

# Teplota a stavy kryptobiózy

Teplota jako zásadní faktor prostředí a postavení bezobratlých při termoregulaci.

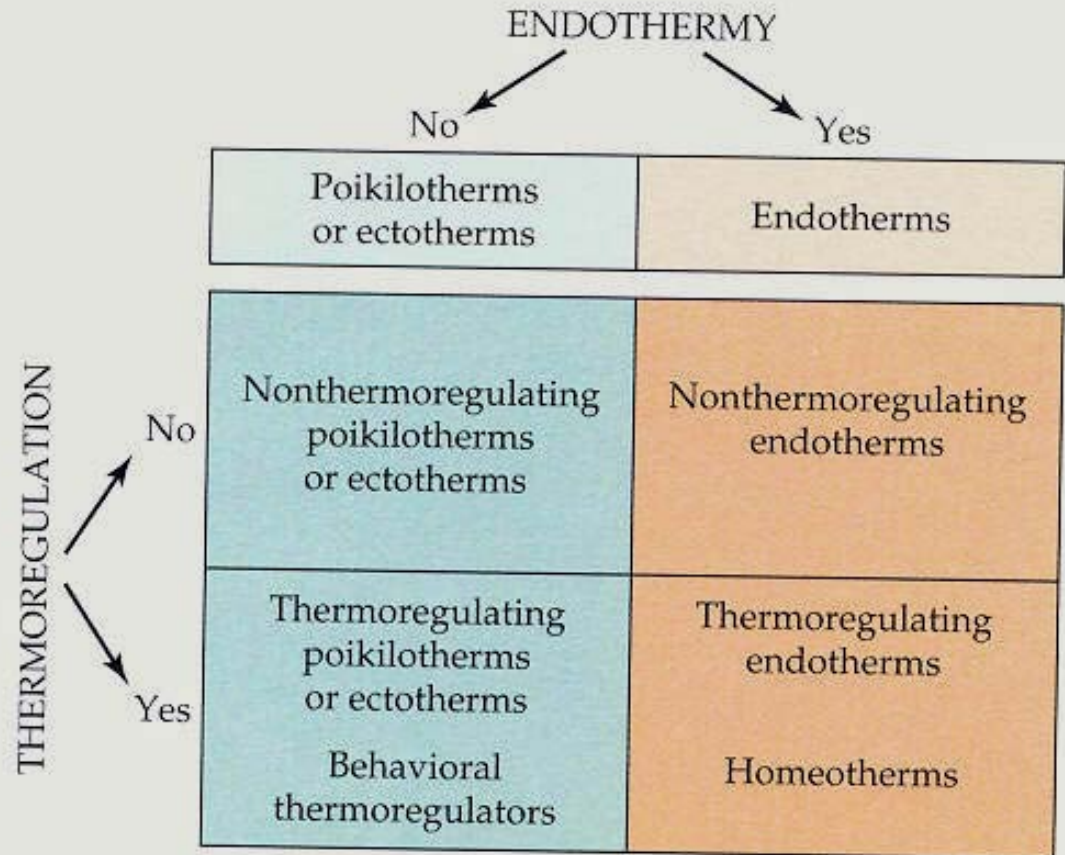
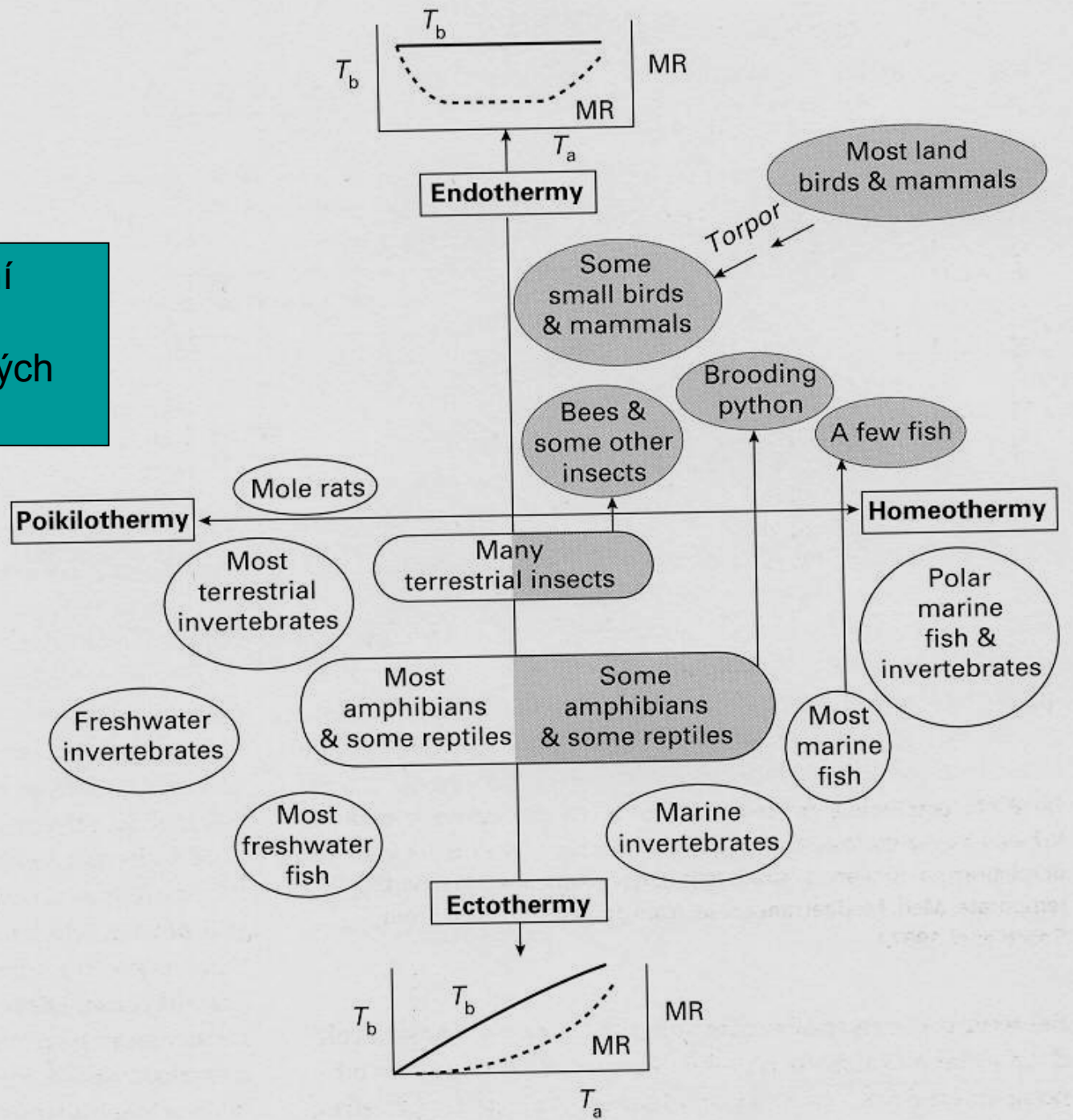


Figure 8.1 Animals fall into four categories of thermal relations based on whether they display endothermy and whether they display thermoregulation

Teplota jako zásadní faktor prostředí a postavení bezobratlých při termoregulaci.



# Teplota a metabolismus u endo a ektotermů.

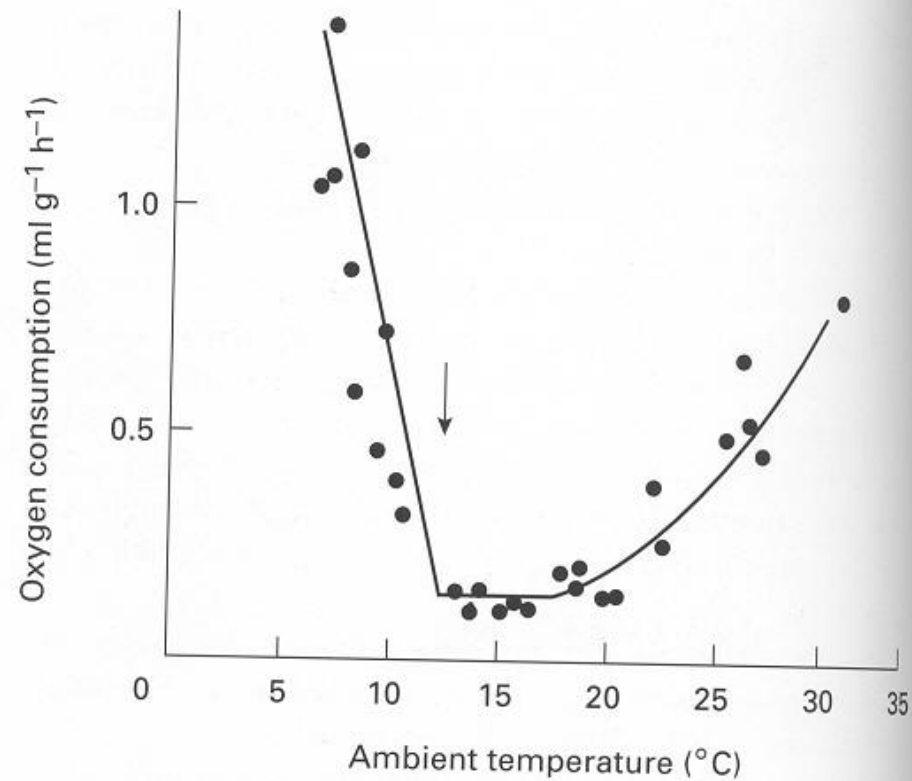
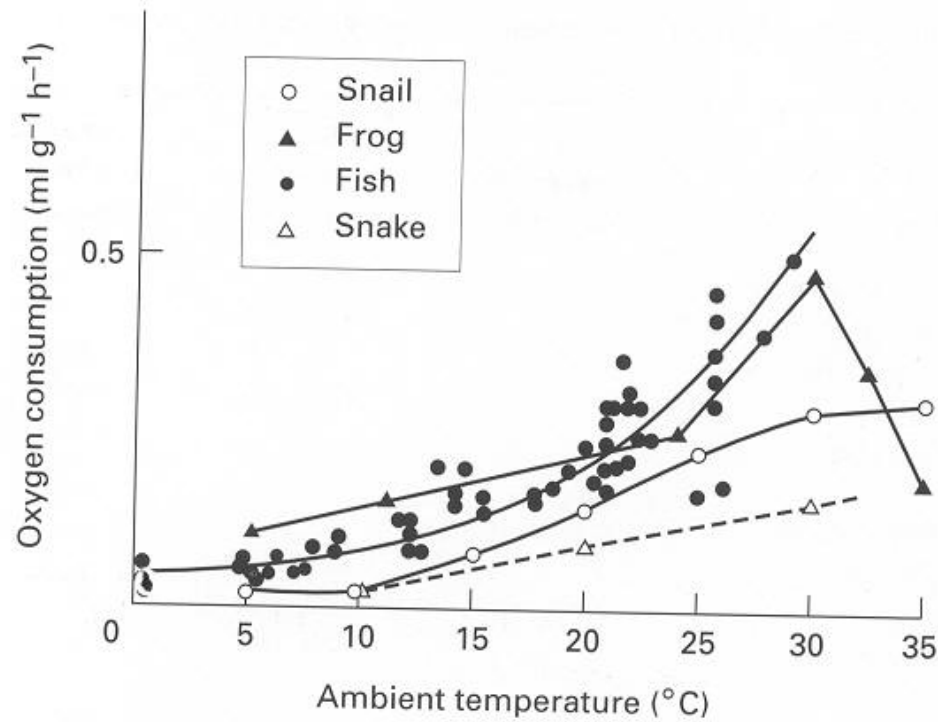


Fig. 6.17 Relationship between ambient temperature and metabolic

# Termoregulující hmyz.



As the air temperature falls, incubating queen bumblebees thermoregulate by increasing their metabolic rate and thus the rate at which they generate heat.

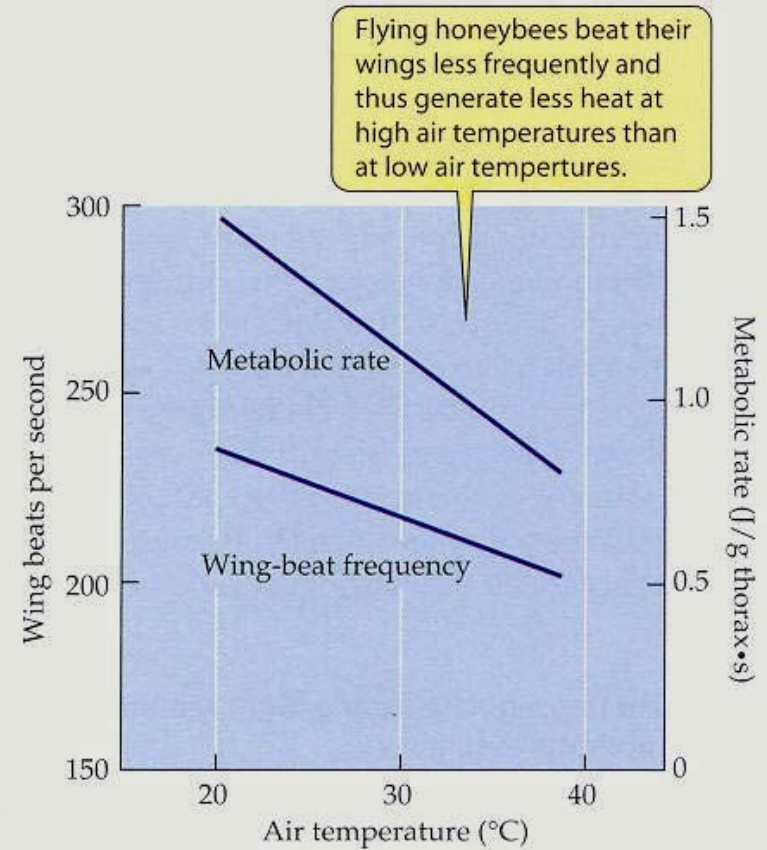
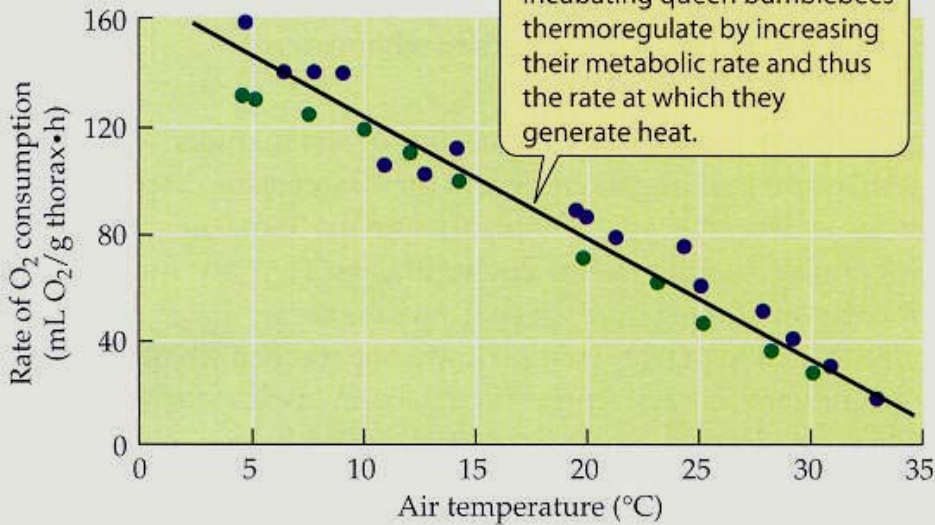
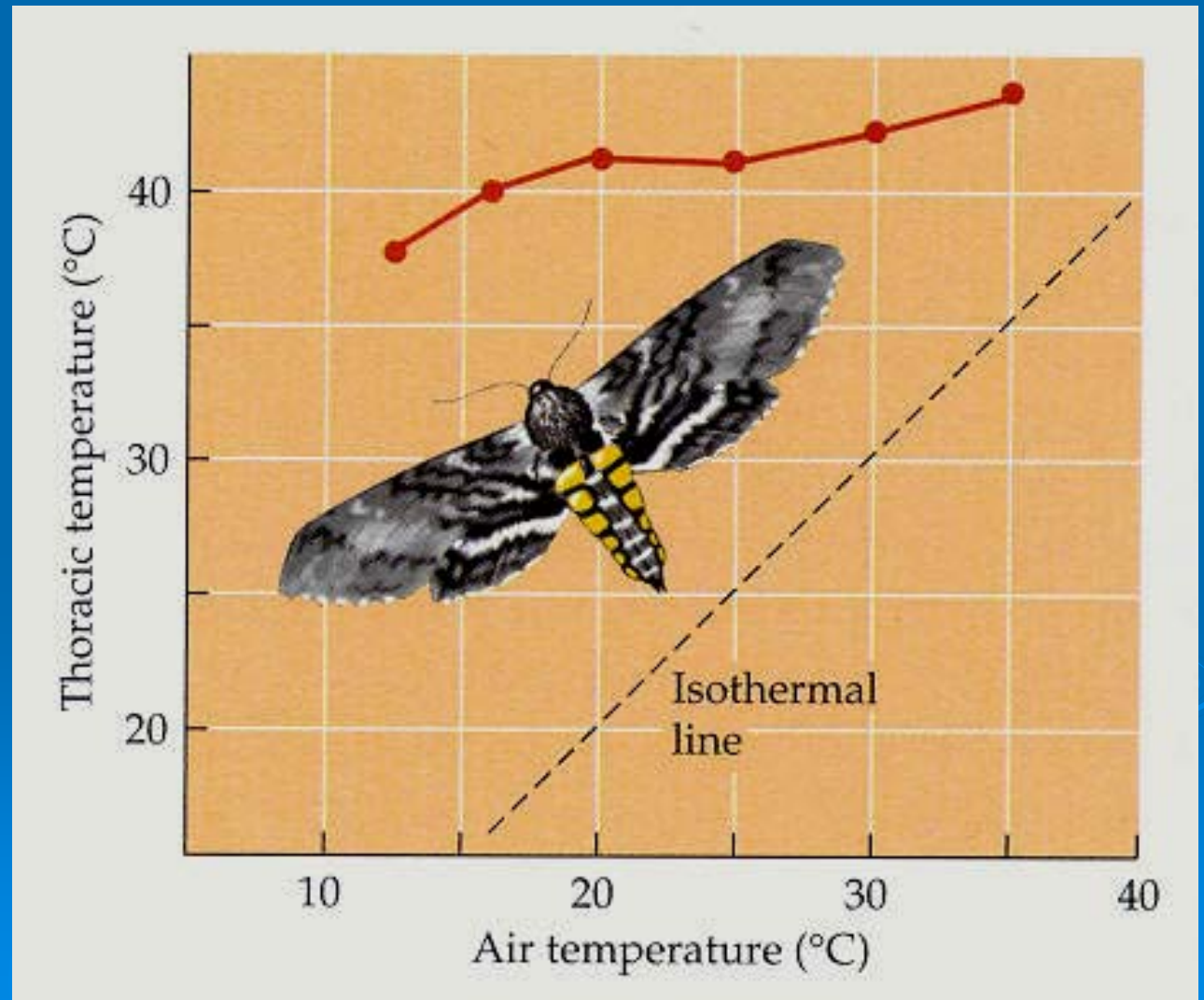
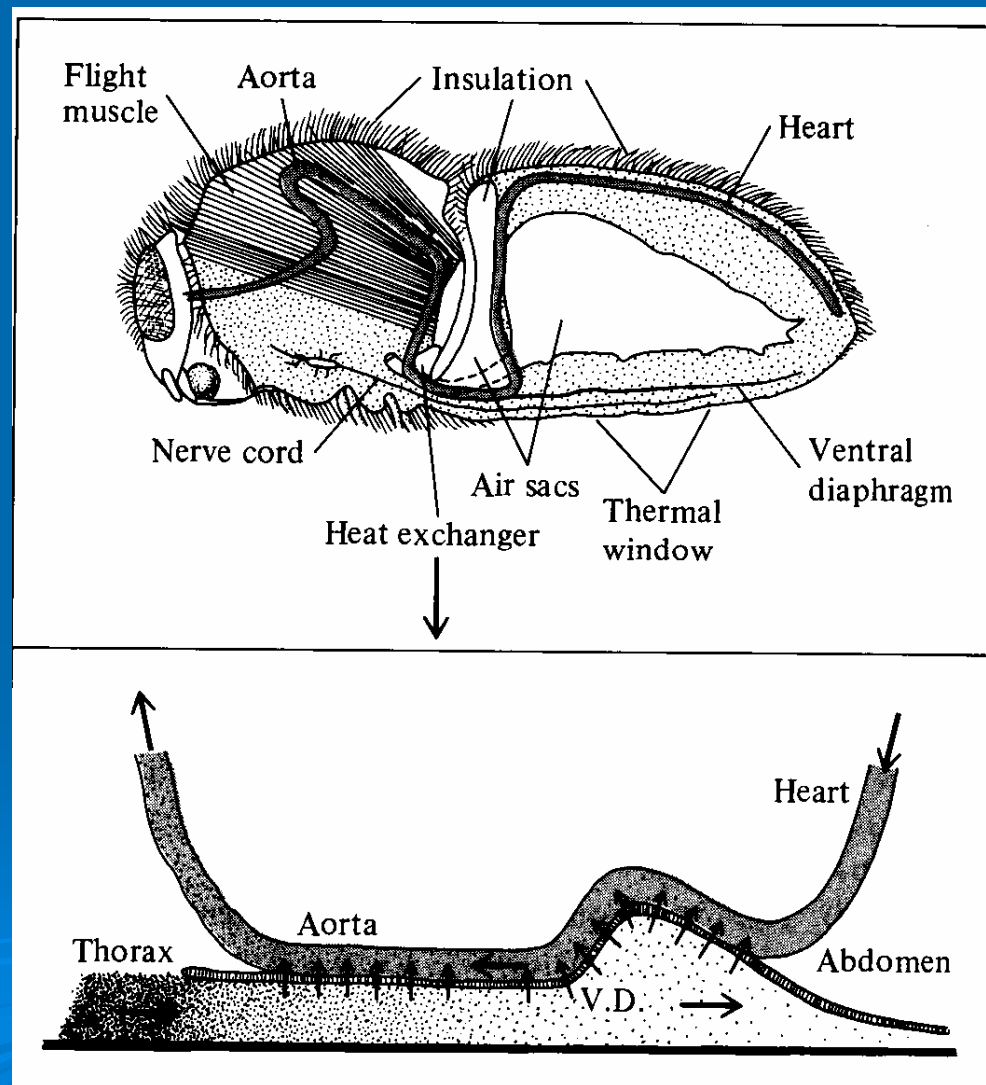


Figure 8.44 The effect of air temperature on wing-beat frequency and metabolic rate in flying honeybees (*Apis mellifera*). The lines are average-response lines, based on hundreds of individual measurements.

## Termoregulující hmyz.

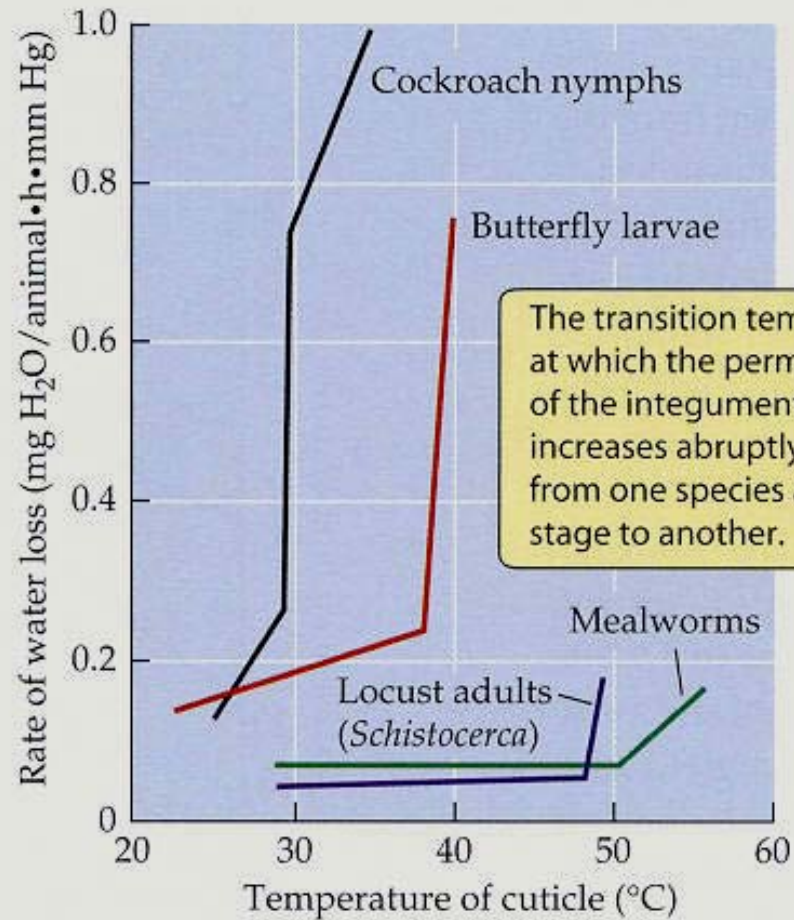


Termoregulující hmyz.  
Tepelný výměník.

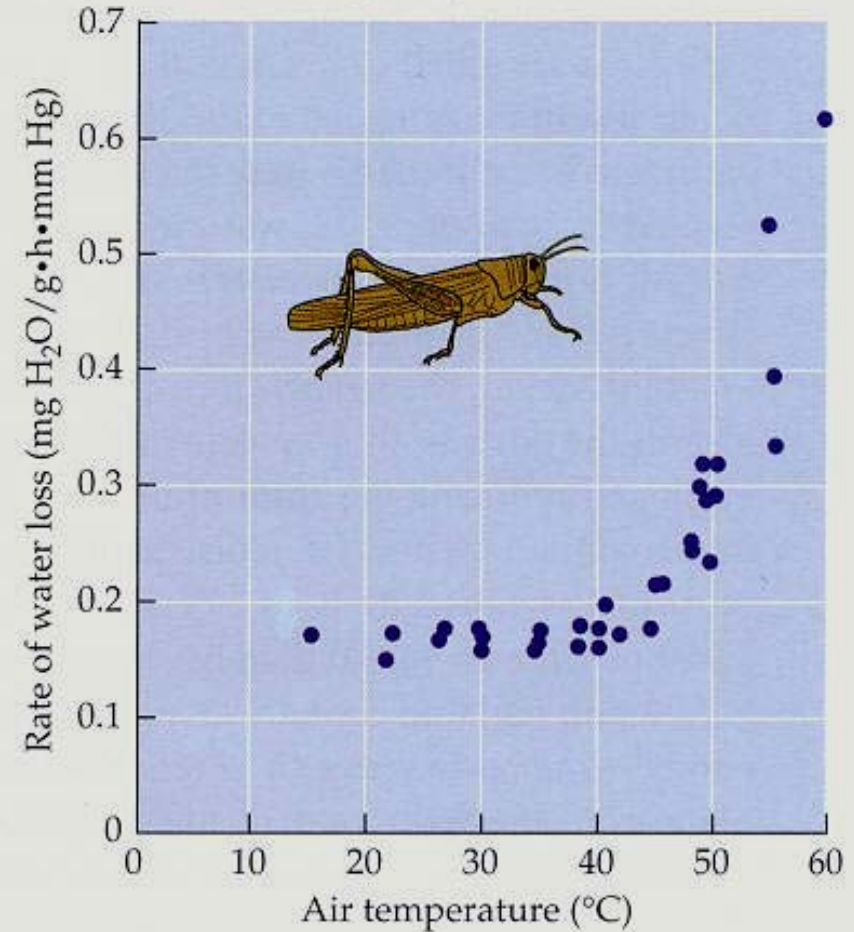


# Všeho moc škodí – limit teploty pro kutikulu. Heat shock proteins - chaperons

(a) Average responses of four species

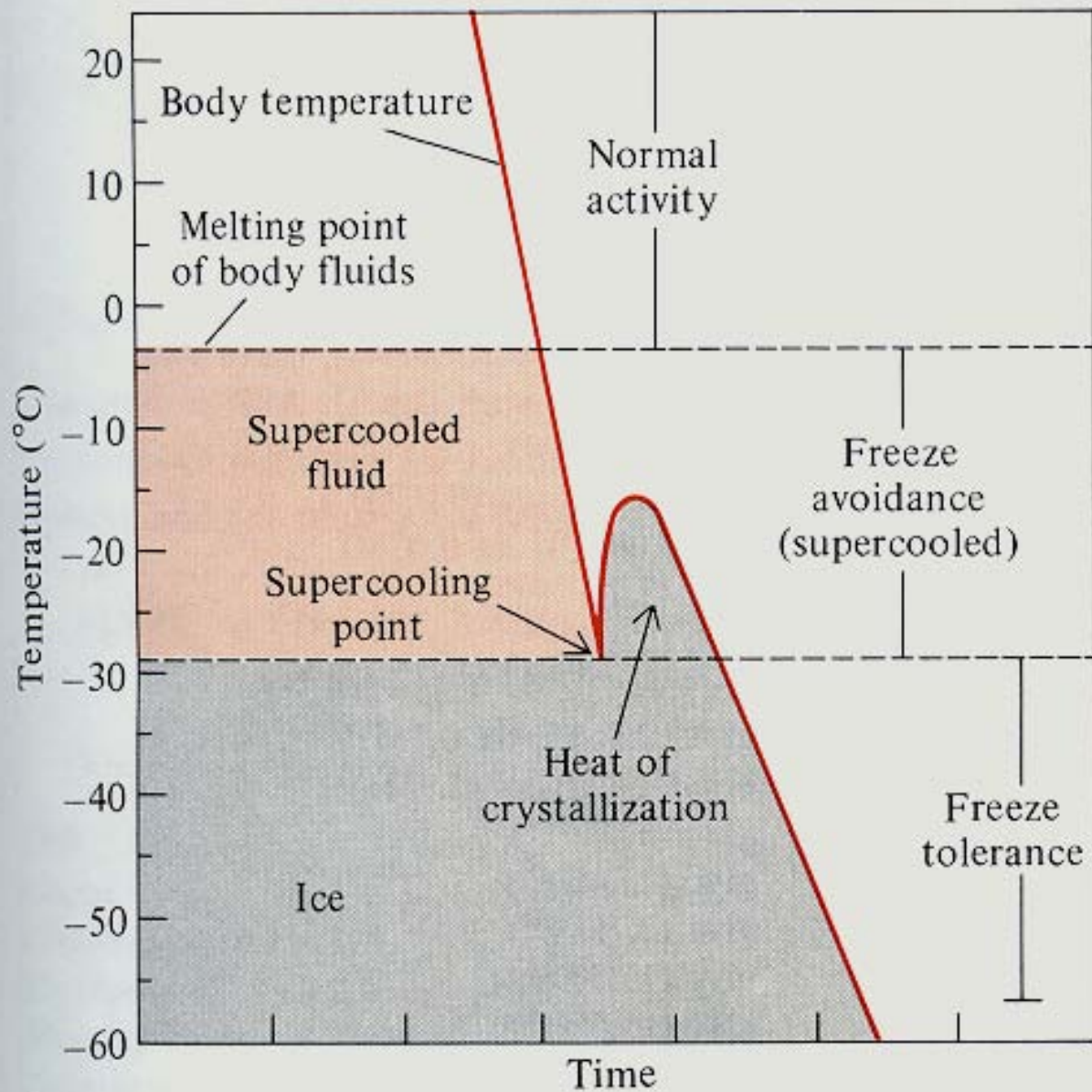


(b) Data for adult migratory locusts (*Locusta*)



Tři stavy vody a tomu odpovídající strategie přežití při chladu.

Tělní voda začíná mrznout někde mezi  $-0,5$  a  $-38$  °C. Jakmile se zformuje zárodečný krystal, poslouží jako nukleační jádro, k němuž se rychle připojují další molekuly vody. Projeví se to náhlým uvolněním skupenského tepla, jež můžeme snadno měřit jako reálný bod mrznutí (neboli bod podchlazení)





# 1 Když přijdou sucha anhydrobióza

1. Larva afrického pakomára *Polypedilum vanderplanki* po téměř úplné dehydrataci za laboratorních podmínek. V tomto stavu obsahuje méně než dvě hmotnostní procenta vody. Snímky ze skenovacího elektronového mikroskopu  
© František Weyda.

Kryptobióza



## Hmyzí kryoprotektanty

Hmyz přezimující v podchlazeném stavu v mírném pásmu velmi často hromadí směsí cukrů a polyolů (řádově stovky miliosmolů na kg). Takové množství nijak významně nesníží bod podchlazení. Přesto zvýšená koncentrace těchto látek většinou dobře koreluje se schopností přežít v chladu. V naší laboratoři jsme prokázali, že i malé množství kryoprotektantů může zlepšit odolnost vůči chladu, avšak jiným způsobem. Nesnižuje bod podchlazení vody, ale patrně chrání funkční prostorové uspořádání proteinů a biologických membrán.

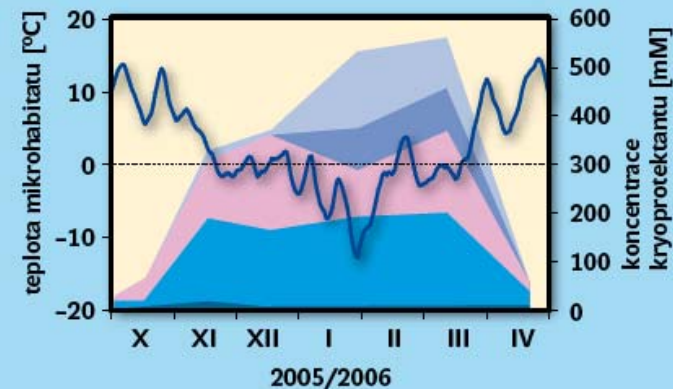
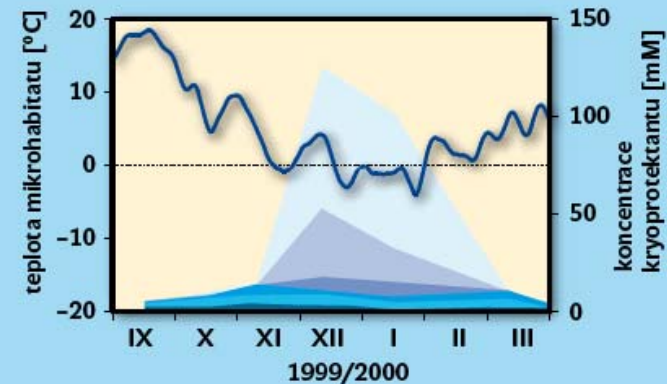


**Pyrrhocoris  
apterus**



**Ips  
typographus**

Dynamika vícesložkových kryoprotektantů u lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*), jehož dospělec přezimuje v lýku napadených smrků, a ruměnice pospolné (*Pyrrhocoris apterus*), která přečkává zimu v opadance pod lipami. Teplota mikroprostředí závisí na vystavení výkyvům počasí. Zatímco pod kůrou stojících smrků je zima, v opadance může být poměrně teplo, zvláště pod sněhovou pokrývkou. Snímky © Vladimír Košťál (ploštice) a František Weyda (lýkožrout).



# Kryobióza



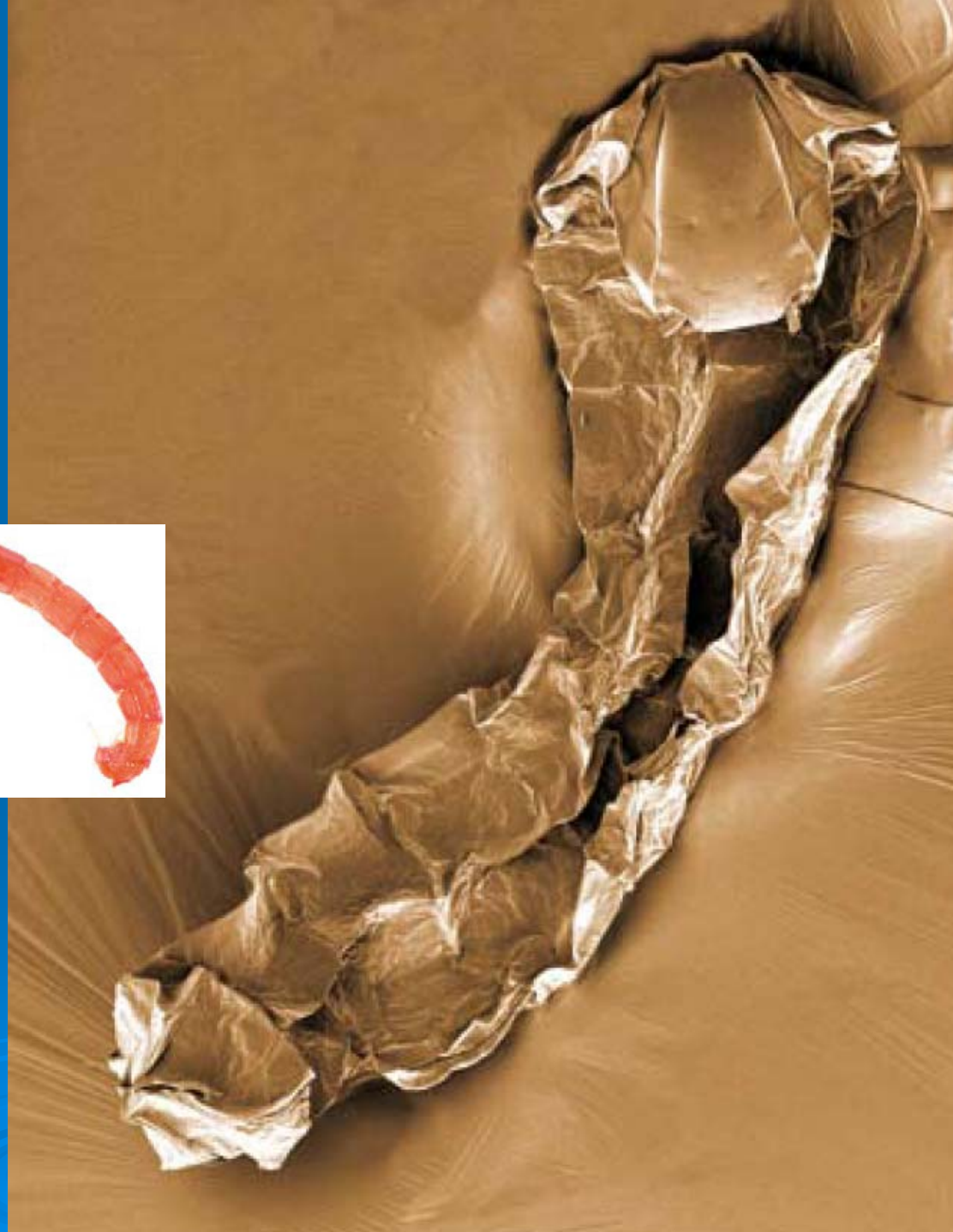
Záznam letálního promrzání larvy *Chymomyza costata*. Zhruba 5 mm dlouhá larva je umístěna na podložku o teplotě  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Začne promrzat, až když tělní teplota klesne pod  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Do této teploty zůstává tělní voda v kapalném, podchlazeném stavu. Promrznutí bylo velmi rychlé a odehrálo se mezi 15. a 18. sekundou. Podmínkou pro přežití promrznutí je však zcela jiný způsob mrznutí:

- voda musí zmrznout za relativně vysoké teploty blízko  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (to je zajištěno přímým kontaktem s okolním ledem);
- následný pokles teplot musí být pomalý (pomalejší než  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- teprve když tělní teplota dosáhne zhruba  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , může být larva prudce zchlazena až na teplotu kapalného dusíku ( $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Všechny snímky © František Weyda.

# Anhydrobióza



larva pakomára *Polypedilum*



Postupná dehydratace aktivuje biosyntézu cukerných látek - bezobratlí trehalóza až 20 % celkové hmotnosti těla. U larev pakomárů je to kolem 18 %.

Pozitivní působení trehalózy Termodynamické vlastnosti systému voda-trehalóza-protein (membrána) znesnadňují denaturaci proteinů (popřípadě změnu vlastností membrány) při vzrůstající koncentraci destabilizujících iontů v roztoku, ze kterého postupně mizí voda.

Molekuly trehalózy jsou přednostně vytěsňovány z bezprostřední blízkosti proteinů a biologických membrán, jejichž povrch naopak zůstává hydratovaný.

Pokračující dehydratace vede až ke ztrátám molekul vody přímo z hydratačních obalů proteinů a membrán. V prostředí bez trehalózy by to znamenalo fatální ztrátu funkčního prostorového uspořádání. Proteiny by denaturovaly a agregovaly, membrány by přešly do gelové nebo hexagonální fáze.

Mezi trehalózou a povrchem proteinu či membrány se však vytvoří vodíkové můstky, jež nahradí chybějící molekuly vody.

Koncentrovaný roztok trehalózy je navíc silně viskózní a může přecházet až do amorfni sklovité struktury. Biochemické procesy se zastavují, volný prostor po molekulách vody vyplňuje trehalóza.

Zdá se, že vlastnosti velmi podobné trehalóze mají i některé proteiny. LEA proteiny Nález LEA proteinů u vysychajících hlístic a vířníků potvrdil jejich rozšíření i mezi živočichy. LEA proteiny jsou poměrně malé a silně hydrofilní. Mohou proto vázat ionty koncentrující se ve vysychající buňce, zvyšovat viskozitu prostředí a podporovat přechod do skelné fáze. Interagují rovněž s povrchem proteinů a membrán a konzervují jejich strukturu.

Kromě toho patrně (stejně jako trehalóza) vycytávají volné kyslíkové radikály. To je důležité, neboť ochrana proti oxidativnímu poškození je dalším významným opatřením pro přežití v dehydratovaném stavu. Tento ochranný systém a také systém šokových proteinů jsou obvykle aktivovány nejen při vysychání, ale i při různých jiných stresových stavech, do kterých se živé buňky dostávají.

Praktické aplikace: Využití trehalózy při dlouhodobém skladování buněk, orgánů nebo celých organismů v suchém stavu a za pokojových teplot zní jako velmi lákavá alternativa k nákladnému a složitému uchovávání hluboko pod bodem mrazu.

# Anoxybióza

