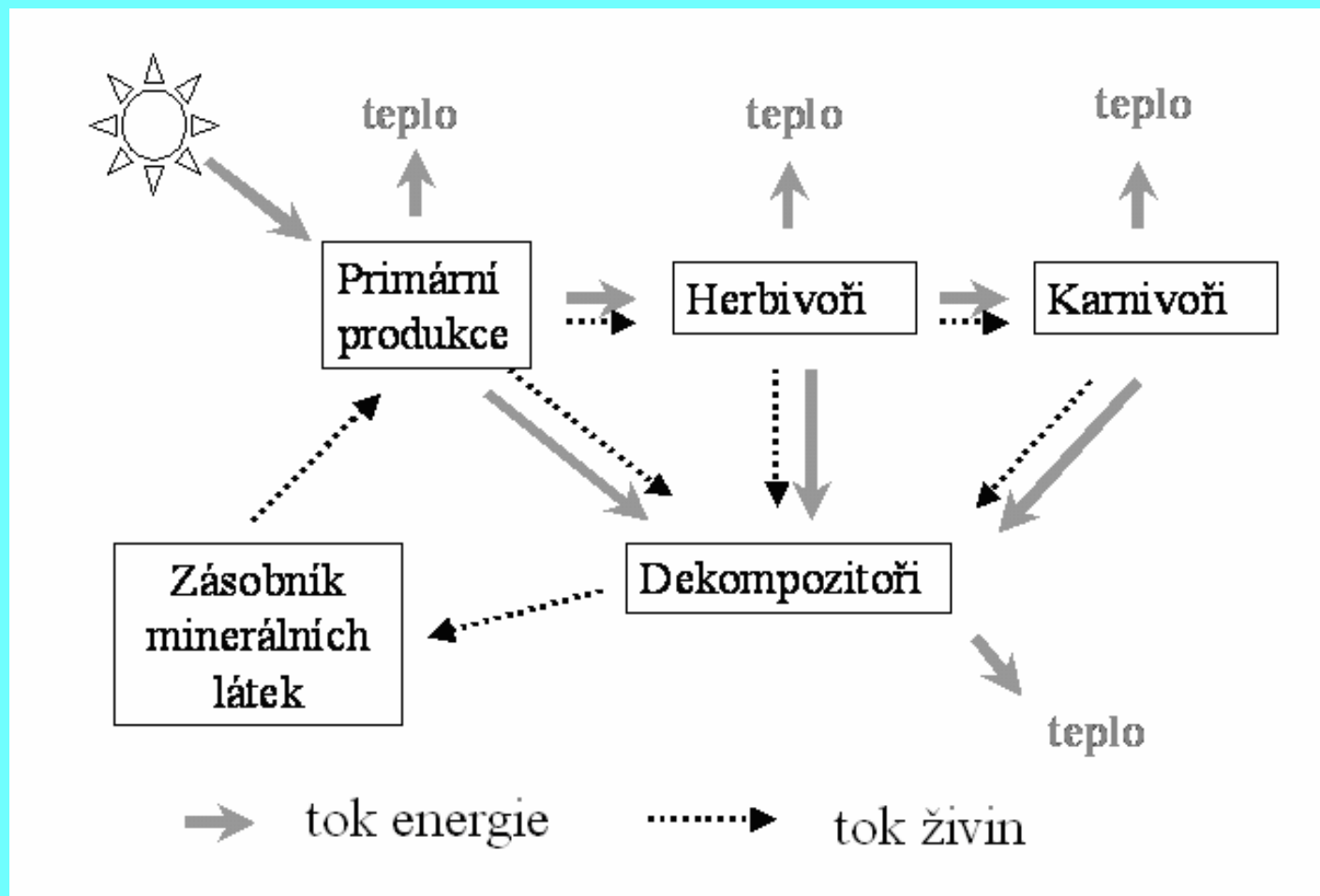
# Tok asimilátů

ORGÁN	NETTO ENERGIE (kJ.g <sup>-1</sup> )
Réвовé listy	16,01
Pazochové listy	15,85
Chmelová réva	14,50
Hlávky	14,98
vřetýnko	14,55
listeny	8,21
pecičky	12,92



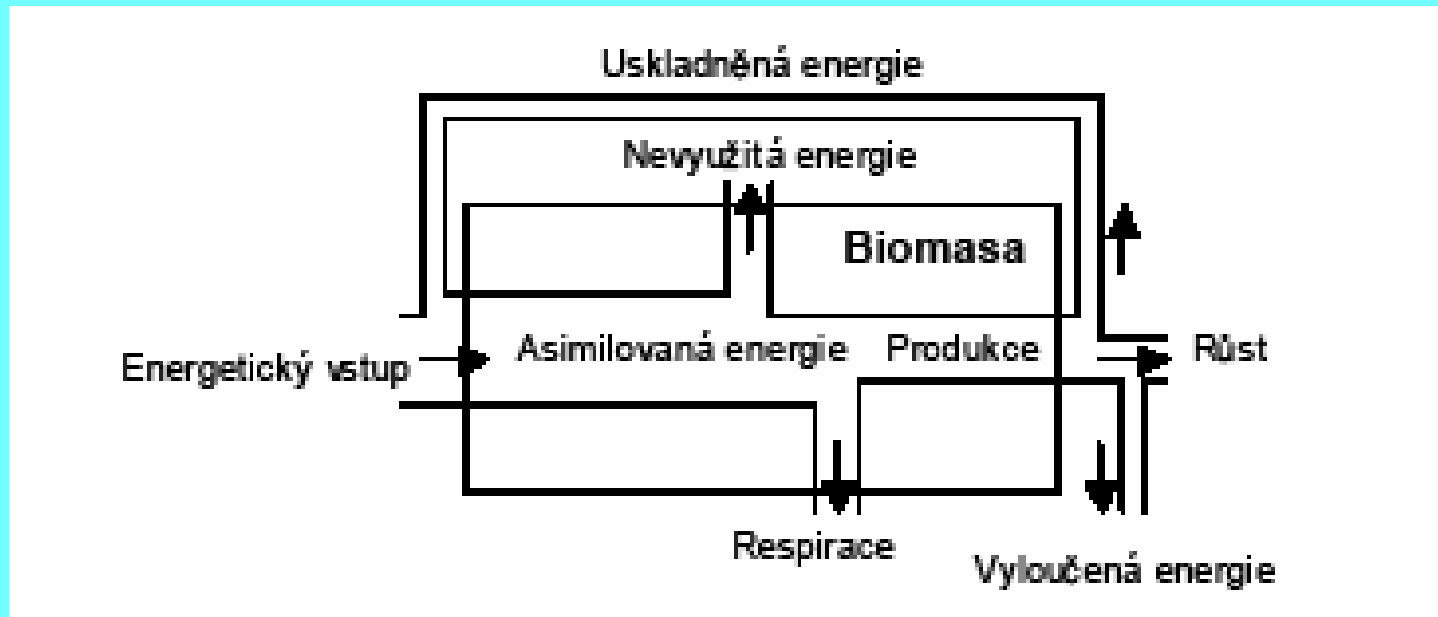
*Obsah energie v sušině chmele*

# Tok energie v ekosystému



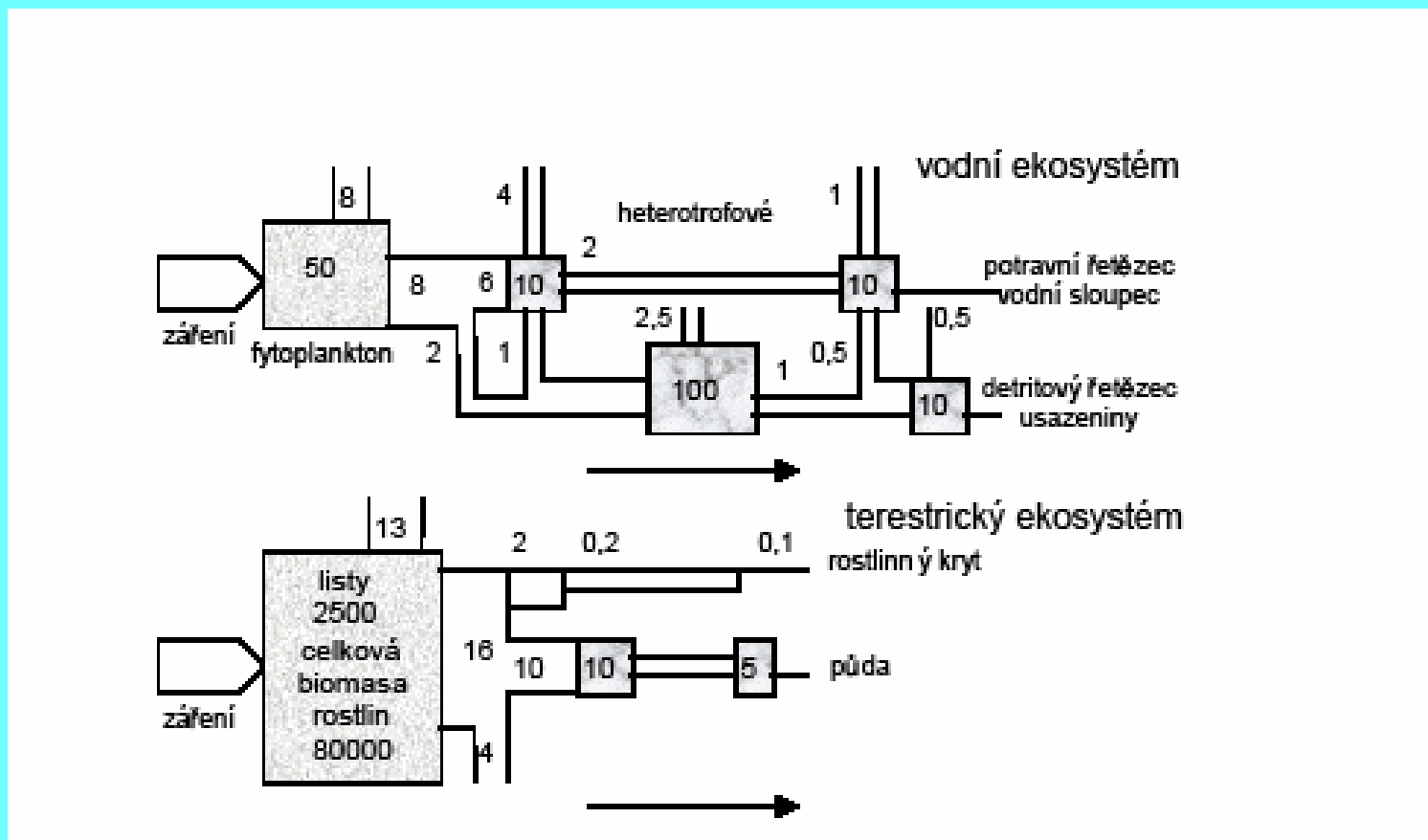
Ekologická účinnost =  $(\text{energie biomasy} * 100) / \text{energie záření}$

# Tok energie v ekosystému



Modelová složka transformace energie v ekosystému

# Tok energie v ekosystému



Toky energie (upraveno podle Oduma, 1963),

Akumulovaná energie, energetické toky v jednotkách  $\text{kcal.m}^{-2}$ ,  $\text{kcal.m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ .

# Tok energie v ekosystému

$$Q_n = I_v + I_i - I_e - E_x + I_m - T \pm H + F - R$$

*Q<sub>n</sub> je energetická bilance ekosystému, čistý příjem energie do ekosystému, I<sub>v</sub> - ozáření ve viditelné oblasti, I<sub>i</sub> - ozáření ve viditelné oblasti, I<sub>e</sub> - energie vyzařovaná ekosystémem (půdou, vodou, organismy) do prostoru, E<sub>x</sub> - množství energie vázané v exportované organické hmotě, I<sub>m</sub> - množství energie vázané v importované organické hmotě, T - energie využitá při evapotranspiraci, H - výměna teploty s okolím, F - energie fixovaná v hrubé primární produkci (fotosyntéza), R – respirace a rozkladné procesy.*

# Tok energie v ekosystému

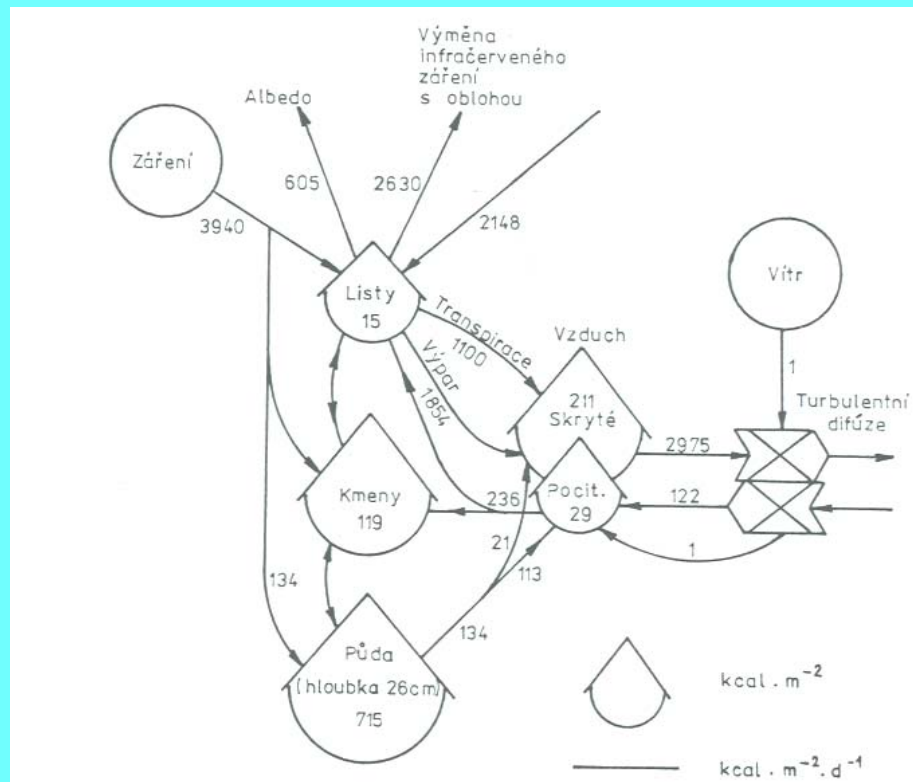
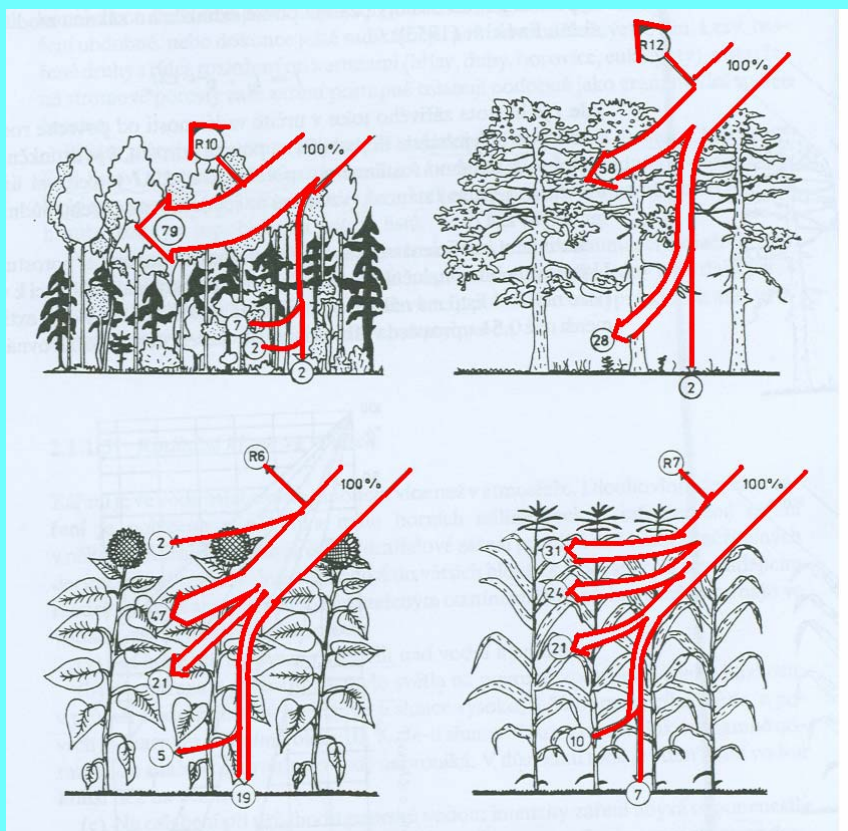
Efektivita využití záření (RUE)

$RUE = \text{přírůstek biomasy} / \text{zachycená FAR}$

- Juvenilní lesní dřeviny –  $1,0 \text{ g.MJ}^{-1}$
- Pro většinu porostů – od  $1,2$  do  $1,7 \text{ g.MJ}^{-1}$

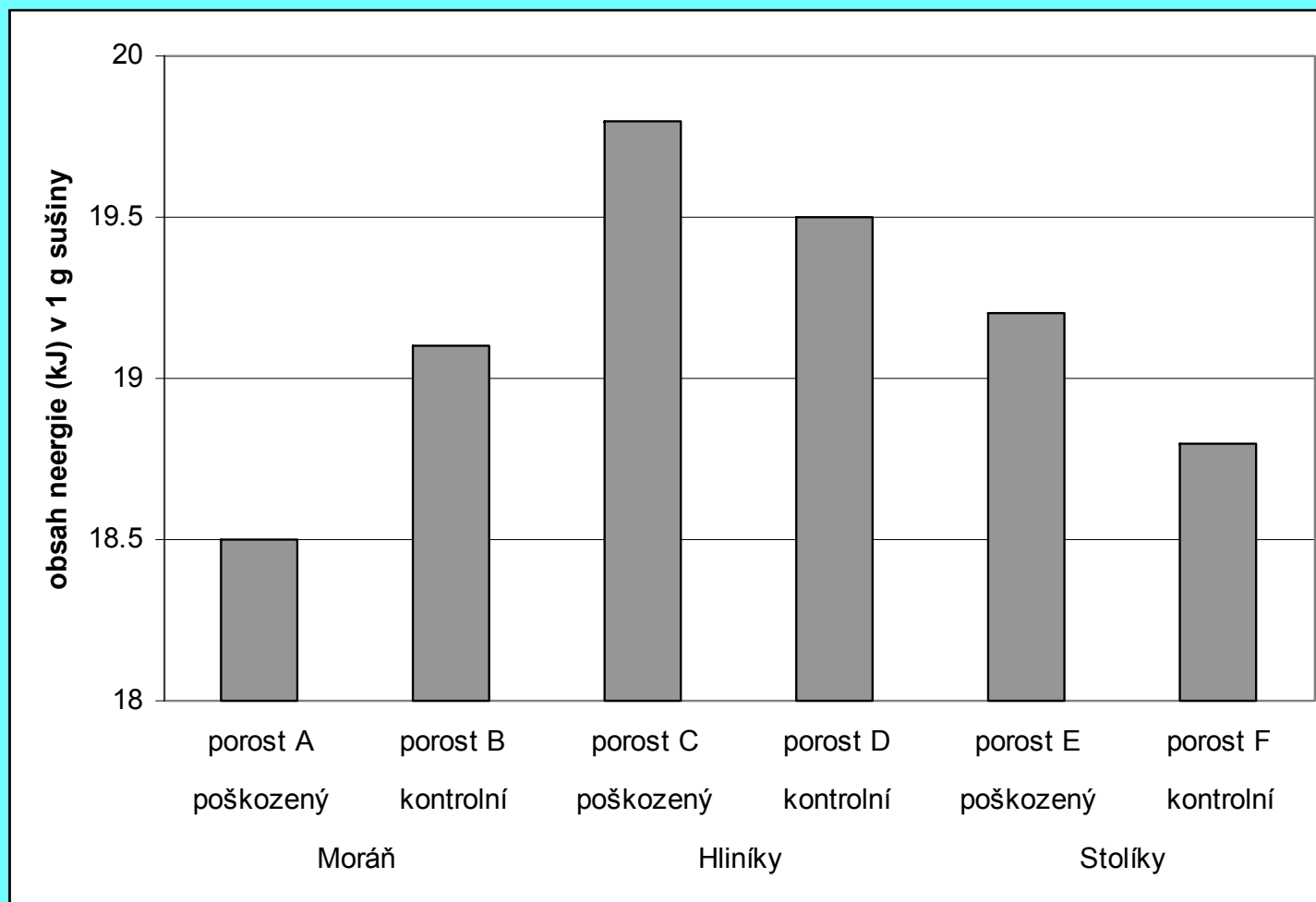


# Tok energie v ekosystému



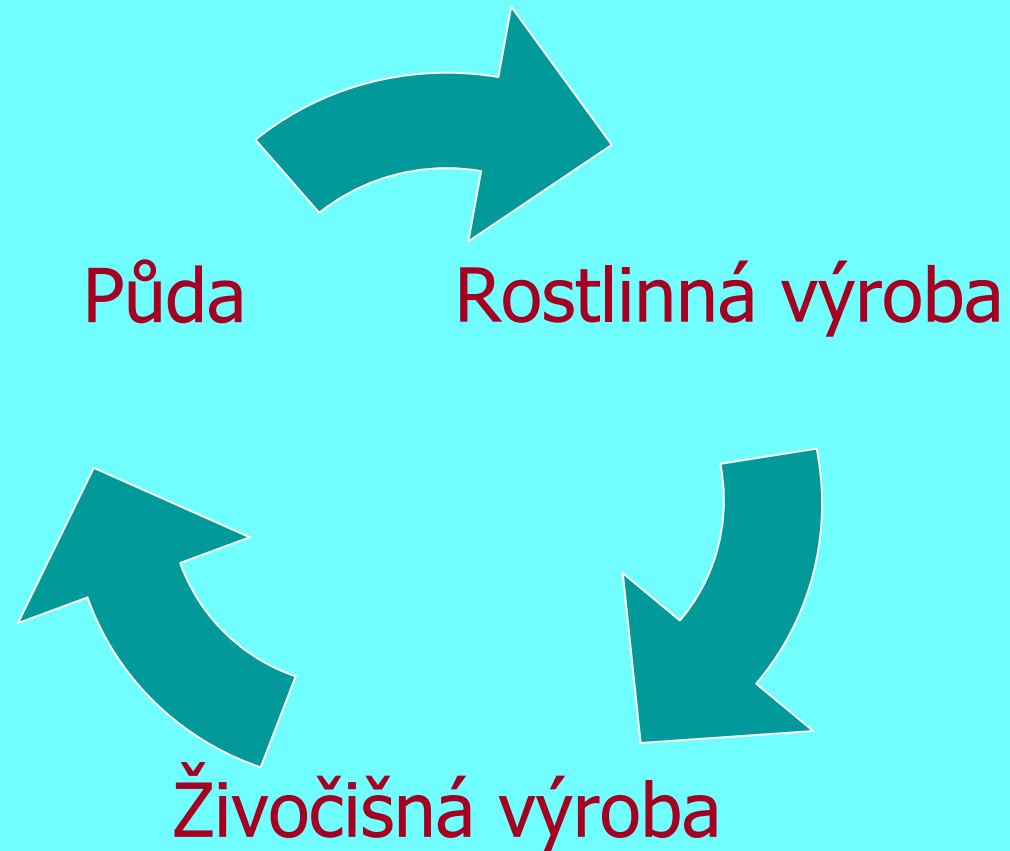
Oslabování dopadajícího slunečního záření v různých typech ekosystémů.

# Tok energie v ekosystému



**Obsah netto energie (kJ.g<sup>-1</sup>) v sušině nadzemní biomasy ostružiníku maliníku (upraveno podle Kuklová, Kukla, 2009).**

# Tok energie v agroekosystému



# Tok energie v agroekosystému

**Energetický zisk** je definován jako rozdíl mezi získanou a vloženou energií.

**Energetický koeficient** je poměr získané energie k přímým a nepřímým energetickým vkladům.

**Energetická účinnost** (účinnost slunečního záření a technologickou účinnost) výrobních procesů je podíl získaných a vložených energií

# Produkční fyziologie rostlin

**1 g sušiny biomasy rostlin odpovídá průměrně:**

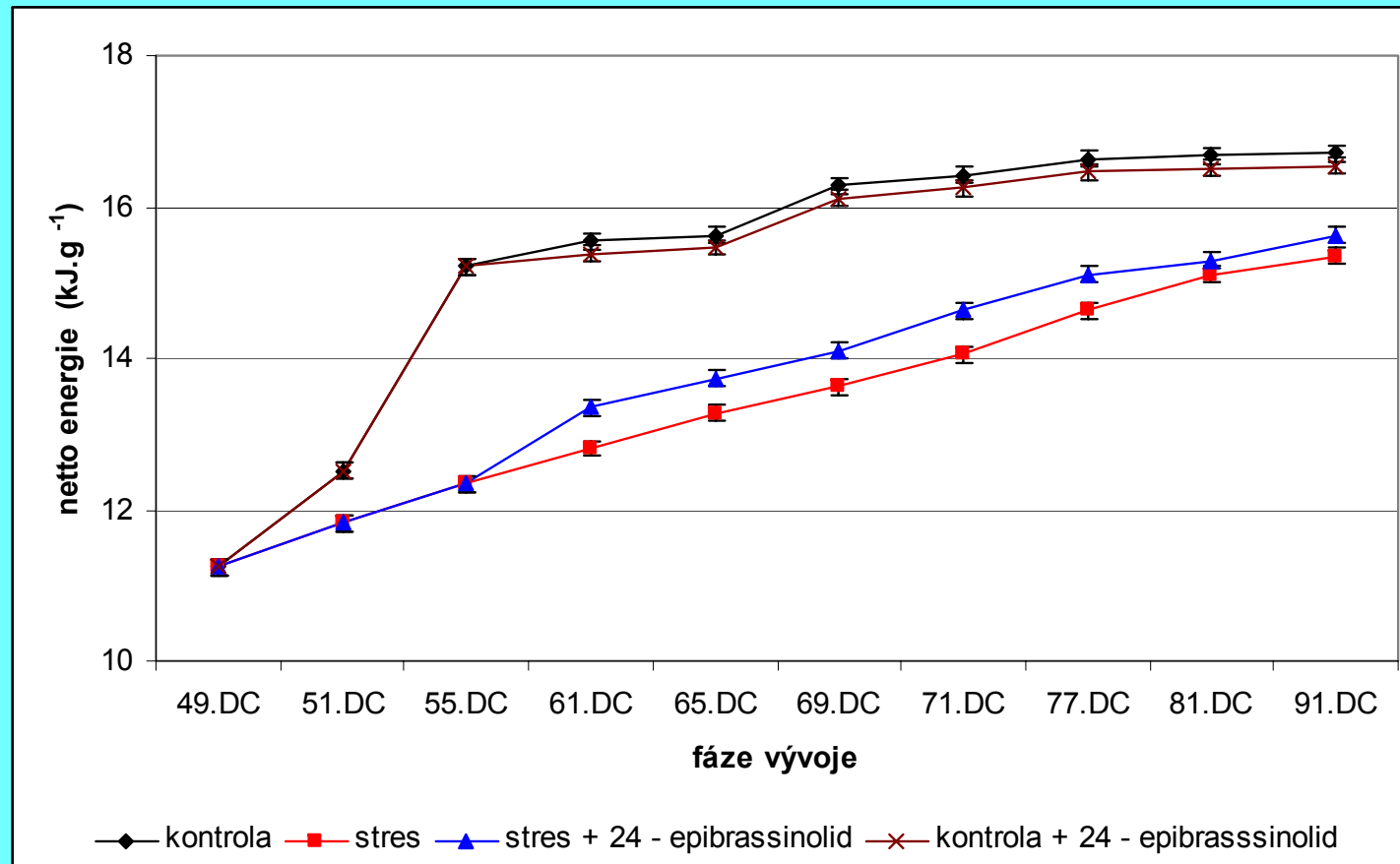
- 0,4 g uhlíku;
- 0,6 g karbohydrátů;
- 1,5 g CO<sub>2</sub> přijatého z ovzduší;
- 1,07 g vyprodukovaného O<sub>2</sub>;
- 150–800 ml vytranspirované vody;
- 17.6 kJ vázané energie (15-35 kJ).

# Produkční fyziologie rostlin

Stavební látka	Obsah energie (kJ.g <sup>-1</sup> )
Kyselina šťavelová	2,9
Glycin	8,9
Kyselina jablečná	10,0
Kyselina pyrohroznová	13,2
Glukóza	15,4
Sacharóza	16,5
Škrob	17,4
Celulóza	17,6
Proteiny	23,7
Lipidy	39,6
Lignin	26,3
Terpeny	46,9

Obsah energie v sušině rostlin (Upraveno dle Larchera, 1995)

# Produkční fyziologie rostlin



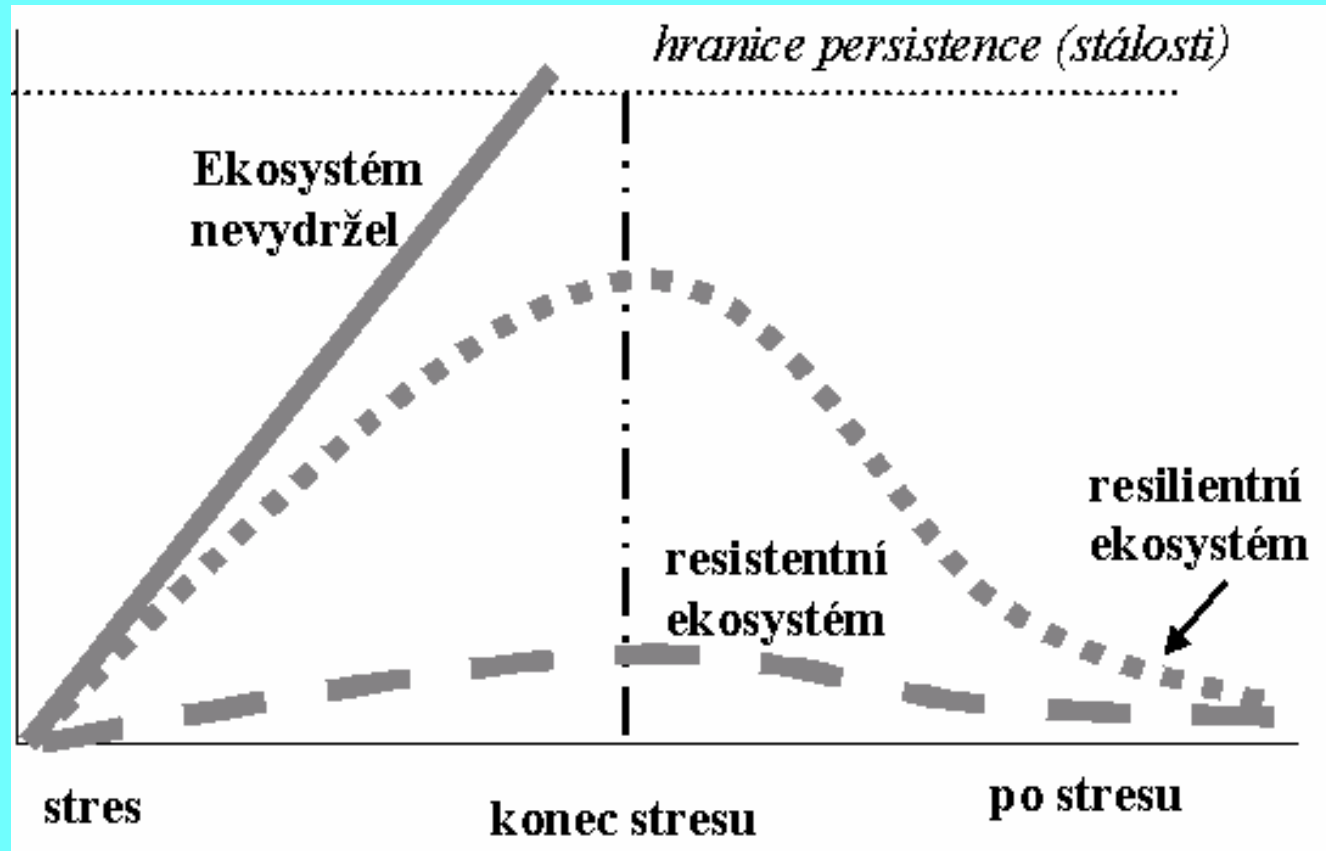
$y = - 1,40 - 2,57 * x + 1,00 * x' + 2,45 * x''$   
*y je závisle proměnná (energie), x, x', x'' jsou nezávisle proměnné – obsah tuků, bílkovin a škrobu.*

# Stresová fyziologie rostlin



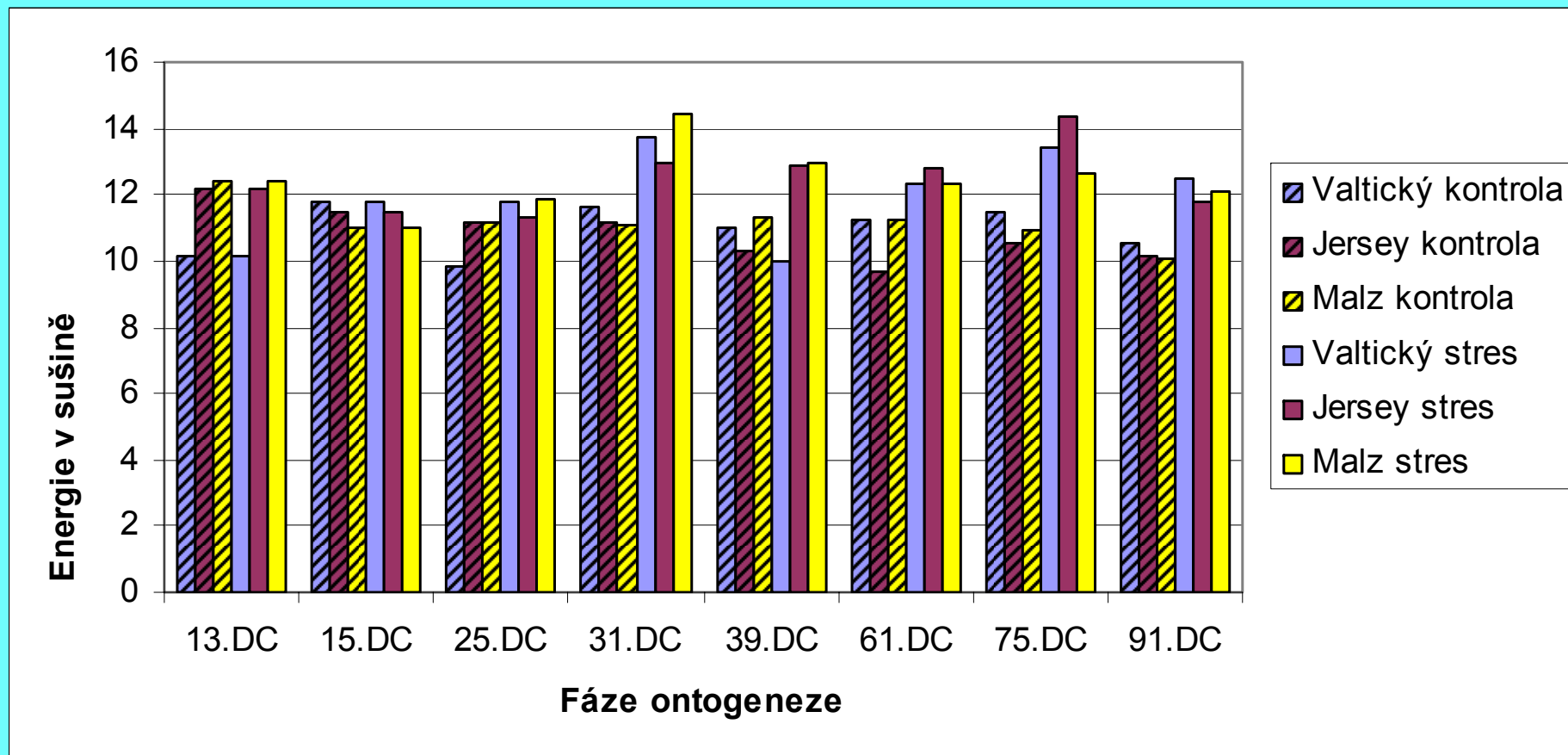


# Stresová fyziologie rostlin



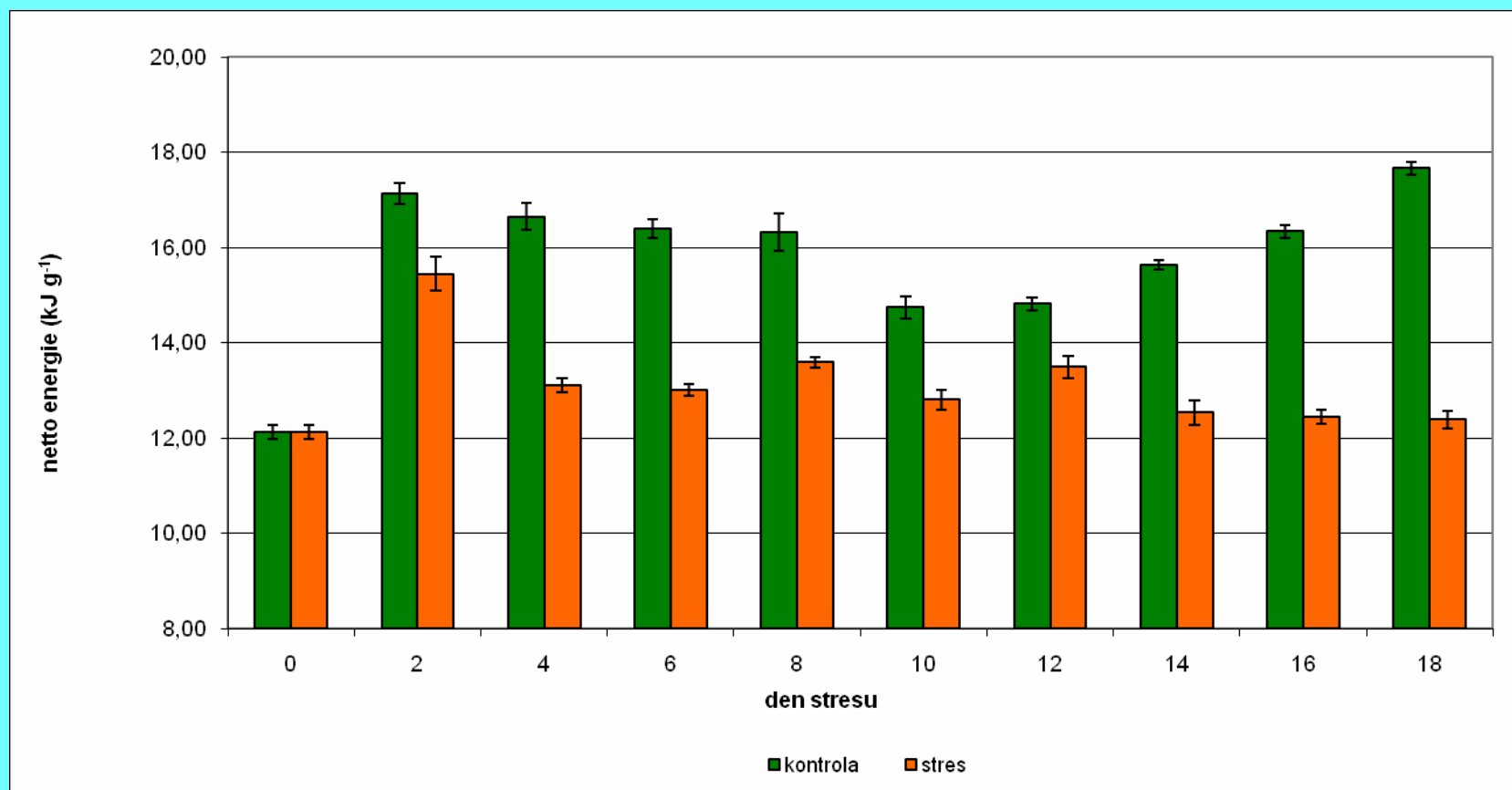
Stabilita ekosystémů

# Biotické stresory



**Vliv padlí travního (*Blumeria graminis*) –múčnatka trávová- na obsah energie listů (kJ.g<sup>-1</sup>) ječmene jarního**

# Abiotické stresory



**Vliv vodního deficitu na obsah energie (kJ.g<sup>-1</sup>) nadzemní biomasy juvenilních rostlin kukuřice**

# Genotypové rozdíly



Druh rostliny	Obsah energie	Druh rostliny	Obsah energie
<i>Astragalus cicer</i> L.	15,60	<i>Lotus corniculatus</i> L.	17,44
<i>A. lasiopetalus</i> L.	16,20	<i>Trifolium campestre</i> Schreber	15,70
<i>A. onobrychis</i> L.	14,33	<i>T. medium</i> L.	17,15
<i>Dorycnium herbaceum</i> Viil.	16,28	<i>T. repens</i> L.	17,09
<i>Melilotus albus</i> Med.	17,18	<i>T. ruhens</i> L.	17,18
<i>M. officinalis</i> (L.) Pallas	16,70	<i>T. pratense</i> L.	15,58
<i>Lathyrus sylvestris</i> L.	16,33	<i>Vicia angustifolia</i> L.	15,71
<i>Phalaris canariensis</i> L.	12,07	<i>V. cracca</i> L.	15,52
<i>Lupinus polyphyllus</i> Lindl.	26,50	<i>V. tenuifolia</i> Roth.	14,77
<i>Medicago falcata</i> L.	17,65	<i>V. villosa</i> Roth	15,48
<i>M. sativa</i> L.	13,71	<i>V. pisiformis</i> L.	15,46
<i>Malva verticillata</i> L.	18,33	<i>Secale cerea/e</i> L.	12,57
<i>Phacelia tanacetifolia</i> Bentham	17,93		

Vliv genotypu na obsah energie (kJ.g<sup>-1</sup>) semen planých a kulturních pícev.

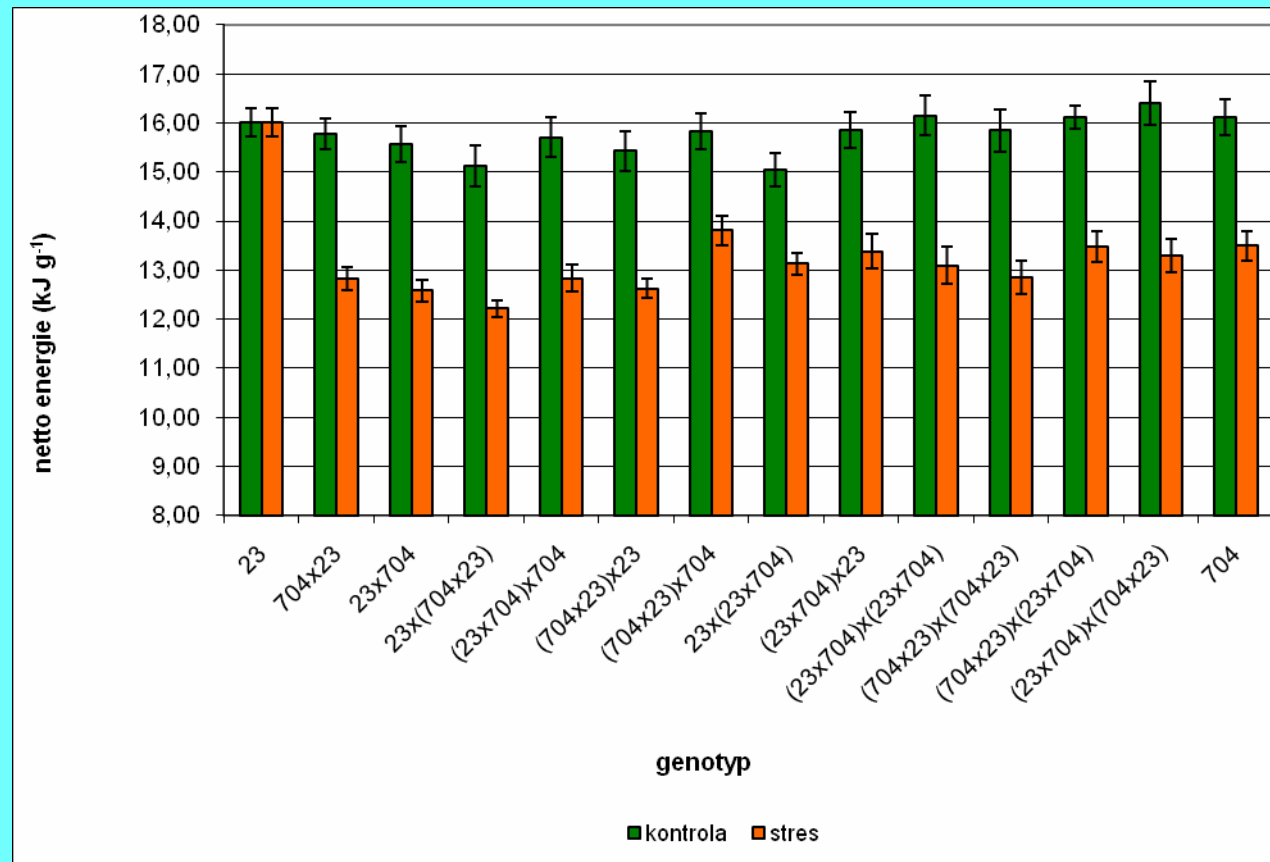
# Genotypové rozdíly

plodina	Brutto energie	Brutto + 95 %	Brutto – 95 %
Tritikále	15,61	16,08	15,14
Ječmen nahý	15,67	15,98	15,35
Ječmen jarní	15,76	16,23	15,28
Ječmen ozimý	15,82	16,14	15,51
Pšenice ozimá	15,92	16,55	15,28



Vliv genotypu na obsah energie ( $\text{kJ.g}^{-1}$ ) obilek.

# Genotypové rozdíly

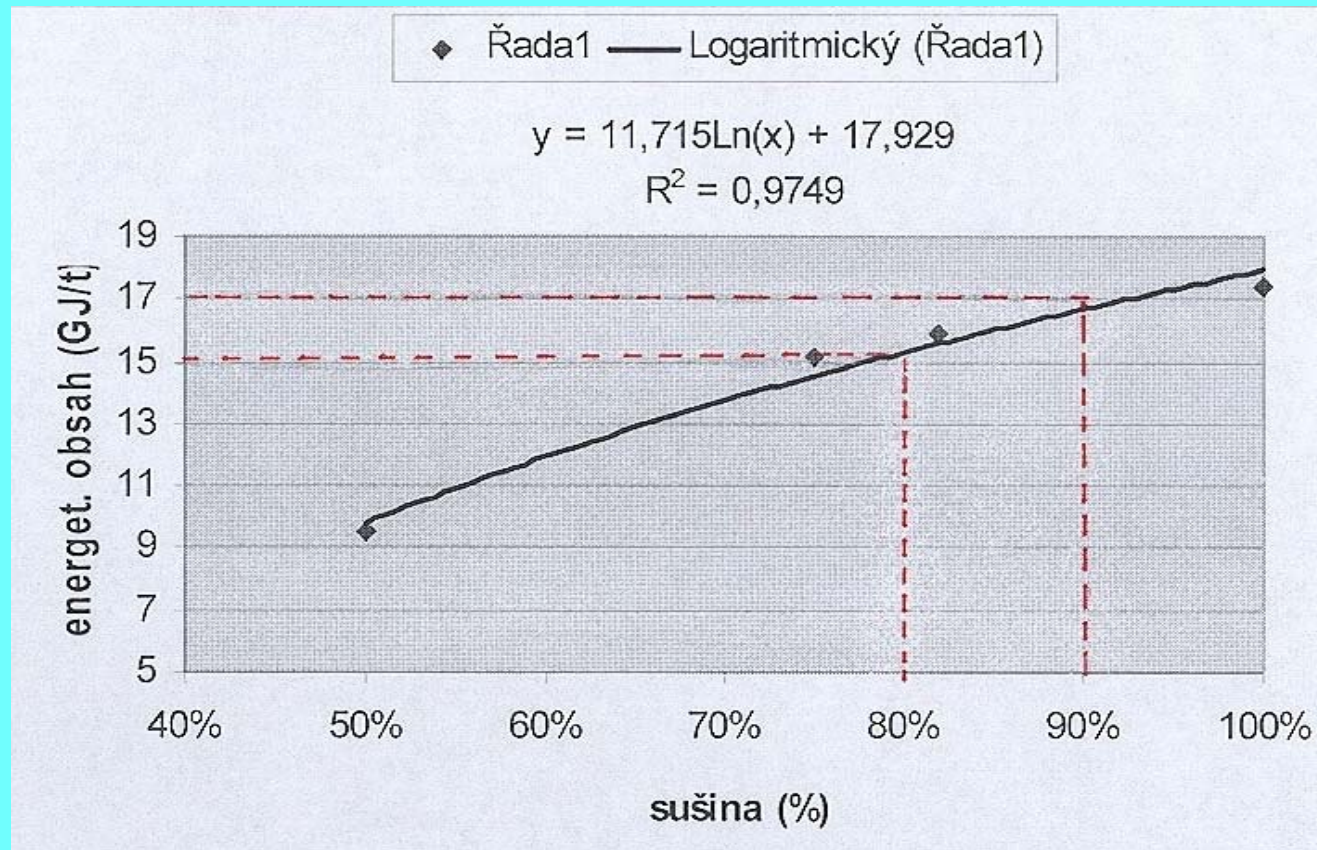


Vliv genotypu a prostředí na obsah energie (kJ.g<sup>-1</sup>) nadzemní biomasy juvenilních rostlin kukuřice

# Shrnutí

<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>
<p data-bbox="293 523 595 571">rychlá metoda</p> <p data-bbox="293 616 667 663">všestranné použití</p> <p data-bbox="293 794 1104 935">využití nejenom pro „jednu“ rostlinu, ale také na celý ekosystém</p> <p data-bbox="293 970 790 1018">daná jednotná metodika</p> <p data-bbox="293 1190 1104 1331">stanovení translokace energeticky bohatých látek v rámci rostliny</p>	<p data-bbox="1149 523 1563 571">destruktivní metoda</p> <p data-bbox="1149 616 1960 756">neznáme vždy přesné chemické složení látek</p> <p data-bbox="1149 794 1686 842">ovlivnění vlhkosti vzorku</p> <p data-bbox="1149 970 1570 1018">homogenita vzorku?</p>

# Změny obsahu energie



**Vliv procentického zastoupení vody rostl. materiálu na obsah energie (podle Strašila, 2010)**



# Závěr

Spalná kalorimetrie jako jedna z mnoha biologických destrukčních metod má široké spektrum použití:

- v produkční a ekologické fyziologie rostlin,
- ve stresové fyziologie rostlin,
- pro detekci odolnosti rostlinných druhů či odrůd,
- pro posuzování alternativních rychle obnovitelných biologických zdrojů energie,
- pro stanovení výživné hodnoty krmiv a kvality krmiv a píce.

# Poděkování



doc. Ing. Vratislavů Novákovi, CSc. zakladateli spalné kalorimetrie na ĀZU v Praze a specializované laboratoře spalné kalorimetrie a zpracování rostlin KBFR FAPPZ.

DĚKUJI ZA POZORNOST