

6/12

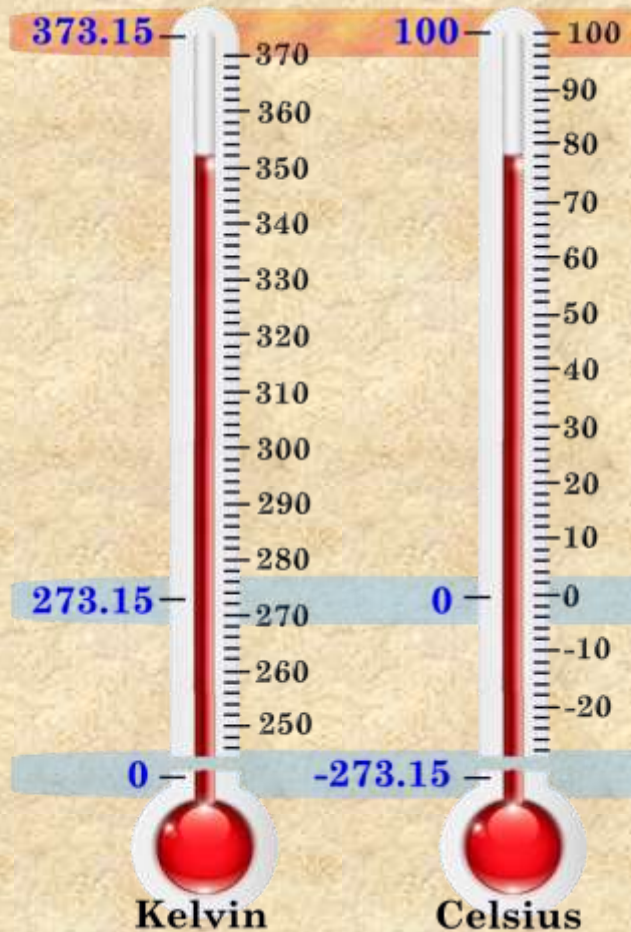
TEPLOTA



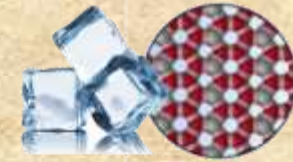
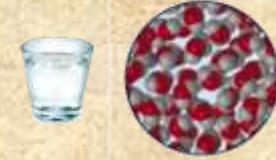
Teplota - definice

- **Teplota** je číslo vyjadřující míru střední **kinetické energie pohybujících se částic** dané hmoty (jednotka = °C, K).

Jednotky teploty



vypařování vody



tuhnutí vody

absolutní nula

$$t (^{\circ}\text{C}) = T (\text{K}) - 273,15$$
$$T (\text{K}) = t (^{\circ}\text{C}) + 273,15$$

Malé $t (^{\circ}\text{C})$
Velké $T (\text{K})$

Teplota vzduchu - charakteristiky

- 1. Teplota aktuální**
- 2. Teplota průměrná** - denní, měsíční, roční
- 3. Teplota normální** tzv.teplotní normály
- 4. Teplota minimální a maximální**
(amplituda)
- 5. Teplotní sumy**

1. Teplota aktuální

- Aktuální: v čase měření
 - Výška měření
 - Zastínění teploměru
- Termínová: 7, 14, 21 SMČ

2. Průměrné teploty

Vzduch

Půda

$$\bar{t}_d = \frac{t_7 + t_{14} + 2 * t_{21}}{4}$$

$$\bar{t}_d = \frac{t_7 + t_{14} + t_{21}}{3}$$

$$\bar{t}_n = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{t}_d}{n}$$

kde n = počet dnů
(5, 10, m, r)

3. Teplotní normály

- 1961–1990
 - 1971–2000
 - 1981–2010
 - 1991–2020
-
- Normál (ČR) 1961–1990 je 7,5 °C
 - Normál (ČR) 1991–2020 je 8,3 °C

A rok 2024 měl průměrnou teplotu 10,3 °C

4. Teplota minimální a maximální

$$\textit{Amplituda} = t_{\max} - t_{\min}$$

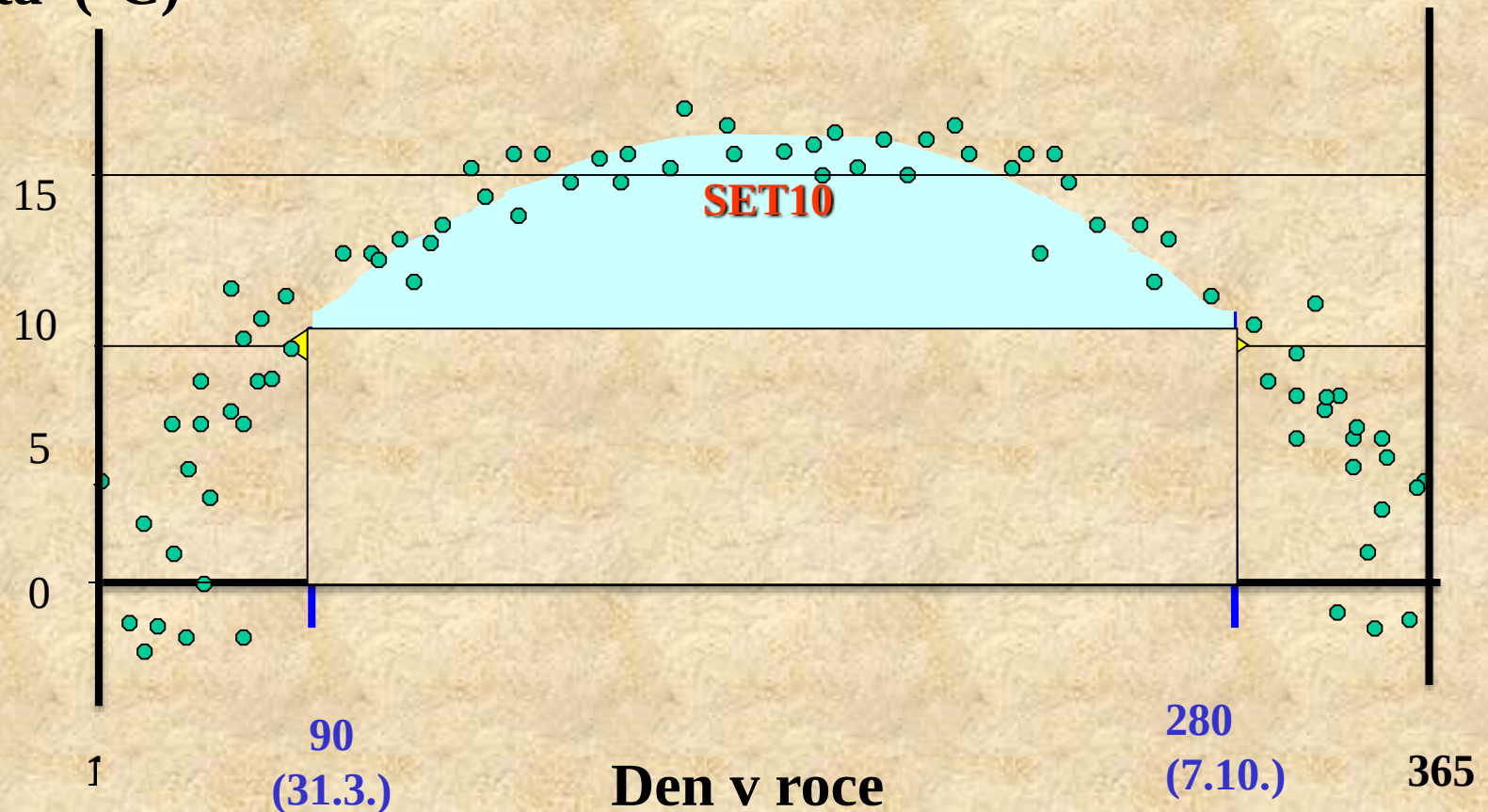
5. Teplotní sumy

TS0; TS5; **TS10**; TS15
SET5; SET6; SET7,5....**SET10**

TS10: hory = i pod 1 600 °C, nížiny nad 3 000 °C

SET10: hory = i pod 300 °C, nížiny nad 900 °C

Průměrná denní
teplota (°C)

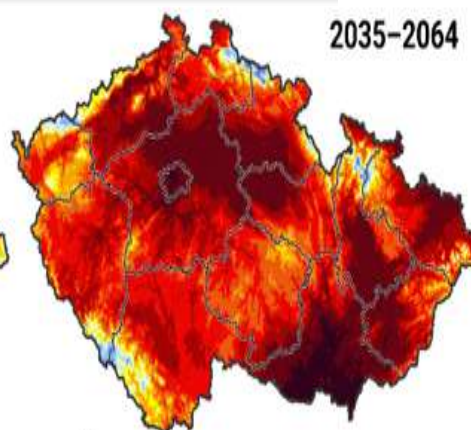
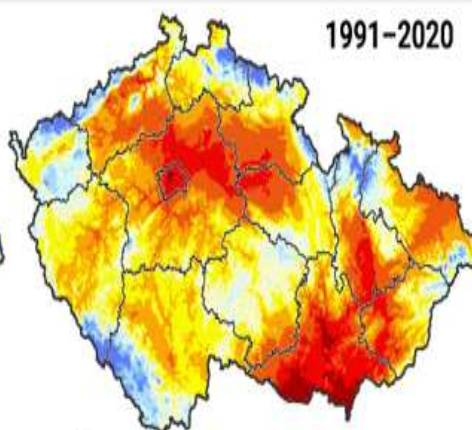
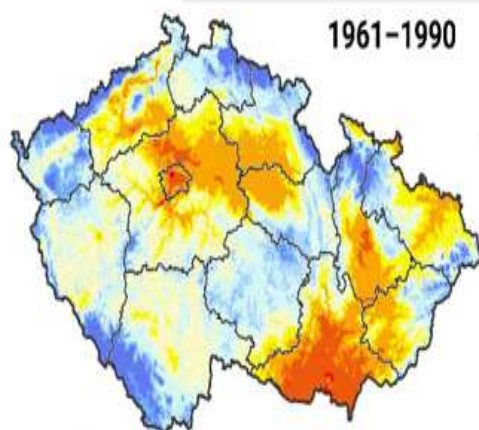


TS10 = rajonizace a mění se Ano = trend +100 °C/10 let

TEPLOTNÍ SUMA TS10 (°C)



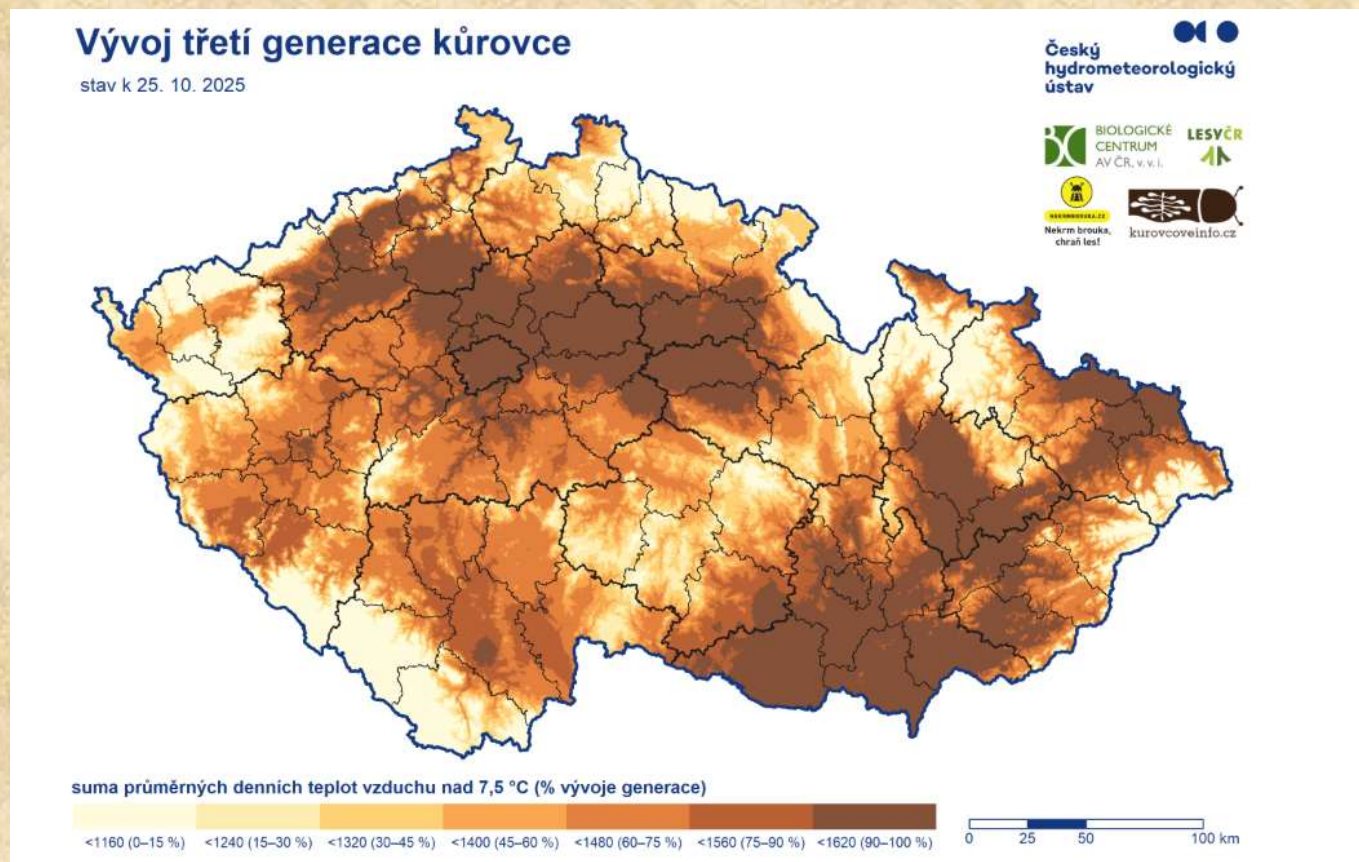
1400 1600 1800 2000 2200 2400 2600 2800 3000 3200 3500



SET – vývoj organizmů
(rostlin a škůdců)
např. kůrovec

1. Kůrovec – efektivní teploty 2025

<https://info.chmi.cz/bio/mapy.php?type=kurovec>



práh jarního startu, když průměrná denní teplota dosáhne 7,5 °C
První jarní rojení už za 60 °C (larva dokončuje vývoj z podzimu)
Další generace SET 7,5 = 550 °C, dalších 550 °C atd.

Feromonový lapač instaluje se týden před rojením, klidně v nižších polohách i v polovině dubna



Změna teploty s výškou

Teplotní gradient

- změna teploty s výškou na 100 m**

- a) Vertikální gradient – vzduch se nepohybuje
- b) Klimatický gradient – vliv zemského povrchu
- c) Adiabatický gradient – vzduch stoupá nebo klesá

Teplotní vertikální gradient

vzduch nestoupá ani neklesá

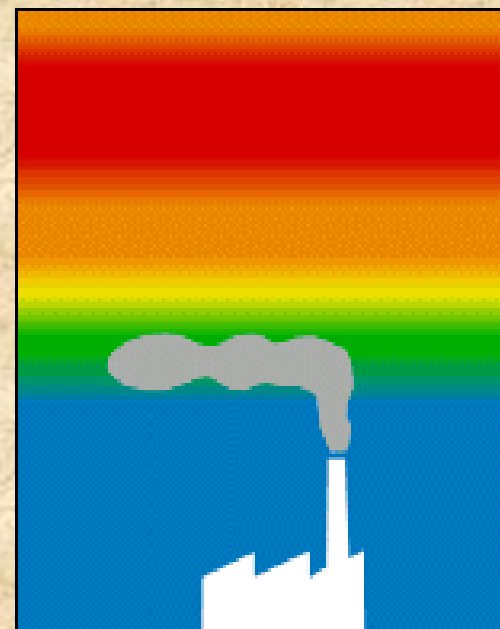
$$y_g = \frac{dt}{dz}$$

t = teplota (°C) $dt = t_2 - t_1$

z = výška (m) $dz = z_2 - z_1 = 100$

- Průměrná hodnota = 0,65 °C
- izotermie (0 °C), inverze (záporná hodnota)

Příklady inverze



At 6 a.m.



Klimatický gradient (nadmořská výška)

$$y_k = \frac{dt}{dz}$$

Klimatický gradient (nadmořská výška)

Měsíc Klimatický teplotní
gradient

1	0,47
2	0,52
3	0,63
4	0,73
5	0,74
6	0,75
7	0,72
8	0,69
9	0,63
10	0,56
11	0,52
12	0,49

- Přepočty na nadm. výšku
- Teplotní limit výskytu vegetace

Sněžka 1603 m n.m.



Pec pod Sněžkou 828 m n.m.

—

Růžová hora 1340 m n. m.

—

Růžová hora 1340 m n. m.

Sněžka 1588 m n.m.

Sněžka (1603 m n.m.)



1) 1550 m n.m.
alpínská vegetace



Sněžka
(1603 m n.m.)

3) 1300 m n.m.
smrk – menší fenotyp



2) 1450 m n.m.
Borovice kleč (*Pinion mughì*)

4) 1100 m n.m.
smrk vyšší fenotyp + jeřáb, javor

**Vědci: Hranice lesa v Krkonoších
oteplováním stoupá půl výškového
metru za rok**



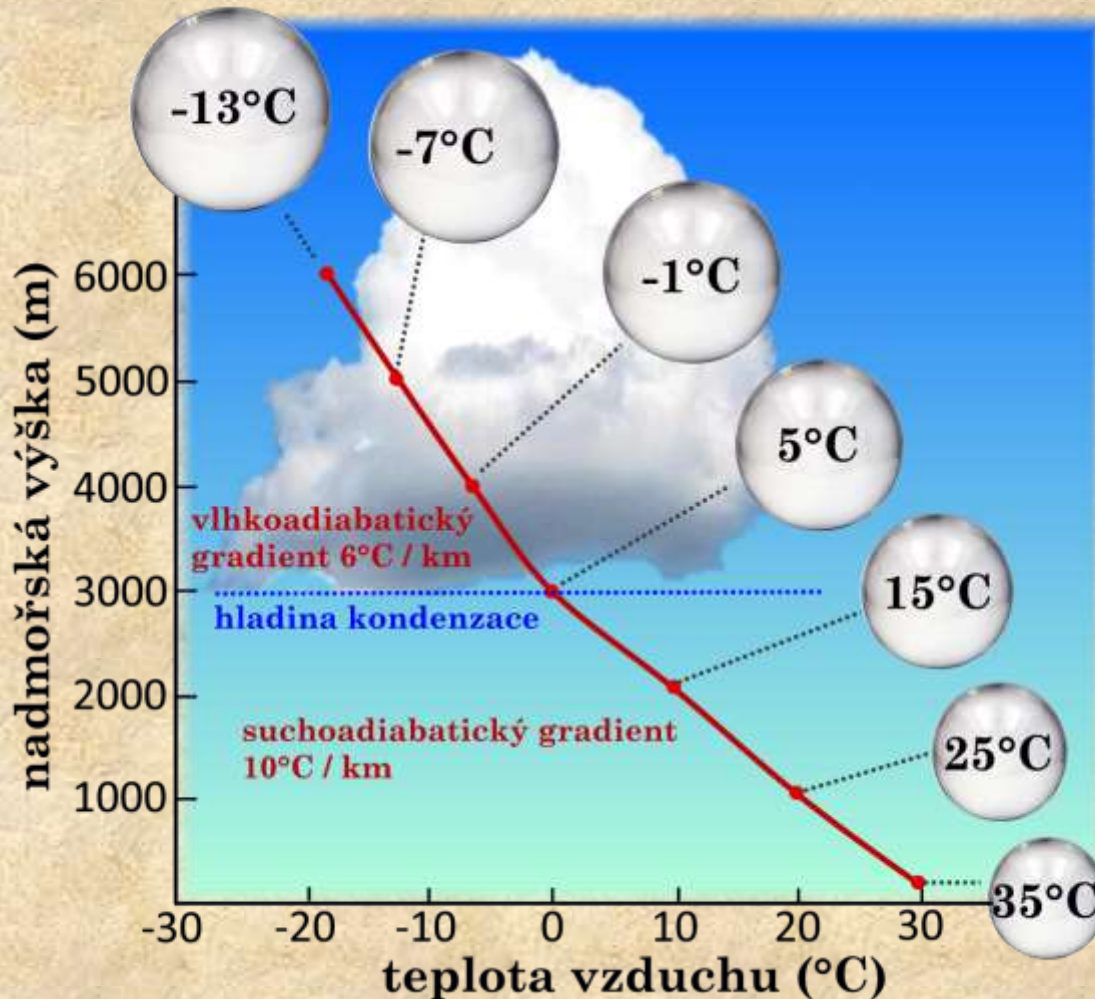
Adiabatický gradient

vzduch vystupuje nebo sestupuje

$$\gamma_a = \frac{dt}{dz}$$

- Suchoadiabatický 1,0 °C/100 m
- Nasyceně adiabatický 0,6 °C/100 m

Adiabatický gradient



Suchoadiabatický
 $1,0^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$

Nasyceně
adiabatický
 $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$

Hladina kondenzace:
$$h_k = 122 (t - \tau)$$

Teplota vzduchu, rostliny
a (trošku) i živočichové

Kardinální teploty

- a) minimum pro klíčení**
- b) začátek růstu a vývoje**
- c) zimní odolnost**
- d) odolnost proti jarním mrazíkům**
- e) odolnost proti přehřátí**

a) minimum pro klíčení

teplota půdy !

- činnost mikroedafonu je zahájena nad 5 °C
- plně probíhá až po 8-10 °C

Minimum pro klíčení (°C) - příklady

Minimální, maximální a optimální teploty půdy pro klíčení různých kulturních rostlin (°C)

		MIN	OPT	MAX
žito	<i>Secale cereale</i>	1 – 2	25 – 30	30 – 37
cibule	<i>Allium cepa</i>	1 – 2	15	30
hrách	<i>Pisum sativum</i>	2 – 3	25 – 30	30 – 32
bob	<i>Vicia faba</i>	2 – 3	20 – 25	30 – 35
řepka	<i>Brassica napus</i>	2 – 3	20 – 30	30 – 35
len	<i>Linum usitatissimum</i>	2 – 3	25 – 30	37 – 44
konopí	<i>Cannabis sativa</i>	2 – 3	25 – 28	30 – 35
jetel	<i>Trifolium pratense</i>	2 – 3	31 – 37	37 – 44
ječmen	<i>Hordeum vulgare</i>	2 – 4	20 – 25	30 – 37
salát	<i>Lactuca sativa</i>	2 – 4	15	25
oves	<i>Avena sativa</i>	3 – 5	25 – 30	30 – 37
mrkev	<i>Daucus carota</i>	4 – 5	22	30
řepa	<i>Beta vulgaris</i>	6 – 8	20 – 25	35
kukuřice	<i>Zea mays</i>	8 – 10	32 – 35	44 – 50
brambory	<i>Solanum tuberosum</i>	8 – 10	19 – 24	30 – 35
rýže	<i>Oryza sativa</i>	10 – 12	30 – 37	40 – 42
tabák	<i>Nicotiana tabacum</i>	13 – 14	28	35
okurek	<i>Cucumis sativus</i>	16 – 19	31 – 37	44 – 50
meloun	<i>Cucumis melo</i>	16 – 19	30 – 40	45 – 50

b) začátek růstu a vývoje

- **Biologická nula** BN
průměrná denní teplota - kdy fotosyntéza převýší dýchání
- **Aktivní teplota** AT = každá vyšší než BN
- **Efektivní teplota** ET = AT - BN

! Teplotami (BN, AT) rozumíme průměrné denní teploty ($\bar{t}_d$) !

Příklad 1: BN = 8 °C, $\bar{t}_d$ = 7,2 °C

Otázka: je $\bar{t}_d$ = AT ?

Odpověď: není to AT

Příklad 2: BN = 8 °C, $\bar{t}_d$ = 10,2 °C

Otázka: je $\bar{t}_d$ = AT ?

Odpověď: ano je to AT

Otázka: pokud ano, jak vysoká je ET?

Odpověď: 2,2 °C

Začátek růstu - příklady

ZÁVISLOST ZAČÁTKU RŮSTU KULTURNÍCH PLODIN NA TEPLITĚ (začátek růstu definován jako čistý zisk biomasy)

Teplota	Druhy
4 – 6 °C	ozimé obilniny, řepka, hořčice, len, vikev, bob, hrách, mrkev
6 – 8 °C	jarní obilniny, konopí, čočka, lupina, cukrovka, slunečnice, mák
8 – 10 °C	brambory, sója, luskoviny
12 – 15 °C	mák , proso
> 15°C	tabák, tykev

Vitis vinifera: 10 °C

Různé odrůdy: 8,5-13,5 °C

Např. Vitis amurensis (Asie) 5 °C

c) zimní odolnost

AKLIMATIZACE x ADAPTACE

Aklimatizace je přizpůsobení jedince (dočasné změny)

- přežití jednotlivce v extrémní zimě
- cílem je získání mrazuvzdornosti (otužování rostlin, srst u zvěře)

Adaptace je přizpůsobení druhu (trvalé genetické změny)

- arktická vegetace, dřeviny vyšších nadm. výšek,

Živočichové – další slide

c) zimní odolnost

AKLIMATIZACE x ADAPTACE

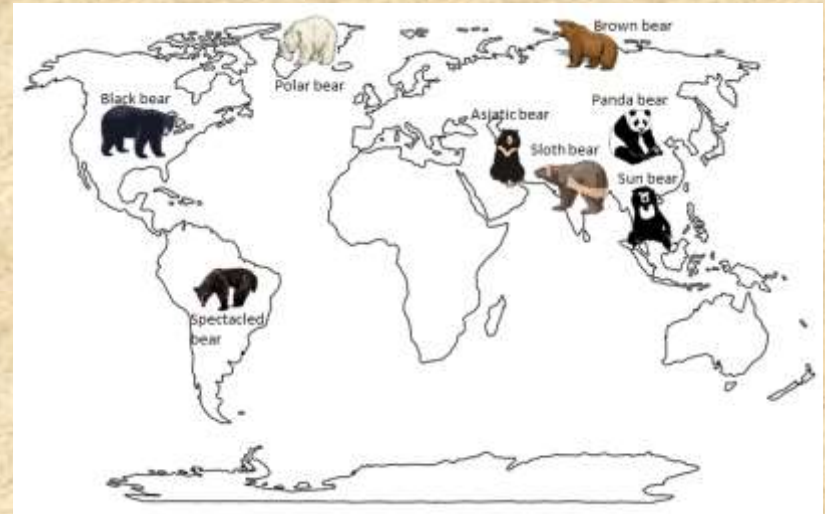
Adaptace je přizpůsobení druhu (trvalé genetické změny)

- **Bergmanovo pravidlo (1847)** - teplokrevné druhy žijící v chladnějších oblastech jsou zpravidla větší a mohutnější než jejich příbuzní z nižších zeměpisných šířek.
- Důvodem rozdílu ve velikosti je poměr mezi objemem a povrchem těla. Větší živočich má menší poměr povrchu těla vůči objemu a tím menší tepelné ztráty na jednotku hmotnosti.
- **Allenovo pravidlo (1877)** – teplokrevní živočichové žijící ve vyšších zeměpisných šířkách mají menší tělní výběžky (zobáky, uši, ocasy) a končetiny než jejich příbuzní, se kterými se setkáváme blíže rovníku.
- Důvodem tohoto morfologického přizpůsobení je zřejmě zamezení ztrát tepla větším povrchem tělních výběžků v chladných oblastech a naopak rychlejší ochlazování krve u živočichů, žijících v oblastech horkých.

Bergmanovo pravidlo

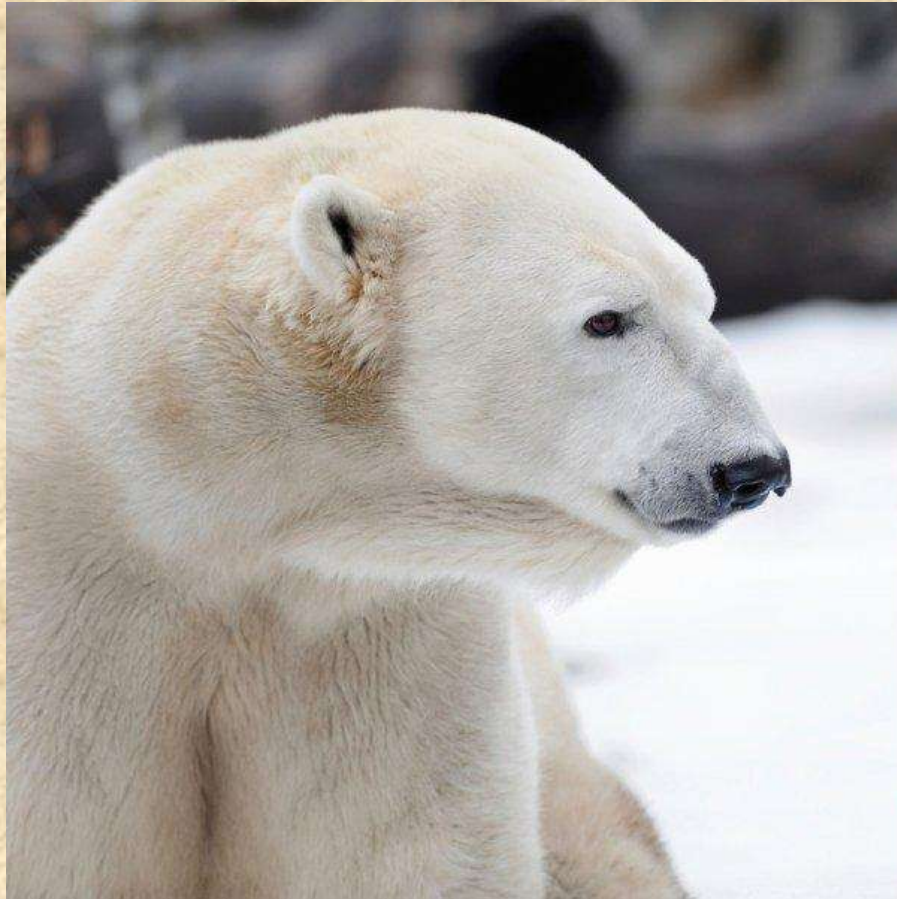
Bergman's rule

Bergman's rule is an eco geographic principle that states that within broadly distributed taxonomic clade, populations and species of larger size are found in colder and of smaller size are in warmer regions.



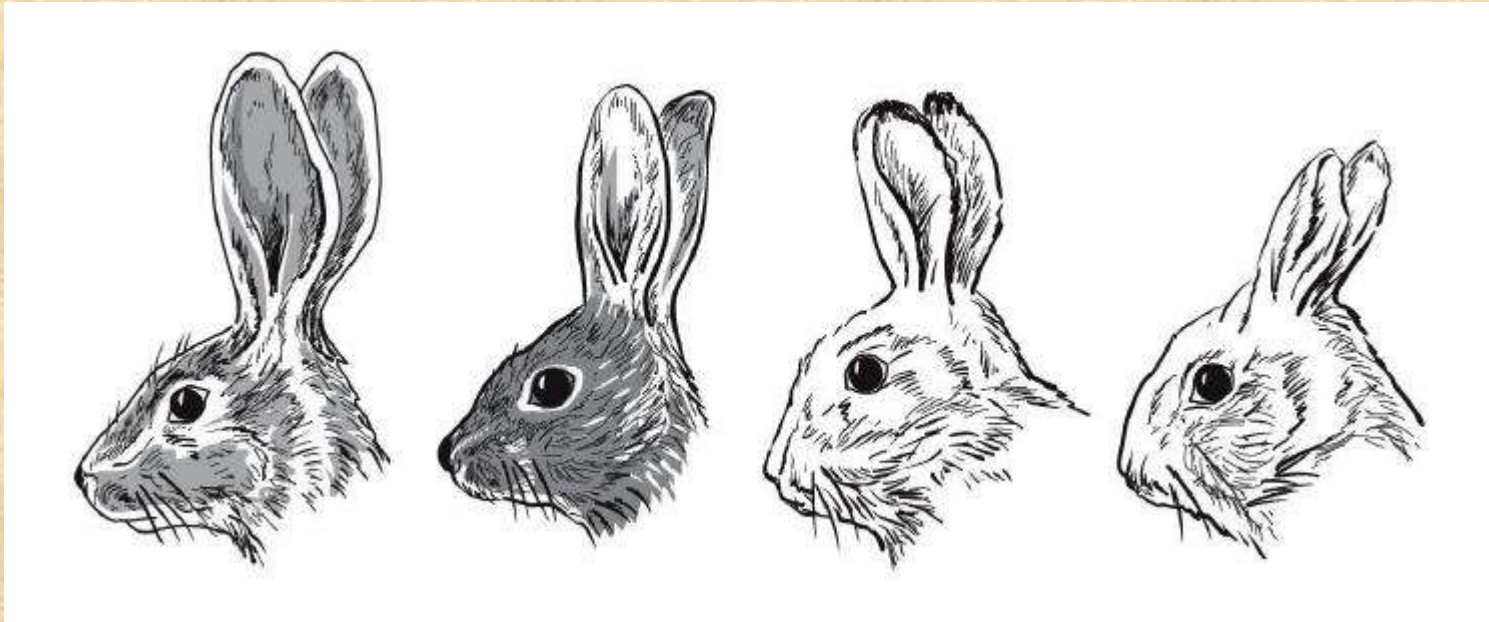
panda velká
medvěd malajský
medvěd brýlatý (andský-jihoamerický medvěd)
medvěd černý (baribal)
medvěd hnědý (grizzly)
medvěd lední

Výběžky – Allen (bílá barva)



Allenovo pravidlo

Zajíc (lepus) - africký, měnivý, polní, polární



**pouštní teplé chladné arktické
klima**

Člověk? ..aneb proč se inuité neprosadí v basketbale?

Které tělo pomaleji
prochladne?
Které se rychleji
ochladí?

V chladném prostředí je větší povrch, pomocí kterého uniká více tepla, **nevýhodou**. Proto je pro člověka (živočichy) v chladných oblastech nejlepší mít **co nejmenší poměr povrchu k objemu**.

V teplém prostředí je naopak prioritou zbavovat se přebytečného tepla, aby se živočich nepřehřál. **Proto je pro něj lepší mít velký poměr povrchu k objemu**.

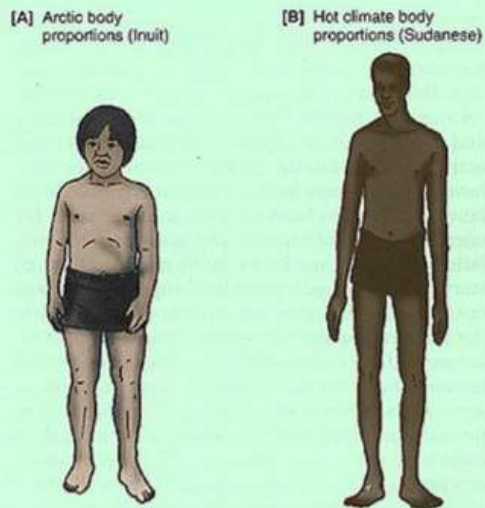


FIGURE 5.9
Bergmann's and Allen's rules illustrated by comparisons
between arctic and tropical body forms.

c) zimní odolnost – aklimatizace (jedinec)

Mrazuvzdornost má tři fáze:

1. podzimní otužování:

díky postupně se snižující teplotě a zkracujícímu se dni, tvorba sacharidů

2. zima - udržení odolnosti:

3. jaro - ztráta odolnosti:

s oteplováním v předjaří

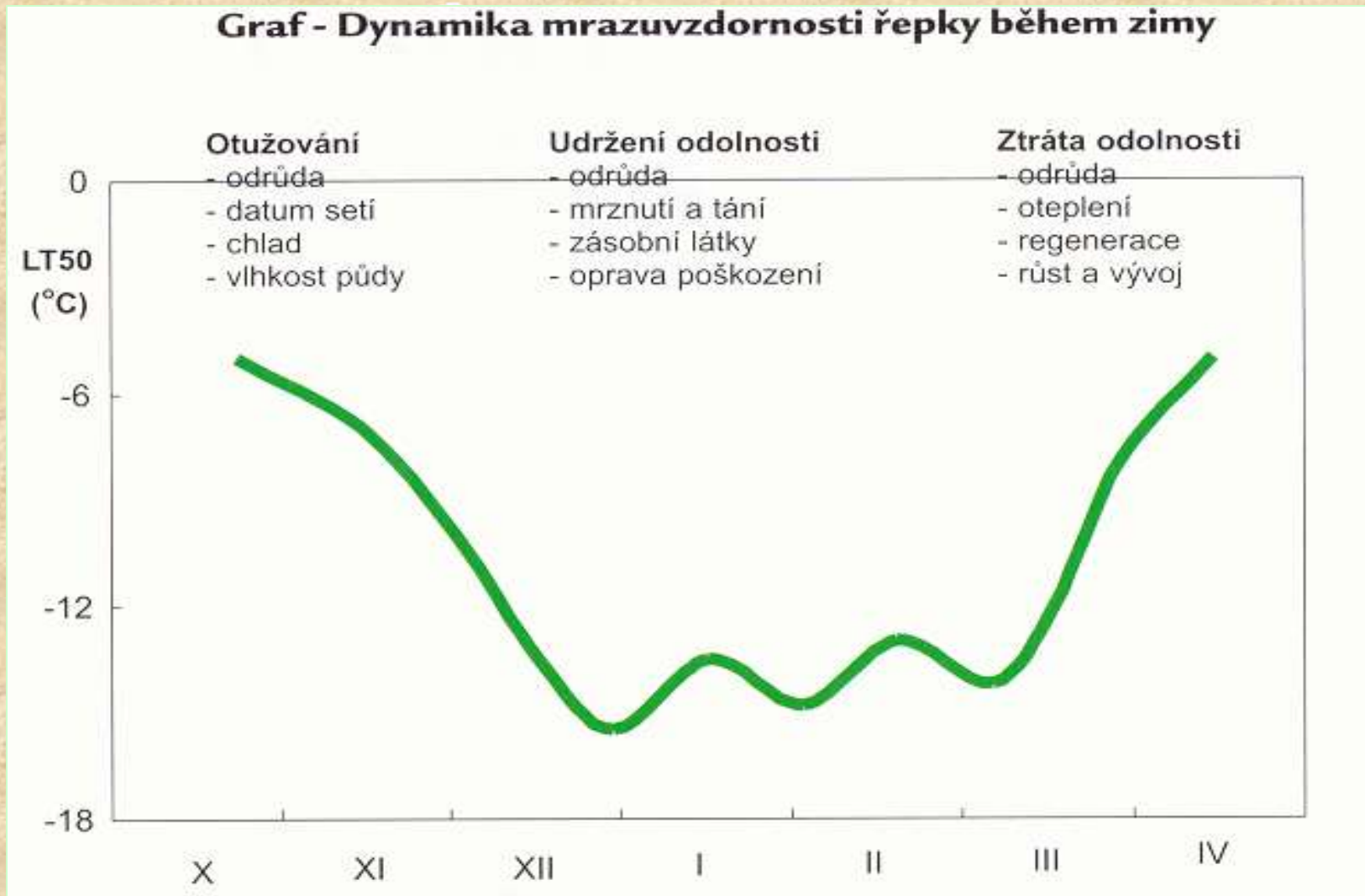
• KT_{50} poškozeno 50% rostlin

• LT_{50} zničeno 50% rostlin



čím nižší tím
lépe

Příklad mrazuvzdornosti (LT_{50})



c) Zimní odolnost – příklady (ovocné dřeviny)

Kultura	LT ₅₀ (°C)
Jabloň	-30-40
Hrušeň	-18-20
Broskev	-20-25
Réva vinná	-20-25
kořeny	
všeobecně	-10-15

**Lesní dřeviny – odolnější
(nejsou šlechtěny)**

Ale - řada faktorů

- **Stanoviště**
- **Stáří**
- **Zdravotní stav**
- **Míra stresu (znečištění)**

c) Poškození mrazem

- **Listy (jehlice)**

- zmrznutí vody - ledové krystaly
- ochlazení cytoplasmy - klesá fotosyntéza, roste respirace, mění se propustnost membrán, vznik toxinů...

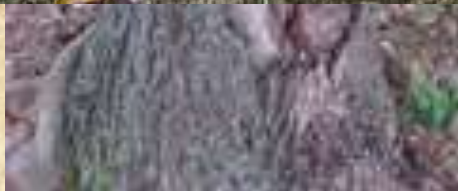
- **Kůra, borka** - mrazové trhliny, lišty, desky, mrazová kýla

- na osluněné jižní a jihozápadní straně stromů
- různá tepelná roztažnost pletiv (vnější vrstvy pletiv více a vnitřní méně)
- hlavně u buku, dubu, jírovců, třešní, jabloně, hrušně, švestky a meruňky,

Mrazové trhliny



ky



d) odolnost proti jarním mrazíkům

Rozlišujeme:

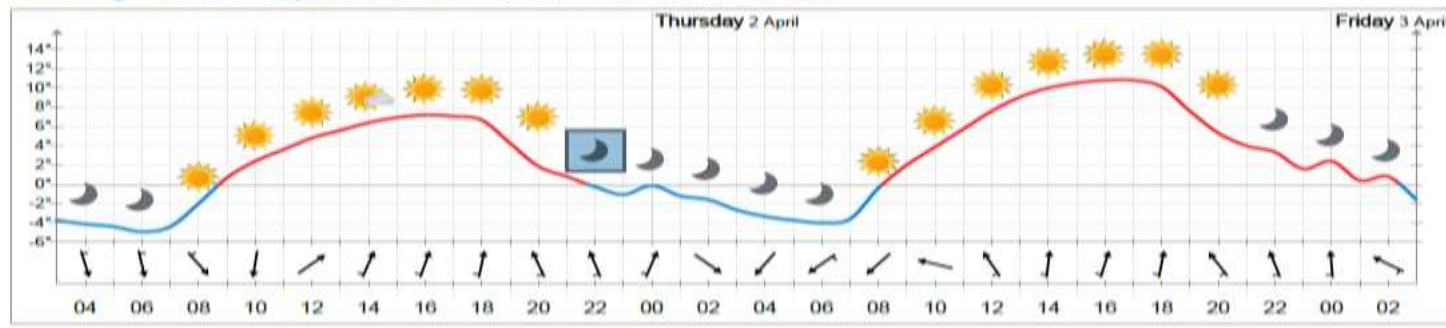
- poškození **chladem**
- poškození **mrazem**
 - jehlice smrku po ztrátě mrazuvzdornosti odolnost -2 až -3 °C
 - buk -1 °C

Mrazíky:

- ▶ **radiační:**
inverzní, **jasná obloha, nízká vlhkost, bezvětrí**
- ▶ **advekční:**
přemístěním vzduchových hmot – studených, jsou podstatně silnější
- ▶ **radiačně – advekční:**
kombinace

Jarní mrazík radiační

Meteogram for Rajhradice Wednesday 03:00 to Friday 03:00



**Jasná obloha
bezvětrí
suchý vzduch**

Jarní mrazík advekční

tlaková výše Gisela
1044 hPa

-26 13
°C

Beast from east

Přliv arktického vzduchu kolem tlakové výše Gisela

zdroj: ČHMÚ

Způsoby protimrazové ochrany

zavlažování - až do -5°C spolehlivé (dávka 2-3 mm/hod)

- 1) uvolnění latentního tepla při mrznutí
- 2) zavlažení půdy zvýší se tepelná vodivost a tím rychlejší přísun tepla z hloubky k povrchu,
- 3) vlhkost vzduchu se zvýší a tím opět zabrání se vyzařování z povrchu

zadýmování - sníží se vyzařování z povrchu význam jako oblačnost

zahřívání - zvýšení teploty

umělá cirkulace - rozruší se inverzní vrstva

Závlaha



Ochrana závlahou – uvolnění latentního tepla
- nesmí se přerušit!!



Mlhostroj



Foto 4: Použití přístroje na výrobu mlhy na ochranu květu před jarními mrazíky

Parafínové svíce



Svíce hoří mírným plamenem vysokým přibližně třicet centimetrů, a to šest až deset hodin.

- Extrémně pracné
- Objemné na skladování
- Kouř

Ochrana větrným generátorem

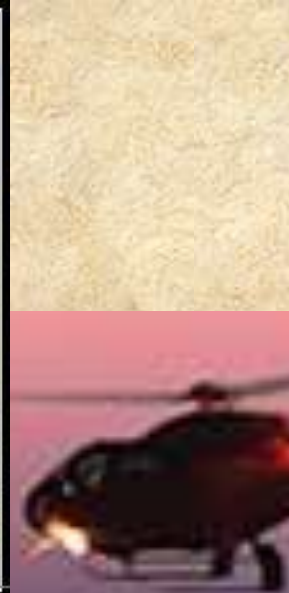


- **Drahé**
- **Nemusí dosáhnout inverzní vrstvy**
- **Hluk**
- **Neúčinné při více než 7km/h**



Rozrušení inverzní vrstvy





HELICOPTER FROST PROTECTION: Helicopter forces warmer air from inversion layer to ground level

Břeclavsko 2017



Preventivní opatření

► **Prevence (zemědělství):**

správná výživa, přehnojení dusíkem vyvolá vodnatost pletiv, rostlina tvoří více bílkovin na úkor glycidů, které jsou jednou z podmínek mrazuvzdornosti,

► **hnojení organickými hnojivy (zemědělství):**

je účinné protimrazové opatření, při jeho mikrobiálním rozkladu se uvolňuje hodně tepla.

► princip **mrazové kotliny:**

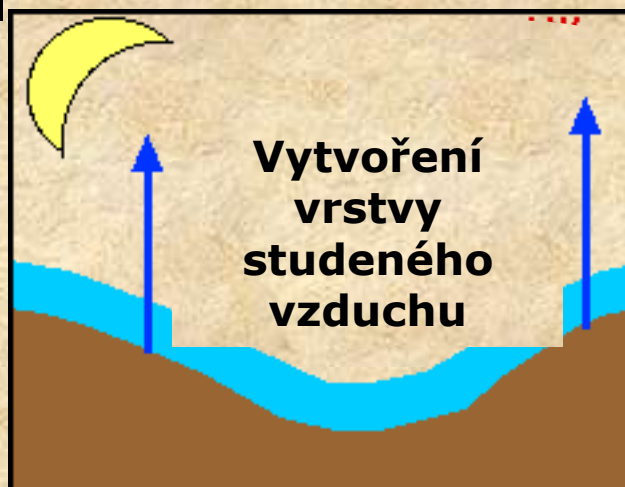
jasná obloha a bezvětrí, ztráty vyšší než příjem, studený vzduch stéká po svazích rychlostí tak 1-1,5 m.s⁻¹,



**Zahřívání
přes den**



**Rychlé
ochlazování při
bezoblačné
obloze**



**Vytvoření
vrstvy
studeného
vzduchu**



**Vytvoření jezera
studeného
vzduchu**

COLD AIR

**Prevence – pochopení principu
mrazové kotliny**

Jabloňový sad, 2020



e) odolnost proti přehřátí

- **C₃** (**stromy**, obilniny) nad 33 °C
- **C₄** (trávy, kukuřice) nad 38 °C
- U stromů tzv. tepelná korní (kůra) spála

e) odolnost proti přehřátí

C3 a C4

C3 – Optimum pro fotosyntézu 20-22°C

(mírný klimatický pás) karboxylačním enzymem je **rubisco** (karboxyluje RuP2) a prvním produktem fixace uhlíku je **tríuhlíkatá kyselina 3-fosfoglycerová** (PGA). Do této skupiny patří většina rostlinných druhů.

Fotosyntéza méně energeticky náročná

C4 – Optimum pro fotosyntézu 28-30°C

(tropy, subtropy) karboxylační enzym je **PEP karboxyláza** (karboxyluje fosfoenolpyruvát – PEP) a prvním produktem fixace uhlíku je **čtyřuhlíkatá kyselina oxaloctová** (OAA).

Fotosyntéza více energeticky náročná

Stromy v naprosté většině jsou C3

Korní spála (je povrchová!) na smrku



**Popraskání vysokou teplotou v létě – časté při
odkrytí stromu** – nejen smrky ale i stromy s hladkou
kůrou, jako jsou buky, javory, habry a duby

Příští téma:

Vlhkost a výpar