

PREČO RYBY (V ARKTICKÝCH MORIACH) NEZAMRZNÚ?

Tematický celok / Téma		ISCED / Odporúčaný ročník
Špecializácia rastlín a živočíchov		ISCED3/1 gymnázium
Život v extrémnych podmienkach		
Ciele		
Žiakom osvojované vedomosti a zručnosti		Žiakom rozvíjané spôsobilosti
<ul style="list-style-type: none"> Vymenovať ekosystémy, ktoré sú extrémne pre život organizmov, vymenovať faktory prostredia ovplyvňujúce život organizmov, zdôvodniť adaptácie rôznych organizmov na extrémne životné podmienky, vymenovať príklady adaptačných mechanizmov na extrémne podmienky života. 		<ul style="list-style-type: none"> Formulovať hypotézu, ktorá sa bude testovať, zovšeobecniť výsledky, zdieľať a prezentovať výsledky pred spolužiakmi, diskutovať/obhajovať výsledky/ argumentovať, formulovať nové otázky/problémy, predpovedať na základe výsledkov skúmania, formulovať hypotézy na ďalšie skúmanie.
Požiadavky na vstupné vedomosti a zručnosti		
<ul style="list-style-type: none"> Vymenovať príklady organizmov úzko špecializovaných na svoje životné prostredie, vysvetliť pojmy: tolerancia organizmu, ekologická valencia, ekologické optimum, pesimum, minimum a maximum, kozmopolitný organizmus, adaptácia, ekosystém, uviesť príklady limitujúcich faktorov pre život organizmov. 		
Riešený didaktický problém		
<p>Bádateľsky orientované vyučovanie rozvíja kritické premýšľanie žiakov o rôznych mechanizmoch prispôsobenia sa organizmov extrémnym podmienkam prostredia. Žiaci sa učia premýšľať v súvislostiach, prepájať poznatky z fyziológie rastlín a živočíchov s vedomosťami o neživých zložkách prostredia. Metodika umožňuje žiakom chápať súvislosti komplexne využívaním poznatkov nielen z biológie, ale aj iných predmetov (geografie a pod.). Vyučovaním tejto témy spôsobom bez bádateľského prístupu sa žiaci totiž často učia poznatky mechanicky, bez pochopenia vzájomných vzťahov a mechanizmov, ktoré daným organizmom umožňujú prežiť extrémne podmienky pre ich život. Žiaci si často iba málo uvedomujú, že život v mnohých podmienkach prostredia nie je „samozrejmý“ a často sa týka aj organizmov, s ktorými sú žiaci bežne v kontakte (baktérie, rastliny, ...).</p>		
Dominantné vyučovacie metódy a formy		Príprava učiteľa a pomôcky
<ul style="list-style-type: none"> nasmerované bádanie 		<ul style="list-style-type: none"> pracovné listy <p>Odporúčené:</p> <ul style="list-style-type: none"> tablety, wifi
Diagnostika splnenia vzdelávacích cieľov		
Analýza pracovných listov, diskusia o riešeníach.		

© RNDr. Anna Mišianiková, PhD. (autorské práva vyhradené)

ŽIVOT V EXTRÉMNYCH PODMIENKACH

ÚVOD

Metodika rozoberá tému učebnice pre gymnáziá podľa autorov Višňovská a kol. Téma je však vhodná aj pre učiteľov využívajúcich inú sadu učebníc (napr. Ušáková a kol.). Postup je vhodný nielen pre gymnáziá, ale aj pre stredné odborné školy, kde sa učí biológia ako základ pre odborné predmety. Súčasťou materiálu sú študijné materiály a pracovné listy pre žiakov na konci dokumentu.

PRIEBEH VÝUČBY

ZAPOJENIE (CCA 2 MIN.):

Zámer: Motivovať žiakov uvedením otázky, na ktorú žiaci hľadajú odpoveď.

To, že ryby v arktických moriach nezamrznú, považujeme za samozrejmé. Za bežných podmienok by však pri teplote vody podľa prírodných zákonov ryby zamrzli. Prečo teda nezamrznú?



Obr. 1: Ryby žijúce v ľadových arktických moriach.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Nototenioides>

<http://www.cbc.ca/news/canada/newfoundland-labrador/stock-status-update-1.4042225>

Oboznámte žiakov so skúmaným problémom a položte im výskumnú otázku:

Výskumná otázka:

Prečo ryby v arktických moriach nezamrznú?

Žiaci si zrejme uvedomia, že sa nad touto otázkou hlbšie nezamýšľali a prežitie rýb v arktických moriach im vždy pripadalo „samozrejmé“. Pravdepodobne povedia, že ryby sa prispôbili daným podmienkam. Rozvíjajte so žiakmi diskusiu ďalej:

Otázky:

Akým spôsobom sa ryby v arktických moriach adaptovali na chlad?

Aké ďalšie živočíchy, ktoré sa prispôbili extrémnemu chladu poznáte?

Aké adaptačné mechanizmy využívajú živočíchy pri adaptácii na chlad?

Žiakom zrejme napadne viac druhov živočíchov, ktoré žijú v podmienkach nízkych teplôt, napr. medveď ľadový a pod. Mnohé z mechanizmov adaptácie môžu žiaci predpovedať už podľa morfológických znakov.

Poznámka:

Nechajte žiakov samostatne premýšľať o rôznych adaptačných mechanizmoch na chlad, neposudzujte ich odpovede (hypotézy). Žiaci budú v ďalšej fáze sami hľadať odpovede a potvrdenia na ich hypotézy pomocou študijných materiálov, prípadne aj s pomocou internetu (nepovinné).

SKÚMANIE (CCA 7 MIN.):

Zámer: Premýšľať nad uvedenými problémovými otázkami a hľadať na ne odpovede pomocou študijných materiálov (prípadne aj internetu).

Rozdeľte žiakov do skupín (s 3-4 žiakmi) a sprístupnite im pracovné listy (rovnaké pre všetkých žiakov) a študijné materiály (rôzne medzi skupinami). Oboznámte žiakov s cieľom nasledujúcej aktivity, ich úlohami a časovým plánom. Povedzte žiakom, že budú mať k dispozícii materiály na štúdium, ktoré budú samostatne študovať (prípadne dostanú tablety a pripojenie na internet alebo tablety aj študijné materiály súčasne). Po naštudovaní materiálov žiaci v skupine zovšeobecnia svoje zistenia a ich úlohou bude oboznámiť spolužiakov so zistenými informáciami. Upozornite žiakov na to, že ich spolužiaci budú študovať rozdielny text, a preto by im mali vysvetliť naštudované informácie čo najlepšie pre ich pochopenie. Povedzte žiakom, že ďalšie skupiny sa ich môžu po odprezentovaní poznatkov pýtať.

Poznámka:

Zvoľte si spôsob, akým sprístupnite žiakom pracovné listy a študijné materiály. Študijné materiály môžete rozdať vytlačené pre každú skupinu, umožniť žiakom stiahnuť si materiál do tabletu a pod. Pracovný list môžete premietnuť napr. na tabuľu a žiaci si budú zapisovať poznámky do zošitov, prípadne ho žiakom sprístupniť v tlačenej alebo elektronickej verzii. Každé skupine sprístupnite rôzny študijný materiál, prípadne v závislosti od počtu žiakov vytvorte viac rovnakých skupín.

Povedzte žiakom, aby premýšľali nad otázkami k téme, na ktoré ešte nepoznajú odpoveď a zaznačili si otázky do zošita, prípadne zdieľali elektronickou formou.

Poznámka:

Žiaci sa pri práci so študijným materiálom nemusia presúvať, stačí, ak skupinky vytvoria žiaci sediaci blízko seba. Podľa počtu žiakov si zvoľte počet skupín a žiakov v danej skupine, môžete dať do 1 skupiny aj 2 študijné listy. Môžete si so žiakmi nastaviť pravidlá aktivity, napr. koľko žiakov zo skupiny bude oboznamovať spolužiakov s naštudovanými poznatkami, či si môže tohto žiaka (žiakov) zvoliť skupina alebo rozhodnete vy, koľko otázok môže maximálne položiť 1 skupina ďalšej a pod.

Študijné materiály sú venované vysvetleniam adaptačných mechanizmov rastlín a živočíchov na chlad, ale aj aplikáciám týchto poznatkov v praxi.



EURÓPSKA ÚNIA
Európsky sociálny fond
Európsky fond regionálneho rozvoja



OPERAČNÝ PROGRAM
ĽUDSKÉ ZDROJE



MINISTERSTVO
ŠKOLSTVA, VEDY,
VÝSKUMU A ŠPORTU
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



Tento projekt sa realizuje vďaka podpore z Európskeho sociálneho fondu
a Európskeho fondu regionálneho rozvoja v rámci Operačného programu Ľudské zdroje
www.minedu.sk www.employment.gov.sk/sk/esf/ www.itakademia.sk

VYSVETLENIE (CCA 13 MIN.):

Zámer: Vysvetliť rôzne adaptačné mechanizmy živočíchov a rastlín na chlad.

Zvolený žiak, prípadne žiaci alebo aj celá skupina oboznamuje ďalších spolužiakov so zistenými poznatkami zo študijných materiálov. Žiaci ďalších skupín môžu po odprezentovaní klásť otázky, na ktoré môžu odpovedať všetci žiaci danej skupiny. Postupne odprezentujú zistené informácie žiaci každej skupiny. Mnohé zdieľané informácie pravdepodobne vysvetlia otázky ohľadom adaptačných mechanizmov na chlad, ale tiež vyvolajú ďalšie otázky.

Žiaci po odprezentovaní dopĺňajú tabuľku č. 1 o adaptačných mechanizmoch na 1. faktor, ktorý ovplyvňuje život organizmov, a to chlad. (Žiaci budú v ďalšej časti vyučovacej hodiny dopĺňať ďalšie faktory a mechanizmy adaptácie.)

Poznámka:

Podľa diskusie žiakov a času rozhodnite, koľkým otázkam žiakov budete venovať čas, prípadne ako umožniť žiakom nájsť na ich odpovede otázky v prípade krátkosti času. Môžete žiakom povedať, aby si ďalšie otázky zapísali. V prípade času v závere hodiny ich môžete spoločne prejsť, prípadne ich môžete použiť ako domácu úlohu alebo námet na vypracovanie samostatnej práce. Rozpracované otázky môžu byť veľmi vhodné do portfólia študentov.

ROZPRACOVANIE (CCA 8 MIN.):

Zámer: Rozšíriť poznatky žiakov o ďalšie faktory, ktoré môžu predstavovať extrémne životné podmienky a mechanizmy adaptácie organizmov.

Spolu so žiakmi doplňte tabuľku č. 1 o limitujúcich faktoroch a mechanizmoch adaptácie rôznych organizmov. Rozhodnite, či môžu žiaci pri práci používať učebnicu, internet a pod. Žiaci dopĺňajú tabuľku aj na tabuli a do svojich pracovných listov, prípadne do zošitov.

HODNOTENIE (5 MIN.)

Zámer: Zovšeobecniť a kategorizovať poznatky o adaptačných mechanizmoch živých organizmov na extrémne podmienky.

Spolu so žiakmi zovšeobecníte poznatky o adaptačných mechanizmoch, ktoré rôzne živé organizmy používajú na prežitie v extrémnych podmienkach. Pokúste sa nájsť rozdiely medzi mechanizmami vírusov, baktérií, rastlín, živočíchov, prípadne človeka.

Zistenia a závery zo spoločnej diskusie si žiaci poznačia do pracovných listov alebo zošitov.

POSTREHY A ZISTENIA Z VÝUČBY

Budú doplnené neskôr.

ALTERNATÍVY METODIKY

Nie sú navrhnuté.

POUŽITÁ LITERATÚRA

Szolcsányi, P. (2016) Súkromný živor molekúl, W Press, ISBN 978-80-89879-01-4, www.tyzden.sk

<https://en.wikipedia.org/wiki/Notothenioidei>

<http://www.cbc.ca/news/canada/newfoundland-labrador/stock-status-update-1.4042225>

<https://en.wikipedia.org/wiki/>

<https://magazin.atlas.sk/spektrum/nevadi-im-chlad-ani-radiacia-extremne-formy-zivota/855419.html>

<https://www.tyzden.sk/casopis/5745/extremny-zivot/>



EURÓPSKA ÚNIA
Európsky sociálny fond
Európsky fond regionálneho rozvoja



OPERAČNÝ PROGRAM
ĽUDSKÉ ZDROJE



MINISTERSTVO
ŠKOLSTVA, VEDY,
VÝSKUMU A ŠPORTU
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



Tento projekt sa realizuje vďaka podpore z Európskeho sociálneho fondu
a Európskeho fondu regionálneho rozvoja v rámci Operačného programu Ľudské zdroje
www.minedu.sk www.employment.gov.sk/sk/esf/ www.itakademia.sk

Pracovný list

Prečo ryby v antarktických moriach nezamrznú?

Meno

Trieda

Dátum

Výskumná otázka:

Prečo ryby v antarktických moriach nezamrznú?

Hypotéza:

Úloha 1:

Doplň tabuľku:

MECHANIZMUS ADAPTÁCIE NA CHLAD		
mechanizmus	zmysel	Príklad(y)

Tabuľka 1: Mechanizmy adaptácie organizmov na chlad.

Úloha 2:

Doplň tabuľku o ďalšie extrémne podmienky života, mechanizmy adaptácie na dané podmienky a príklady organizmov, ktoré daný mechanizmus používajú.

Limitujúci faktor/ extrémne podmienky života	Mechanizmus adaptácie	Príklad(y)

Tabuľka 2: Mechanizmy adaptácie organizmov na extrémne podmienky života.

Úloha 3:

Zovšeobecni získané poznatky o adaptácii organizmov na extrémne podmienky života. Nakresli tabuľku (Tabuľka 3), ktorá vyjadruje rozdielne a spoločné mechanizmy rôznych organizmov na rozličné extrémne podmienky prostredia.

Tabuľka 3:



EURÓPSKA ÚNIA
Európsky sociálny fond
Európsky fond regionálneho rozvoja



OPERAČNÝ PROGRAM
ĽUDSKÉ ZDROJE



MINISTERSTVO
ŠKOLSTVA, VEDY,
VÝSKUMU A ŠPORTU
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



it akadémia

Tento projekt sa realizuje vďaka podpore z Európskeho sociálneho fondu
a Európskeho fondu regionálneho rozvoja v rámci Operačného programu Ľudské zdroje
www.minedu.sk www.employment.gov.sk/sk/esf/ www.itakademia.sk

Úloha 4:

Slovne zapíš záver pre výskumnú otázku (Prečo ryby v antarktických moriach nezamrznú?):

.....

.....

Úloha 5:

Ktorý mechanizmus adaptácie, prípadne extrémne podmienky ťa najviac prekvapili?

.....

.....

Úloha 6:

Napiš otázky, ktoré stále máš:

.....

.....

.....

.....

Študijný materiál

Variant: A

Antarktída je známa permanentným mrazom a teplota vody v antarktických moriach nezriedka dosahuje -2°C . Vďaka vysokému obsahu solí však more ani pri takýchto teplotách nezamrzá. Ryby však slané nie sú a navyše krv za bežných okolností mrzne už pri nule. Ako je teda možné, že ryby v týchto moriach nezamrznú?

Glykoproteíny

Mimoriadne otužilé ryby polárnych morí si vyvinuli sofistikovaný spôsob prežitia v extrémnych klimatických podmienkach, a to schopnosť produkovať špeciálne nemrznúce bielkoviny (glykoproteíny). Vďaka nim zostáva ich krv v tekutom stave aj napriek mrazu. Tieto unikátne molekuly sa biosyntetizujú v žalúdku a pankrease, krvným obehom sa dostávajú do celého tela a chránia vnútorné orgány rýb pred mechanickým poškodením. Ak by totiž voda v bunkách zamrzla, vzniknutý ľad zväčší svoj objem a následne by organizmus doslova roztrhlo.

Ako fungujú nemrznúce glykoproteíny?

Nemrznúce prírodné bielkoviny bránia rastu ľadových kryštálikov prostredníctvom svojho špeciálneho bielkovinového reťazca, v ktorom sa často a pravidelne opakuje rovnaká trojkombinácia aminokyselín (treonín-alanín/prolín-alanín). Každá molekula treonínu má zároveň na seba naviazané rôzne cukry, ktoré priťahujú molekuly vody. V momente, keď sa v bunkách morských otužilcov začínajú vytvárať malé kryštáliky ľadu, glykoproteíny sa doslova „prilepia“ na ich povrch. Dochádza tak nielen k zaobleniu a zmene tvaru kryštálikov, ale súčasne sa zabráni aj prístupu ďalších molekúl vody k ich povrchu. To má za následok úplné zastavenie kryštalizácie ľadu a zabránenie mechanického poškodenia tkanív.

Nemrznúce bielkoviny okrem zastavenia rastu ľadových kryštálikov spôsobujú aj preorganizovanie chemických väzieb medzi jednotlivými molekulami vody. Ich pôvodne chaotický pohyb sa stáva omno viac usporiadaným. Tento dlhodobý efekt sa prejavuje aj na väčšie vzdialenosti a významne prispieva k potlačeniu nežiaduceho mrznutia vody v živých organizmoch.

Zaujímavé je, že opísaný proces prebieha oveľa lepšie pri bode mrazu ako pri izbovej teplote.

Študijný materiál

Variant: B

Antarktída je známa permanentným mrazom a teplota vody v antarktických moriach nezriedka dosahuje -2°C . Vďaka vysokému obsahu solí však more ani pri takýchto teplotách nezamrzá. Ryby však slané nie sú a navyše krv za bežných okolností mrzne už pri nule. Ako je teda možné, že ryby v týchto moriach nezamrznú?

Existujú však aj otužilejšie živočíchy ako sú antarktické ryby. Zatiaľ, čo tie vydržia v mory teploty tesne pod bodom mrazu, niektoré druhy hmyzu musia na súši čeliť treskúcej zime aj -30°C . Napríklad severoamerický obaľovač (*Choristoneura*) pravidelne zažíva kruté mrazy v kanadských lesoch, no napriek tomu sa mu tam výborne darí a na tamojších ihličnatých porastoch dokáže napáchať priam spektakulárne škody. Vďačíme za to jeho nemrznúcim glykoproteínom, ktoré sú asi 30-krát účinnejšie ako nemrznúce glykoproteíny rýb.



Obr.: *Hypogastrura nivicola* (vľavo) a *Choristoneura fumiferana* (vpravo).

Zdroj: <https://en.wikipedia.org/wiki>

Podobné schopnosti prežiť extrémny chlad má aj kanadská snežná blcha (*Hypogastrura*). V jej prípade sú nemrznúce glykoproteíny bohaté na inú aminokyselinu než u rýb. Ide konkrétne o glycín a komplexná bielkovina s takým vysokým obsahom glycínu nebola doposiaľ známa. Chemii ju už laboratórne pripravili a ukázalo sa, že syntetická verzia blšej bielkoviny má rovnaké nemrznúce vlastnosti ako identický glykoproteín získaný z prírodného zdroja. Čo je skvelá správa, pretože molekuly s takýmito unikátnymi vlastnosťami sú mimoriadne cenné z hľadiska ich potenciálneho humánneho využitia.

Študijný materiál

Variant: C

Antarktída je známa permanentným mrazom a teplota vody v antarktických moriach nezriedka dosahuje -2°C . Vďaka vysokému obsahu solí však more ani pri takýchto teplotách nezamrzá. Ryby však slané nie sú a navyše krv za bežných okolností mrzne už pri nule. Ako je teda možné, že ryby v týchto moriach nezamrznú?

Morfologické adaptácie organizmov na chlad sú rôzne. Rastliny v chladných cirkumpolárnych a horských polohách sú podstatne menšie ako tie, ktoré vyrastajú v teplejších oblastiach, napr. trpasličie formy púpavy v horách alebo trpasličie brezy a vrbý v tundre. Horské rastliny sa často chránia pred chladom aj hustým ochlpením, napr. plesnivec, poniklec atd. Takisto vtáky a cicavce z chladných oblastí majú hustejšie operenie, resp. srst' atd. Podobne chlípky, šupiny, zámotky a kokóny hmyzu majú okrem ďalších funkcií aj úlohu chrániť organizmus pred chladom. Systematicky príbuzné bezstavovce sú často väčšie v chladnom prostredí, napr. perlóčky v horských a severských jazerách bývajú väčšie než v teplých vodách. Medúza *Cyanea arctica* dorastá v tvare zvonu v Arktickom mori až 2 m v priemere, kým v teplejšom Severnom mori iba 40-50 cm.

Poikilotermné stavovce sú často väčšie v teplej klíme, napr. tropické veľhady sú väčšie ako hady mierneho podnebného pásma. Aj ropuchy v strednej Európe sú väčšie ako v severnej Európe a pod. Pri homoitermných živočíchoch, ktoré sa prevažne alebo stále zdržiavajú vo voľnom atmosférickom prostredí (epiedafické druhy), sa uplatňuje zákonitosť o vzťahu medzi veľkosťou tela a relatívnou veľkosťou povrchu. Čím je objem tela väčší (a tvar zavalitejší), tým má živočích relatívne menší povrch a preto menej tepla odovzdáva do okolia, napr. medveď hnedý v strednej Európe dosahuje 150-250 kg, v chladnejších podmienkach Sibíri váži už 500 kg a jeho najsevernejšie populácie na Aljaške a Wrangelovom ostrove (rasa kodjak) dosahujú hmotnosť nad 700 kg. Polárny medveď biely môže dosiahnuť až 1000 kg.

Z takýchto pozorovaní vychádza Bergmannovo pravidlo, podľa ktorého vtáky a cicavce v chladných oblastiach sú väčšie ako rovnaké, či príbuzné druhy v teplých oblastiach. Toto pravidlo neplatí pre ťažné vtáky a pre drobné cicavce, ktoré prežívajú väčšinu svojho života v špecifických mikroklimatických podmienkach svojich nor alebo pod snehom, napr. lumíky.

Fyziologická potreba čo najviac zmenšiť telový povrch, aby sa obmedzil odvod tepla, vedie k tomu, že cicavce zmenšujú telové výčnelky - ušnice a krk (Allenovo pravidlo), napr. polárny zajac belák má celkom krátke ušnice, kým zajace v teplých krajinách ich majú veľké, slúžia im aj na odovzdávanie tepla z tela. Podobne líška polárna má uši celkom drobné, ukryté v srsti, kým európska líška obyčajná ich má stredne veľké a fenek, ktorý obýva horúce africké púšte, má mimoriadne veľké ušnice. Cicavce a vtáky žijúce v chladných oblastiach majú nielen hustejší a dlhší telový pokryv, ale vytvárajú aj vrstvy podkožného tuku, ktorý im slúži ako tepelný izolátor. Veľmi hrubé vrstvy podkožného tuku majú živočíchy studených cirkumpolárnych vôd (tučniaky, plutvonožce a veľryby).

Študijný materiál

Variant: D

Antarktída je známa permanentným mrazom a teplota vody v antarktických moriach nezriedka dosahuje -2°C . Vďaka vysokému obsahu solí však more ani pri takýchto teplotách nezamrzá. Ryby však slané nie sú a navyše krv za bežných okolností mrzne už pri nule. Ako je teda možné, že ryby v týchto moriach nezamrznú?

Fyziologické a etologické adaptácie

Na ochranu pred nízkymi teplotami sú vyvinuté rôzne stabilizačné zariadenia. Pri rastlinách dochádza k zníženiu obsahu a cirkulácie vody, čo zvyšuje ich odolnosť voči chladu, dreviny z chladných stanovišť majú drevo suché. Rastliny sa pritiskujú k zemi, kde je teplejšie, ako vyššie, vo voľnom priestore, preto na studených miestach rastú plazivé vankúše machu, kosodreviny ap. Tepelné vyžarovanie a transpiráciu znižujú i spánkové (nyctistické) pohyby vykonávané v noci a počas chladu, kedy sa kvety zatvárajú a čepele listov skladajú k sebe.

Nadbytočného tepla sa rastliny zbavujú transpiráciou, na výpar 1 g vody sa spotrebuje 2,4 kJ. Získavať vedľa len slnečné teplo natáčaním asimilačných plôch a kvetov smerom k Slnku (pozitívny heliotropizmus). Článkonožce dokážu zvýšiť telesnú teplotu svalovým pohybom, hmyz najčastejšie chvením a kmitaním krídel, pričom sa jeho telesná teplota zvýši až na $34-36^{\circ}\text{C}$. Až po dosiahnutí potrebnej teploty pre normálnu svalovú činnosť hmyz odlieta. Podobne aj zimomriavky a triaška cicavcov má za úlohu zvýšiť teplotu organizmu svalovou aktivitou. Značne rozšíreným mechanizmom na zvýšenie telesnej teploty je sociálna termoregulácia. Jednoduchým zhromaždením a vzájomným pritlačením viacerých jedincov sa znižuje celkový spoločný povrch vystavený vonkajšiemu prostrediu.

Obdobne je podmienené aj zohrievanie mláďat rodičmi, zimné sústreďovanie sa do zhlukov pri niektorom hmyze, obojživelníkoch a hadoch alebo tvorba kolónií tučniakov pri ich zimovaní na pevnine ap. Kombináciu fyziologickej termoregulácie a sociálneho správania sa vykazujú včely. Prezimujú nakopené na sebe a časť ich vibruje krídlami, čím sa uvoľňuje teplo zo svalovej činnosti. Pri vysokých teplotách v úli zasa chvením krídel zaisťujú ventiláciu a výdatne znižujú teplotu prostredia. Mravce stavajú svoje hniezda na výšlných expozíciách, tzv. teplotná anténa. Mravce rodu *Formica* zakrývajú na noc otvory do mraveniska, aby obmedzili únik tepla atď.

POMÔCKA PRE UČITEĽA (ZAUJÍMAVOSTI)

Snotit

Ide v podstate o stalaktit (ten útvar, ktorý v jaskyniach visí zo stropu) s konzistenciou sopľa, ktorý tvoria kolónie baktérií. Energiu získavajú z vulkanickej síry, z ktorej sa pri kontakte s vodou stáva kyselina sírová. Odpad, ktorý z týchto baktérií vychádza, má podobné vlastnosti ako kyselina v batériách. Niektorí vedci tvrdia, že ak na Marse existuje život, vyskytuje sa práve v takejto podobe.

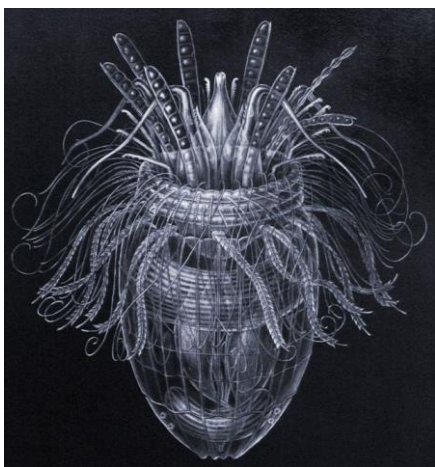


Riftia hlbinná

Až 1,6 kilometra pod hladinou Tichého oceánu žijú tvory, ktorých názov príliš pôvabný nie je. Patria medzi obrúčkavce a dokážu odolať obrovskému tlaku. Zväčša sa vyskytujú v blízkosti takzvaných hydrotermálnych prieduchov, cez ktoré unikajú častice z vysokým obsahom síry. Z nich získava riftia pomocou baktérií vďaka chemosyntéze organické látky.

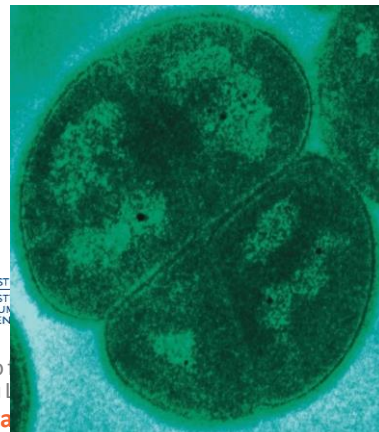
Pomalka

Môžeme byť radi, že pomalky merajú len asi pol milimetra, inak by zrejme ovládli celú galaxiu. Tieto mikroorganizmy sú pravdepodobne najodolnejšími tvormi na Zemi. Bez jedla a vody prežijú 120 rokov. Odolajú šesťkrát väčšiemu tlaku, než aký sa nachádza na dne Mariánskej priekopy v hĺbke 11 kilometrov. Teploty nad bodom varu im problémy nenarobia, rovnako ako tie, ktoré sa blížia k absolútnej nule. Sú schopné prežiť radiáciu niekoľko stonásobne vyššiu než človek. A prežijú aj vo vesmíre.



Korzetka

Podobne ako pomalky, aj korzetky sú mikroskopické organizmy, ktoré žijú na dne Stredozemného mora v hĺbke troch kilometrov. Čo je na nich zaujímavé? K životu nepotrebnú slnečné žiarenie ani kyslík, a to ako jediné známe viacbunkové organizmy.



EURÓPSKA UNIA
Európsky sociálny fond
Európsky fond regionálneho rozvoja



OPERAČNÝ PROGRAM
ĽUDSKÉ ZDROJE



MINIST
ŠKOLST
VÝSKUM
SLOVEN

Tento projekt sa realizuje vďaka podpore z Európskeho sociálneho fondu a Európskeho fondu regionálneho rozvoja v rámci Operačného programu Ľudské zdroje.
www.minedu.sk www.employment.gov.sk/sk/esf/ www.ita.gov.sk

Deinococcus radiodurans

V Guinnessovej knihe rekordov je zapísaná ako najodolnejšia baktéria na Zemi. Nevadia jej extrémne nízke ani vysoké teploty či nedostatok vody, vyniká však najmä jednou svojou vlastnosťou. Znesie 1500-násobne väčšiu dávku rádiácie než človek hravo prekoná aj šváby.

Pekelné horúco

Chrlia žltú síru, čierny dym a spaľujúci oheň, sú doslova ako Lucifer. Či už ide o pevninské sopky alebo podmorské vulkány, ich pekelné vnútro a blízke okolie ani len náhodou nepripomína miesto vhodné na život. Zdanie však, ako obvykle, klame – je ho tam viac, než si len dokážeme predstaviť.

Napríklad taká archebaktéria *Pyrococcus furiosus* je typickým predstaviteľom termofilov, organizmov doslova milujúcich poriadne horúce prostredie. Na prežitie (!) potrebuje teplotu dosahujúcu aspoň 100°C. Komfortne sa cíti v neprítomnosti kyslíka, nakoľko namiesto neho „dýcha“ už spomínanú síru.

Spomínaná baktéria bola objavená v horúcich podmorských sedimentoch ostrova Vulcano Island pri Sicílii. A práve o takýchto biotopoch sa dnes domnievame, že by mohli byť miestom vzniku prvých živých organizmov na Zemi.

Absolútnym šampiónom v tepelnej výdrži je však jednobunkový mikroorganizmus s názvom Strain 121, ktorý sa veselo rozmnožuje pri teplote 121°C (odtiaľ to meno). A jeho schopnosť prežiť horúčavu vyššiu dokonca ešte o desať stupňov je priam fenomenálna. Nehovoriac už o tom, že Strain 121 využíva „na dýchanie“ železo.

Donedávna sme si ešte mysleli, že štvrtýhodinová sterilizácia medicínskych nástrojov v autokláve pri spomínaných teplotách spoľahlivo zahubí všetko živé. Nuž, nezahubí. Ako to ale tie termofily robia? Zatiaľ nevieme. Domnievame sa však, že jedným z hlavných dôvodov ich extrémnej tepelnej výdrže je vysoká koncentrácia solí vnútri ich buniek. Tým pádom majú nielen malý obsah vody, ale zároveň obsahujú hustú „sieť“ vytvorenú z nabitých atómov (iónov). A práve tie pravdepodobne stabilizujú bunkovú DNA, proteíny a ďalšie kľúčové molekuly nevyhnutné na prežitie týchto organizmov.

Pre život v pozemskej forme však podľa všetkého existujú určité hraničné teploty, nad ktoré sa už ísť nedá. Experimenty totiž naznačujú, že pri 150°C už dochádza k ne(od)vratnému rozpadu väčšiny dôležitých biogénnych zlúčenín.

Sol' nadovšetko

Sol' je spoločným menovateľom aj ďalších extrémofilov, tentoraz mikroobyvateľov enormne slaného prostredia. Červená archebaktéria *Haloartica marismortui* je halofil (slanomil) úspešne prežívajúci v mimoriadne slanej vode Mŕtveho mora, ktorý má navyše nízky obsah kyslíka a je ustavične vystavený intenzívnemu slnečnému žiareniu.

Ako to peklo dokáže prežiť? Vyvinul si podobný mechanizmus ako termofily. Vo svojom vnútri má okrem značného množstva solí rozpustené aj bielkoviny, ktoré sú pritom plne funkčné. Baktéria má na svojom povrchu vysokú koncentráciu záporne nabitých aminokyselín a práve tie bránia tomu, aby proteíny „vypadávali“ z presoleného bunkového roztoku. Dôležitou bielkovinou je aj červené farbivo rodopsín, pomocou ktorého baktéria premieňa svetlo na energiu. Navyše sa zdá, že jej purpurový „kabát“ zároveň funguje ako slnečný filter a spoľahlivo ju chráni pred smrteľnými ultrafialovými lúčmi.

Podobne sa chráni ďalšia slanomilná baktéria, opäť v tvare červenej tyčinky. *Halobacterium salinarum* pochádza z Veľkého soľného jazera v Utahu, ale bola nájdená už aj v potravinách s vysokým obsahom soli ako sú údená šunka, párky a morské ryby. Mimochodom, oba archaické mikroorganizmy sú horúcimi kandidátmi na životné formy, ktoré by v princípe mohli prežiť aj na Marse. Tam je veľkým problémom práve silné UV žiarenie. A práve tenká vrstva soli na povrchu baktérií, ako aj bakteriorodopsín v ich membráne ho dokážu účinne rozptýliť a absorbovať. Čiže pri troche fantázie by ich hlavnou životnou nepríjemnosťou na Marse bol akurát pobyt pri nízkych teplotách počas toho krátkeho času, keď by voda bola kvapalinou.

Bakteriálny nezmar

A na záver bonbónik. Existuje organizmus, ktorý prežije extrémny chlad, totálne sucho a hlboké vákuum. Vydří kúpeľ v kyseline, aj agresívne pôsobenie peroxidu vodíka. A nezabije ho nielen ultrafialové svetlo, ale dokonca ani rádioaktívne žiarenie! Nie div, že sa vďaka svojim výnimočným vlastnostiam dostal aj do Guinnessovej knihy rekordov.

Čože je to za nezmar? Tým „nezničitelným“ je štvorbunková baktéria *Deinococcus radiodurans*. Objavená bola čírou náhodou v rámci potravinárskych experimentov. Tie mali ukázať, či je možné využiť ionizujúce žiarenie na sterilizáciu potravín. Počas nich boli mäsové konzervy vystavené takým dávkam gama žiarenia, o ktorých sa myslelo, že sú jednoznačne smrteľné pre všetko živé. Na veľké prekvapenie sa však „sterilizované“ mäso napriek tomu pokazilo! Nuž a práve z neho sa nakoniec podarilo izolovať spomínanú baktériu. Prežila totiž tisíckrát vyššiu dávku žiarenia, než aká by už spoľahlivo zabila človeka.

Ako je to možné? Nedá sa povedať, že jej radiácia nijako neublíži. Práve naopak. Bakteriálne chromozómy, rovnako ako DNA všetkých živých organizmov, sa jej účinkom rozpadnú na stovky menších kúskov. Avšak *D. radiodurans* si svoj ťažko poškodený genetický materiál, na rozdiel od tých ostatných smrteľníkov, vie extrémne rýchlo „opraviť“ a dostať do pôvodného stavu. A tak po uplynutí maximálne jedného dňa je baktéria zase úplne fit, akoby sa nič nestalo.

Ako to robí? Vieme zatiaľ toľko, že každá bunka *D. radiodurans* obsahuje od štyroch do desať identických kópií chromozómov, čo je prekvapivo vysoké číslo (napríklad človek má len dve sady). U baktérie je tým pádom oveľa väčšia šanca, že aspoň jedna kópia zo všetkých zostane neporušená zhubnou rádioaktivitou. A práve tú „nadbytočnú“ nepoškodenú DNA využíva baktéria ako originálnu predlohu v akomsi molekulárnom „puzzle“. Podľa nej totiž dokáže správne pospájať jednotlivé kúsky rozbitých chromozómov a vyrobiť si tak opäť zdravý genetický materiál.

Efektivitu opravného systému zabezpečuje unikátny tvar a umiestnenie jednotlivých kópií DNA.

Chromozómy sú totiž kruhové a navyše naskladané na sebe jeden na druhom ako pneumatiky v garáži, pričom ich rovnaké časti sa vertikálne perfektne kryjú. To je zabezpečené špeciálnymi molekulami, ktoré fungujú ako „lepidlo“ medzi jednotlivými vrstvami. Čiže najstť potrebnú „náhradnú súčiastku“ alebo „zdravú predlohu“ je vlastne už triviálne: stačí siahnuť o poschodie nižšie alebo vyššie. Jednoduché a skvelé.

Takže aby sme to zhrnuli, pozemský život nám o prípadnom mimozemskom živote hovorí asi toto: Príroda je fascinujúco rôznorodá a evolúcia dokáže „produkovať“ organizmy schopné adaptácie na (takmer) akékoľvek prostredie.

<https://www.tyzden.sk/casopis/5745/extremny-zivot/>