



VYUŽITÍ SPALNÉ KALORIMETRIE V BIOLOGICKÝCH VĚDNÍCH DISCIPLÍNÁCH

František Hnilička, Helena Hniličková, Jaroslava Martinková

Spalná kalorimetrie

Metoda spalné kalorimetrie patří mezi nejpracovanější 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 CO_2 odpovídá zisk potenciální energie rovnající se 114 kcal (= 477,204 kJ).“

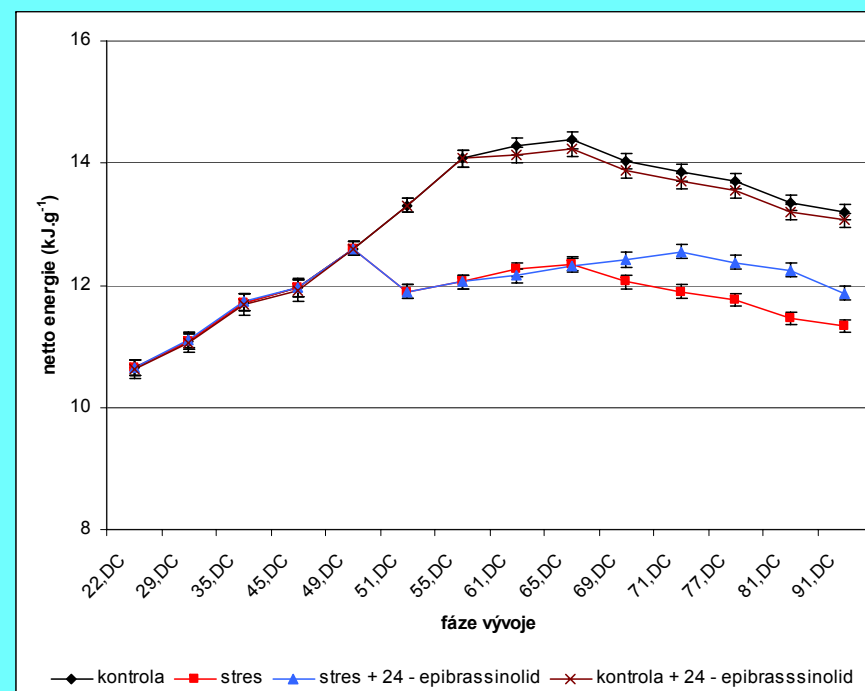
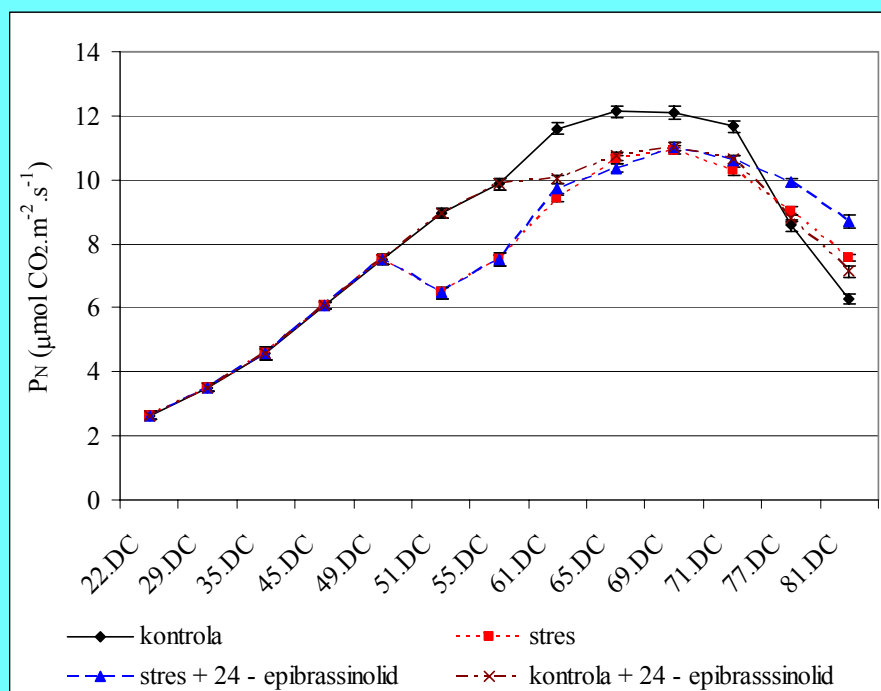
1 mol CO_2 odpovídá 1/6 mol glukosy

Molekulová hmotnost glukosy – 180

1/6 ze 180 = 30 * 15,7 (energetická hodnota glukosy) = 471 kJ na 1 mol CO_2

Fototrofní organismy ročně zachytí asi 10^{21} kJ energie a její pomocí vyrobí asi 14×10^{11} t organické hmoty, uvolní 15×10^{11} t O_2 a fixují 20×10^{11} t 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.

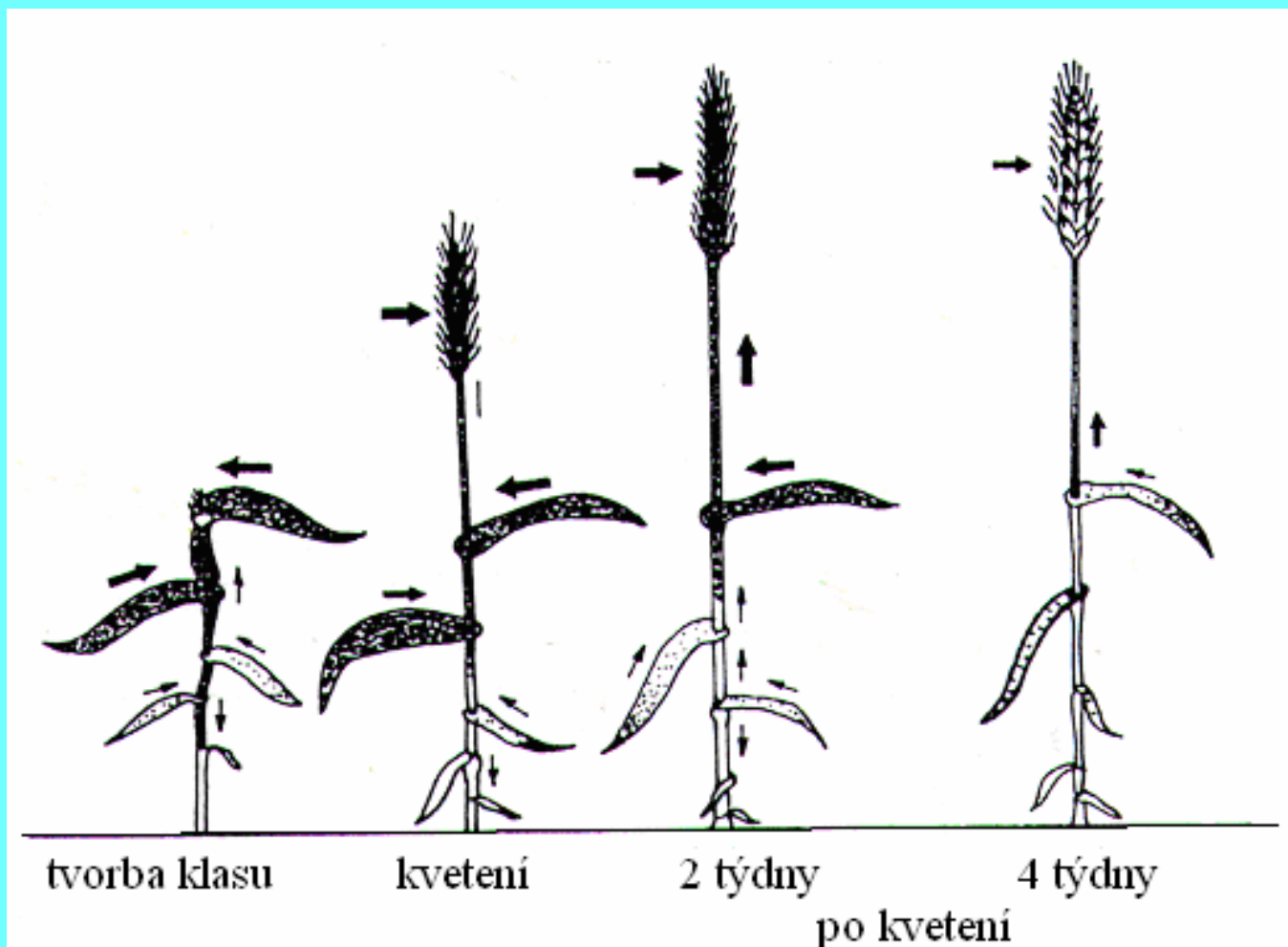
- **Růstový sink** – s utilizací asimilátů při dělivém nebo prodlužovacím růstu.
- **Akumulační sink** – s hromaděním asimilátů do trvalé nebo dočasné zásoby.
- **Udržovací sink** – s utilizací asimilátů v udržovacím metabolismu.

Základní pojmy – transport asimilátů

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

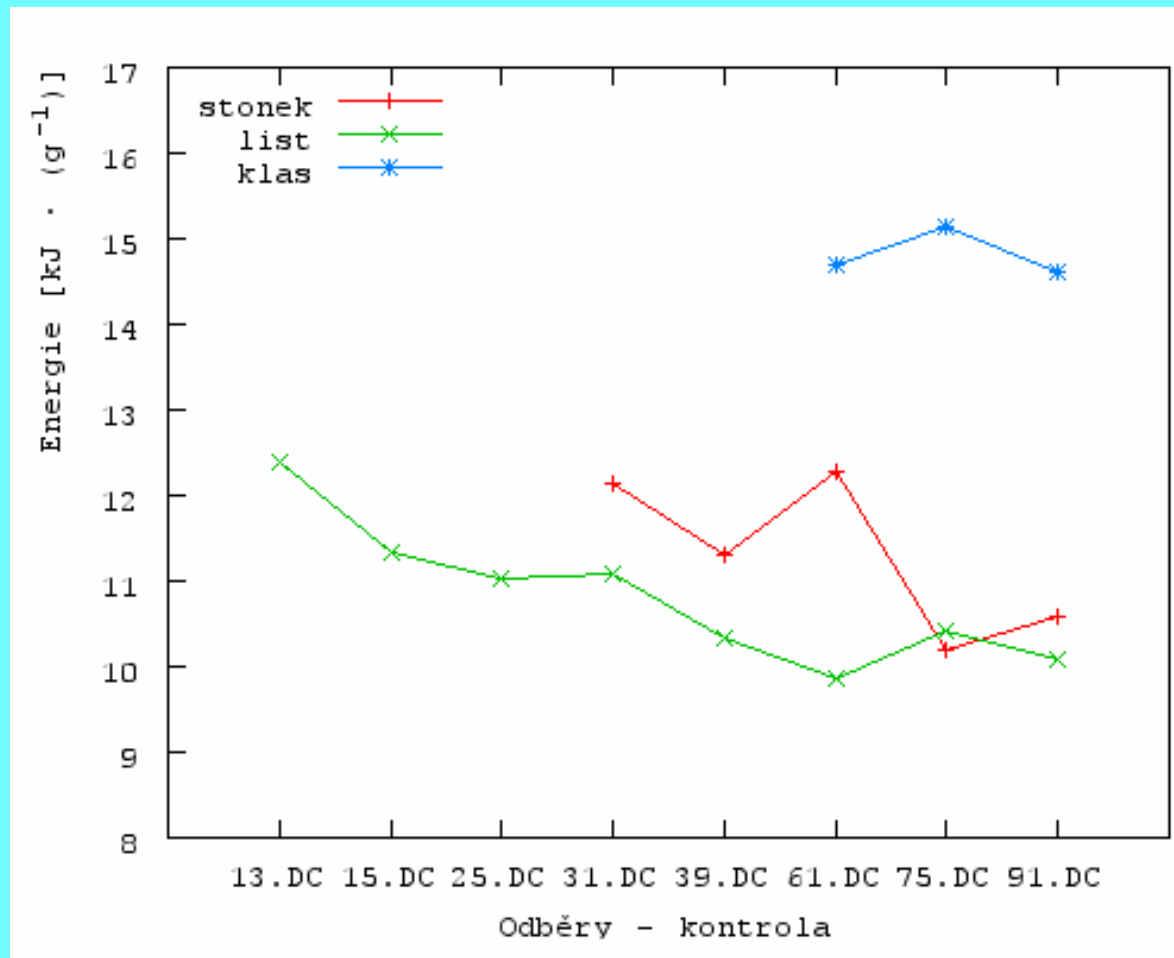
- **Primární zdroj** – s de novo syntézou asimilátů.
- **Sekundární zdroj** – s mobilizací v něm přechodně uložených asimilátů na translokaci do sinku.

Transport asimilátů v rámci rostliny



Přesun asimilátů do nově vznikajících klasů a obilek

Transport asimilátů



Změny obsahu energie ($\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$) vegetativních a generativních orgánech jarního ječmene

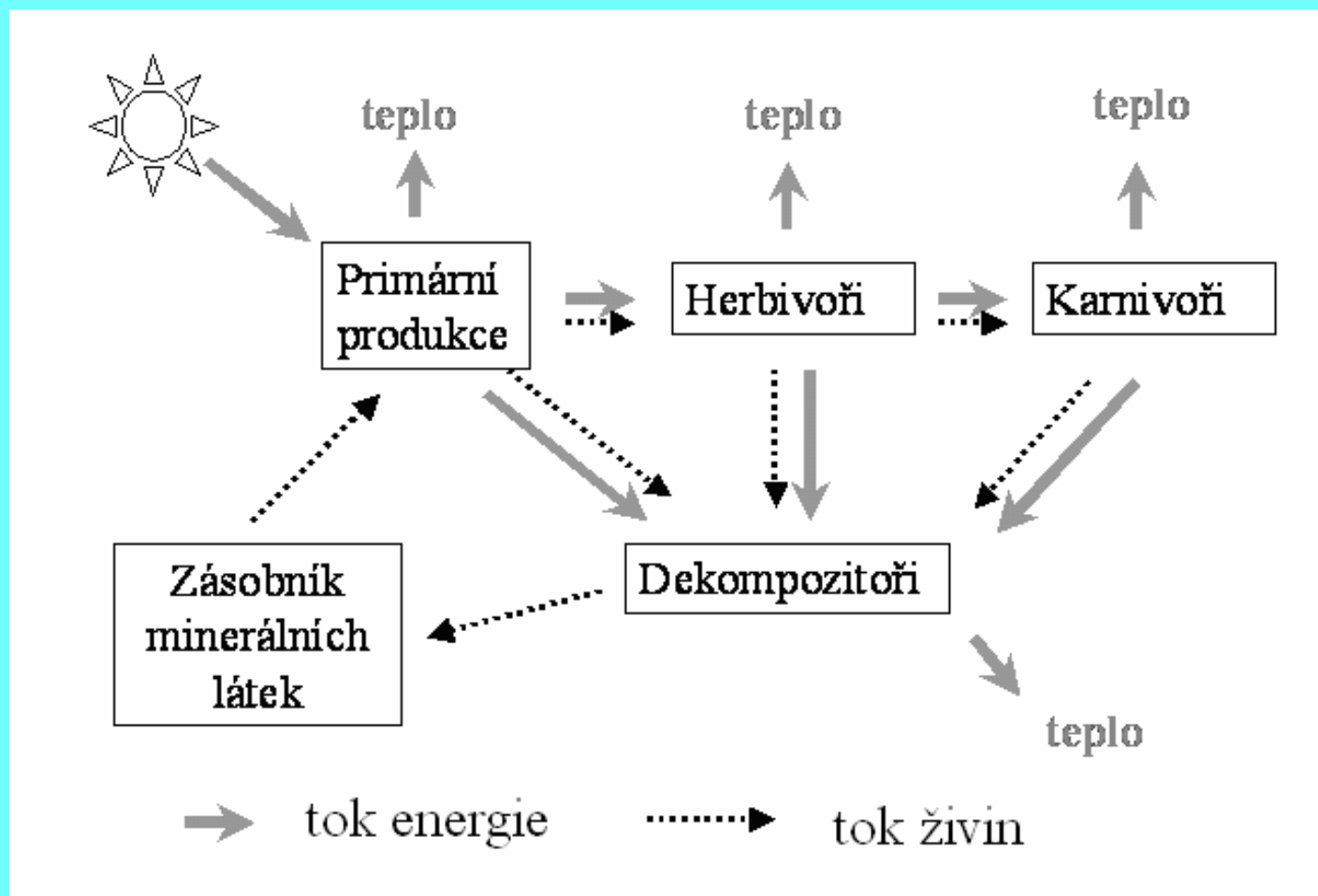
Tok asimilátů

ORGÁN	NETTO ENERGIE (kJ.g ⁻¹)
Rékové listy	16,01
Pazochové listy	15,85
Chmelová réva	14,50
Hlávky	14,98
vřetýnko	14,55
listeny	8,21
pecičky	12,92



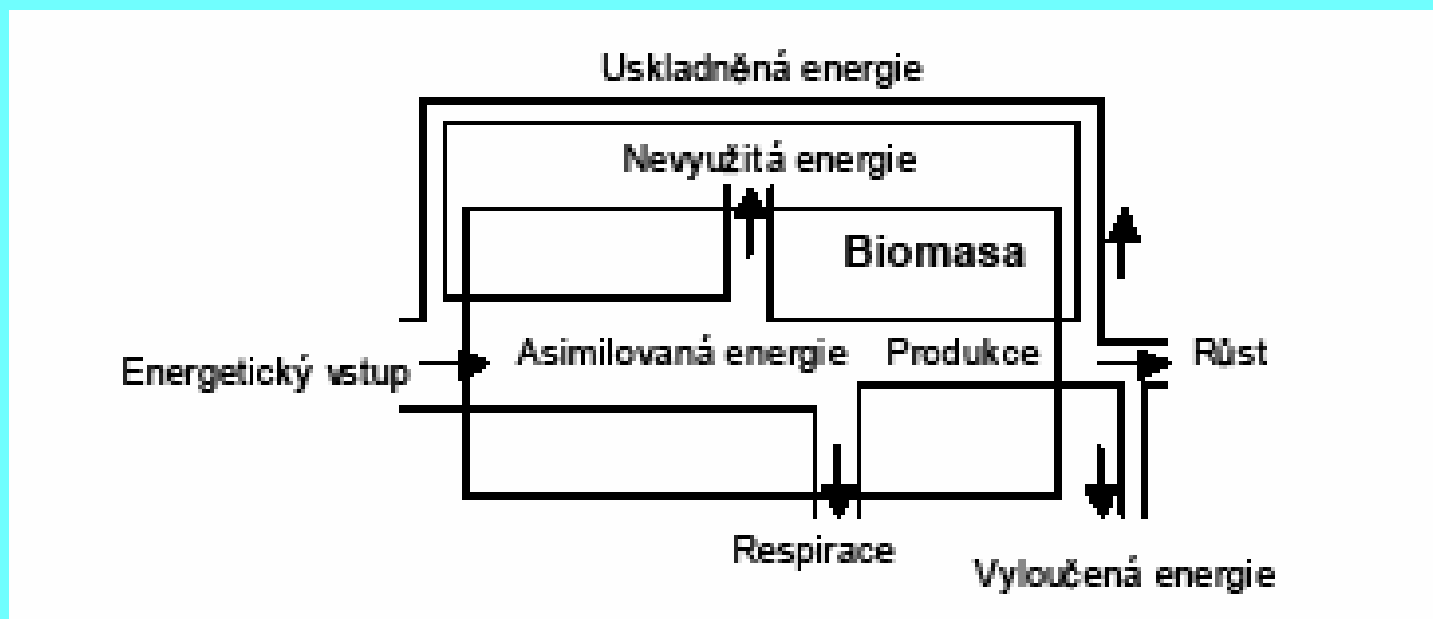
Obsah energie v sušině chmele

Tok energie v ekosystému



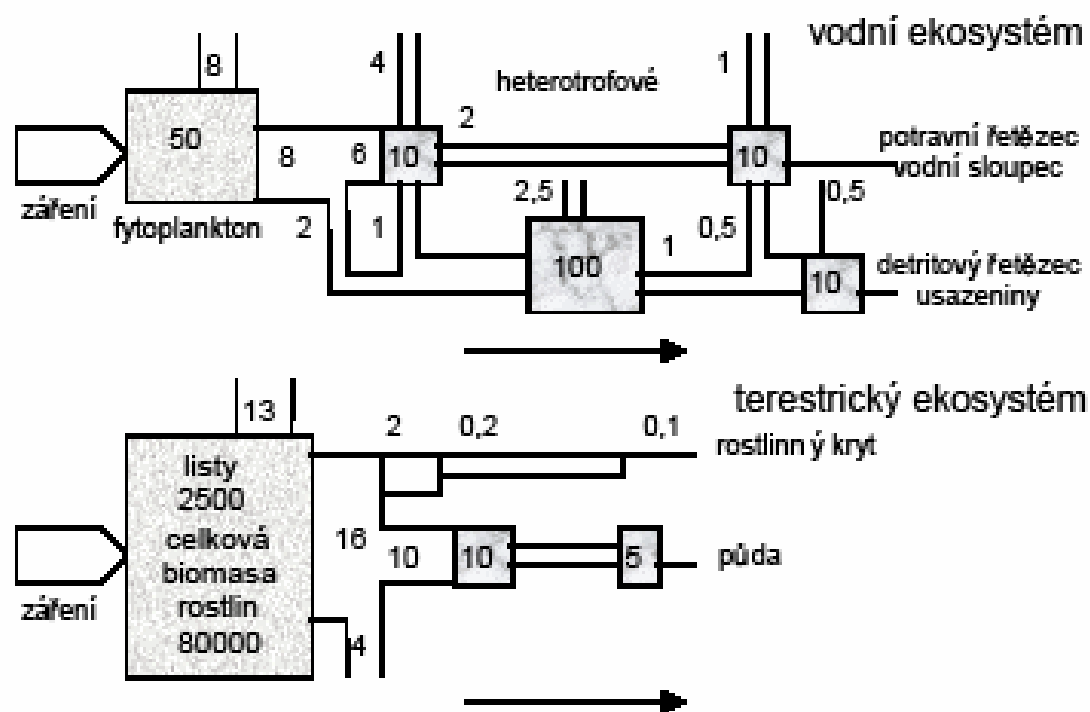
Ekologická účinnost = $(\text{energie biomasy} * 100) / \text{energie záření}$

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 kcal.m^{-2} , $\text{kcal.m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Tok energie v ekosystému

$$Q_n = I_v + I_i - I_e - Ex + Im - T \pm H + F - R$$

Q_n je energetická bilance ekosystému, čistý příjem energie do ekosystému, I_v - ozáření ve viditelné oblasti, I_i - ozáření ve viditelné oblasti, I_e - energie vyzařovaná ekosystémem (půdou, vodou, organismy) do prostoru, Ex - množství energie vázané v exportované organické hmotě, Im - 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.

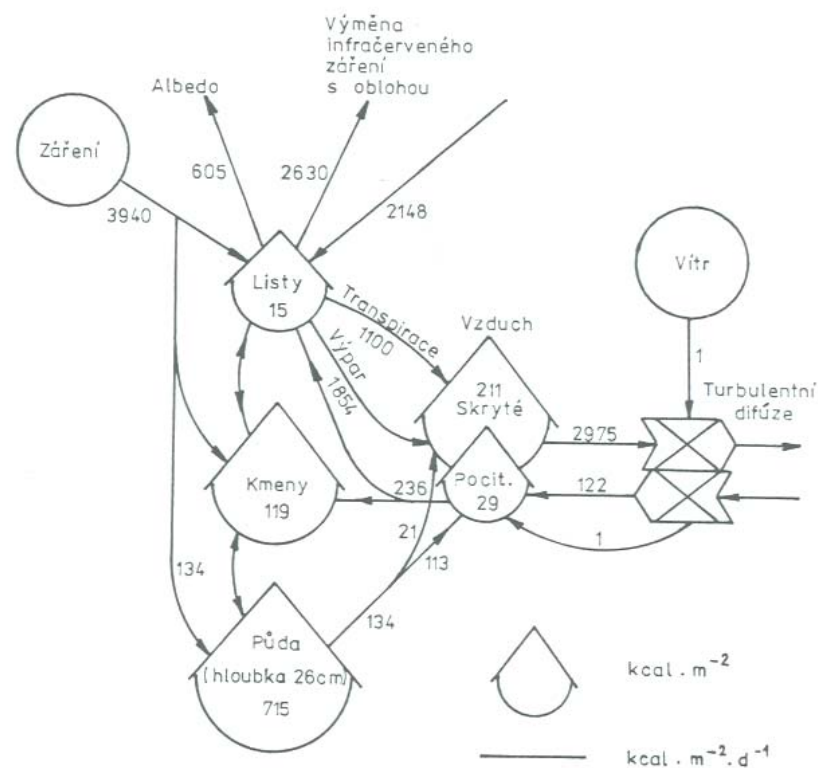
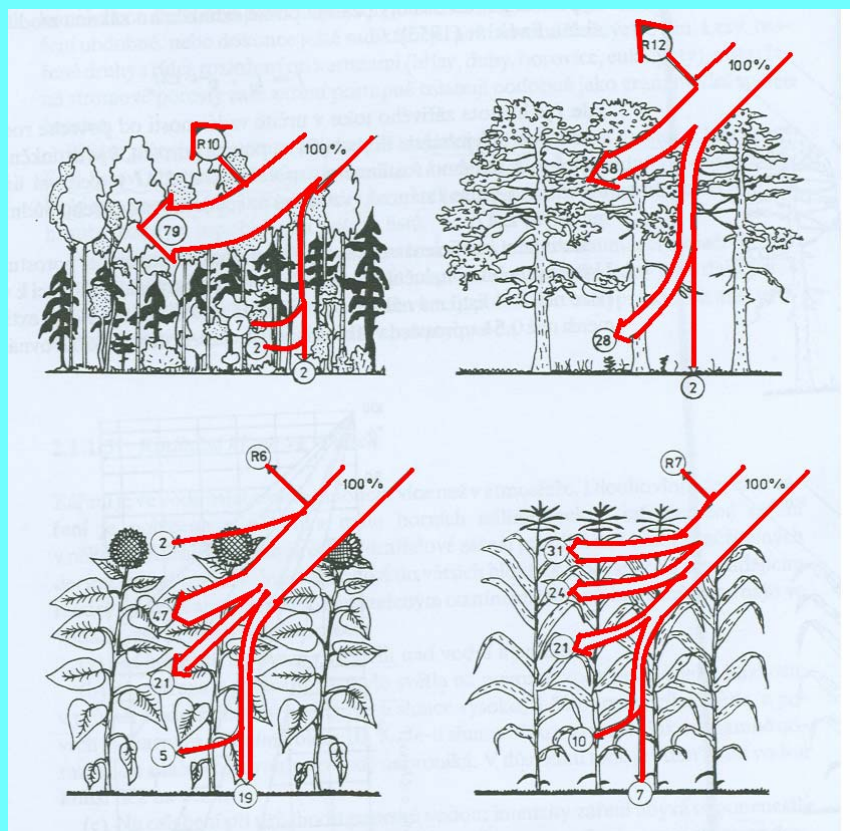
Tok energie v ekosystému

Efektivita využití záření (RUE)

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

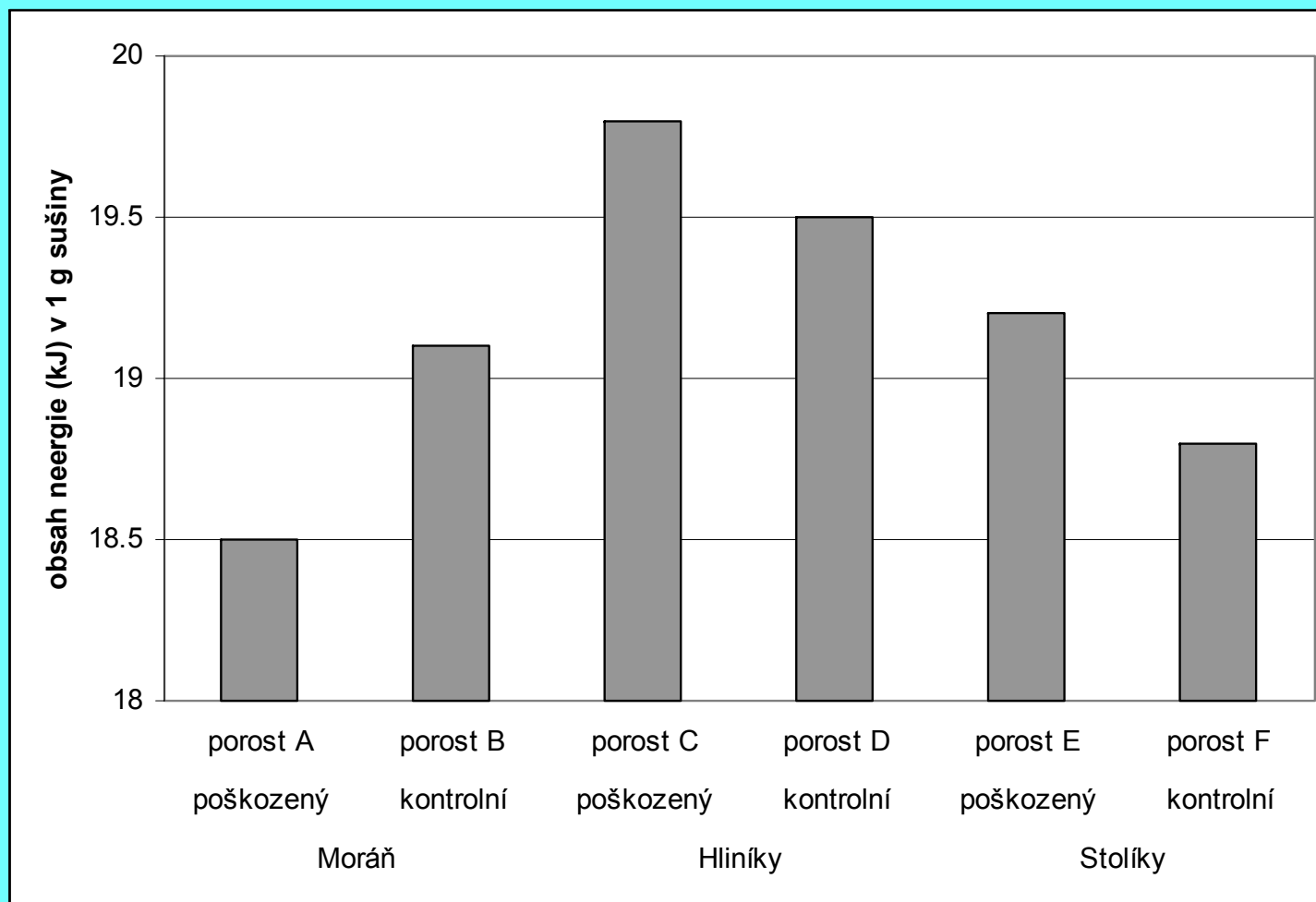
- Juvenilní lesní dřeviny – $1,0 \text{ g.MJ}^{-1}$
- Pro většinu porostů – od $1,2$ do $1,7 \text{ g.MJ}^{-1}$

Tok energie v ekosystému



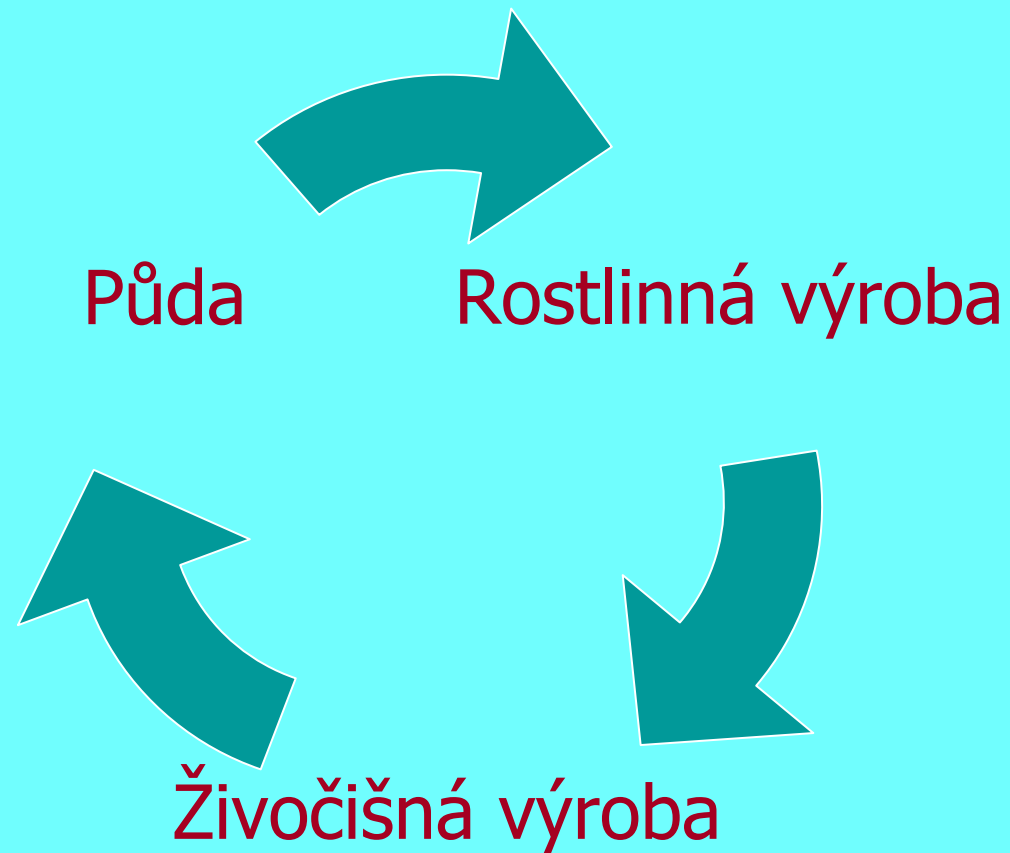
Oslabování dopadajícího slunečního záření v různých typech ekosystémů.

Tok energie v ekosystému



Obsah netto energie (kJ.g⁻¹) 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:

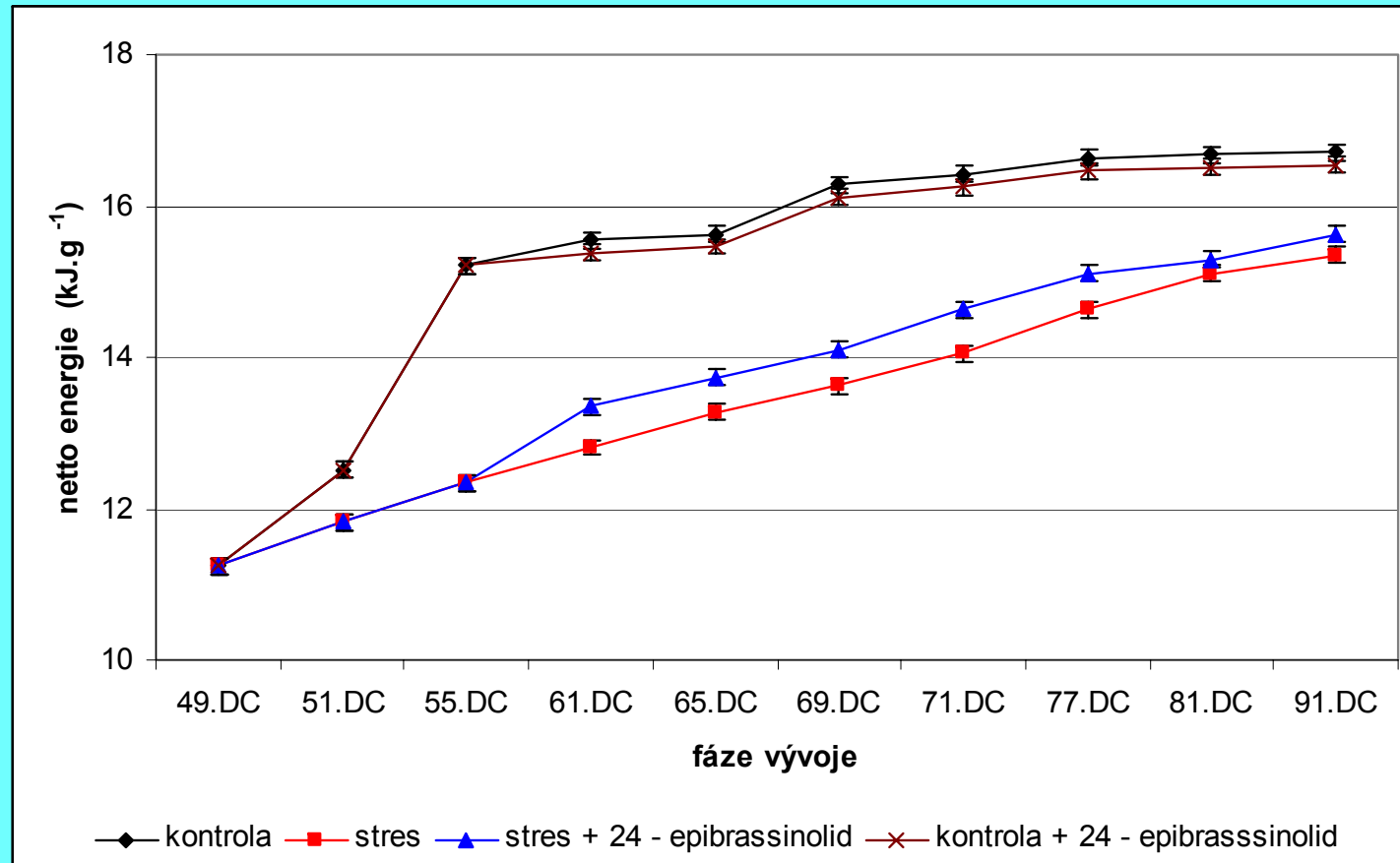
- 0,4 g uhlíku;
- 0,6 g karbohydrátů;
- 1,5 g CO₂ přijatého z ovzduší;
- 1,07 g vyprodukovaného O₂;
- 150–800 ml vytranspirované vody;
- 17.6 kJ vázané energie (15-35 kJ).

Produkční fyziologie rostlin

Stavební látka	Obsah energie (kJ.g ⁻¹)
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

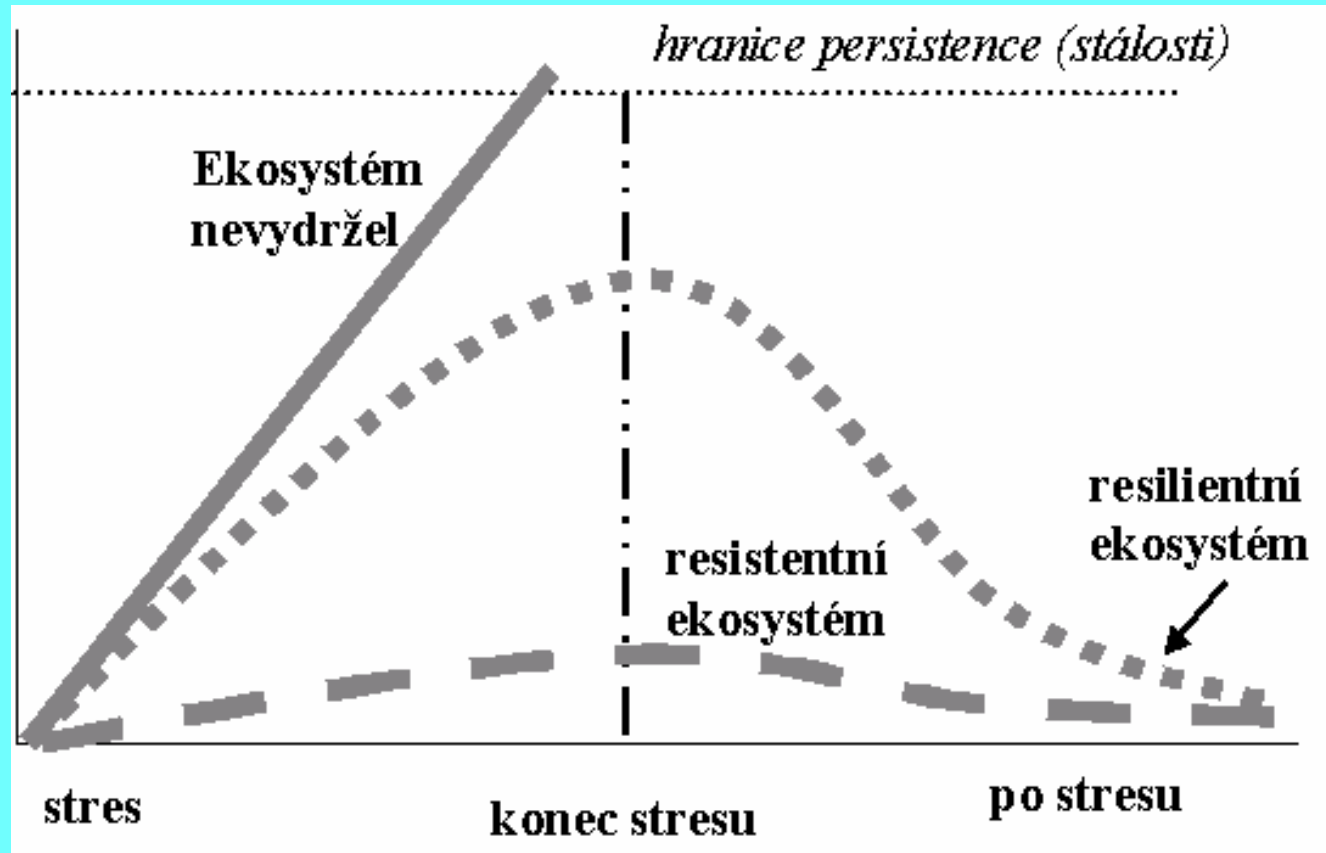


$y = -1,40 - 2,57 * x + 1,00 * x' + 2,45 * x''$
y je závisle proměnná (energie), x , x' , x'' jsou nezávisle proměnné – obsah tuků, bílkovin a škrobu.

Stresová fyziologie rostlin

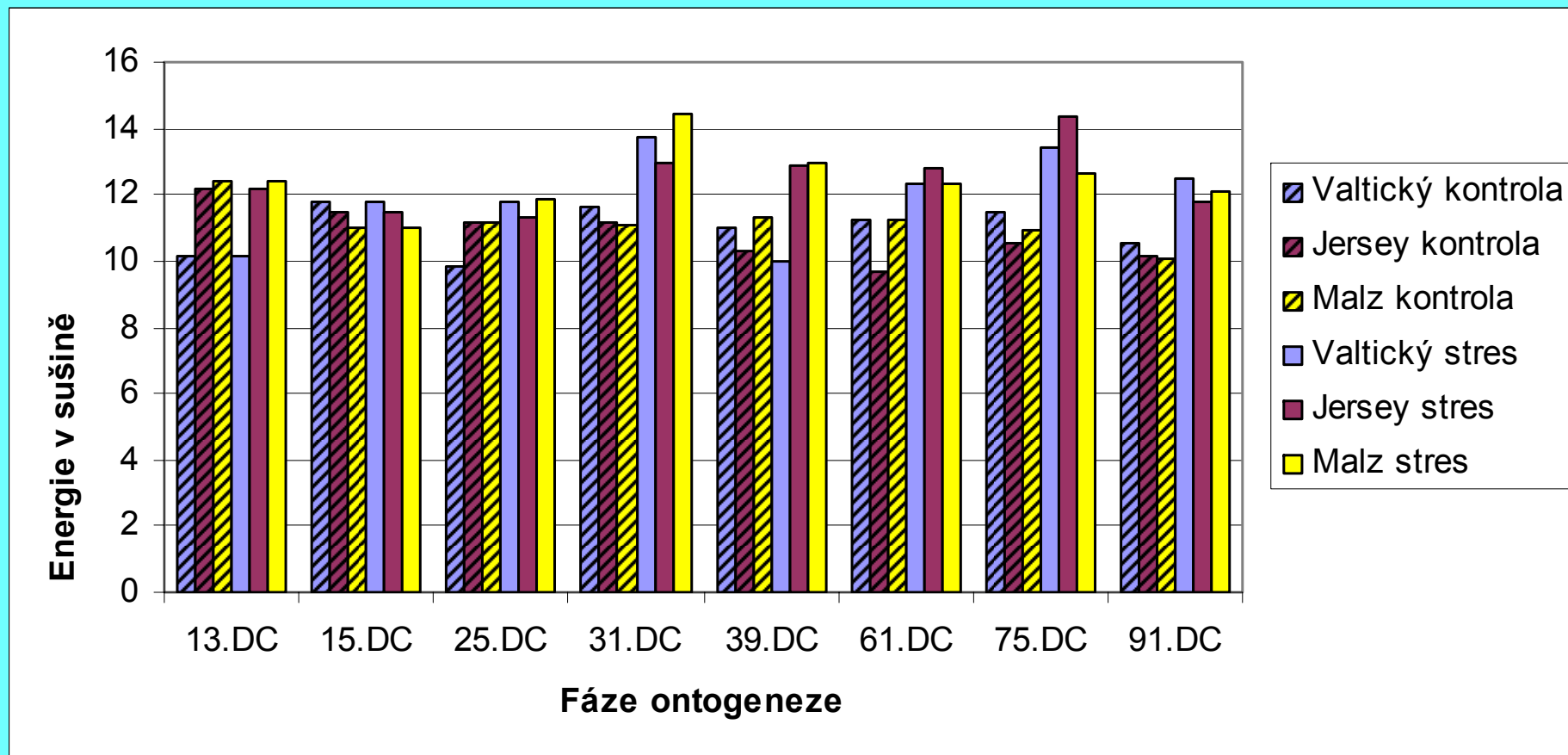


Stresová fyziologie rostlin



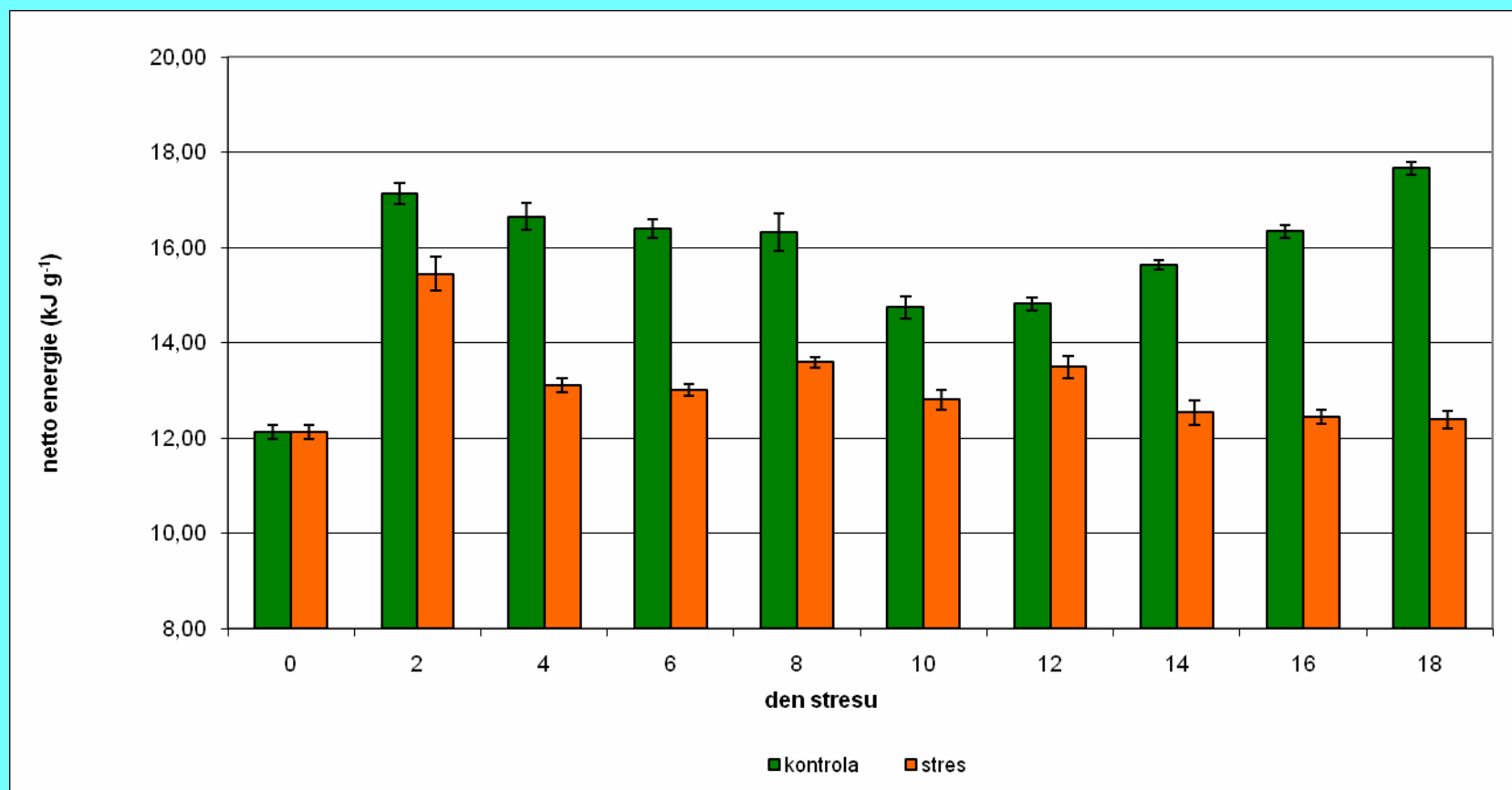
Stabilita ekosystémů

Biotické stresory



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

Abiotické stresory



**Vliv vodního deficitu na obsah energie (kJ.g⁻¹)
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> Benth	17,93		

Vliv genotypu na obsah energie (kJ.g⁻¹) semen planých a kulturních píceň.

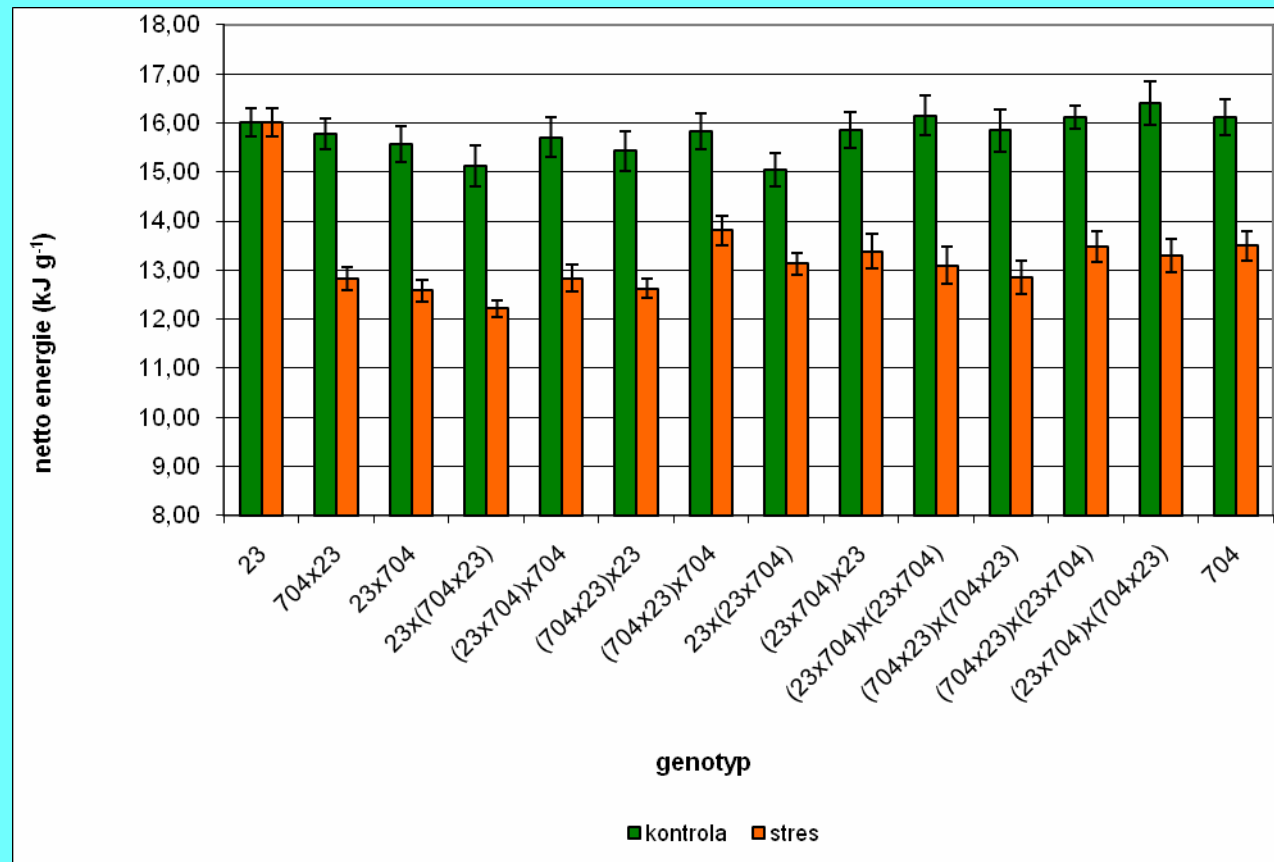
Genotypové rozdíly

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 (kJ.g^{-1}) obilek.

Genotypové rozdíly

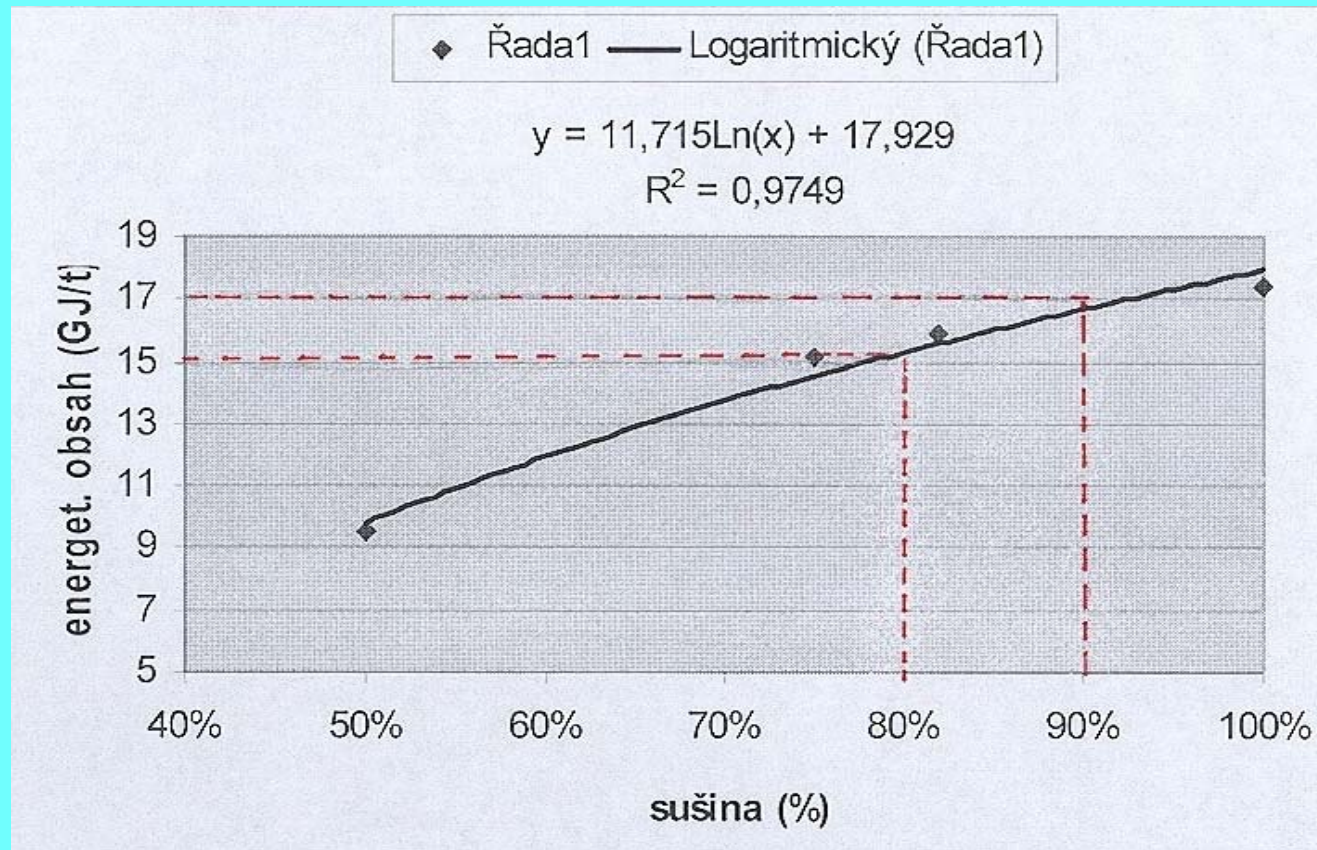


Vliv genotypu a prostředí na obsah energie (kJ.g⁻¹) nadzemní biomasy juvenilních rostlin kukuřice

Shrnutí

Výhody	Nevýhody
rychlá metoda	destruktivní metoda
všestranné použití	neznáme vždy přesné chemické složení látek
využití nejenom pro „jednu“ rostlinu, ale také na celý ekosystém	ovlivnění vlhkosti vzorku
daná jednotná metodika	homogenita vzorku?
stanovení translokace energeticky bohatých látek v rámci rostliny	

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 fyziologii rostlin,
- ve stresové fyziologii 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. Vratislav Novákovi, CSc. zakladateli spalné kalorimetrie na ČZU v Praze a specializované laboratoře spalné kalorimetrie a zpracování rostlin KBFR FAPPZ.

DĚKUJI ZA POZORNOST