

Astrobiológia

8

Limity biosféry

Extremofily

RNDr. Tomáš Paulech, PhD.
KAFZM, FMFI UK

Biosféra a jej limity

- **Ohraničenie:**
 - **v tenkej vrstve na povrchu Zeme** (cca 10km hrubej)
 - **pod povrchom Zeme** len po **teplotný limit (cca 122°C)**
 - **nad povrchom** (často iba transport, nie trvalé prežívanie, chlad, málo potravy)
 - LIMIT pre **dlhodobé prežitie** je cca **3 km nad povrchom**
 - s nárastom extrémov znižuje variabilitu života, ktorú nachádzame
- **BIOSPACE** – priestor fyzikálnych a chemických limitov pre život:
 - teplota (teplo/chlad)
 - sucho
 - pH
 - salinita
 - tlak
 - radiácia
- Biosféra obsadila prakticky všetky mysliteľné ekologické niky na planéte
- Survive ≠ thrive (prežitie je možné vo väčších extrémoch)
 - Spóry *Bacillus subtilis* – prežitie 6 rokov expozície vo vesmíre (tínené UV)
 - Lišajníky – pobyt vo vákuu – zotavenie z extrémnej dehydratácie do 24 hod.
- Organizmy modifikujú svoju stavbu/biochémiu aby sa vysporiadali s prostredím (bunková stena, špeciálne enzýmy..)

Život v extrémoch

- **EXTREMOFILY** – organizmy na fyzikálnych a chemických hraniciach určitých ekologických ník
 - väčšinou prokaryoty – vo väčších extrémoch výlučne
 - zriedka eukaryoty – hmyz v okolí vulkánov, článkonožce, červy a ryby v hĺbkach a podmorských vulkánoch, huby v reaktore Černobyľu, lišajníky, spóry a pod.
- **Polyextremofily** – prežijú niekoľko extrémov súčasne (bežný stav)

Známe limity života

TABLE 4. THE KNOWN LIMITS OF LIFE ON EARTH

<i>Factor</i>	<i>Extremophile</i>	<i>Earth environments</i>	<i>Limit</i>	<i>References</i>
High temperature	Thermophile or hyperthermophile	Submarine hydrothermal vents, terrestrial hot springs, deep subterranean environments	121–122°C	1–3
Low temperature	Psychrophile	Ice, permafrost, Antarctic dry valleys	–20°C	4–5
High pressure	Barophile or piezophile	Subseafloor, deep subterranean environments such as the Mariana Trench	>1300 atm	6–8
High pH	Alkaliphile	Soda lakes	11.3–11.4	9–11
Low pH	Acidophile	Acid mine drainage, hot springs	–0.06	12–14
High salinity	Halophile	Brines, evaporite deposits	NaCl ~ 5 M	15–17
Desiccation	Xerophile	Antarctic dry valleys, deserts	<10% relative humidity	18–20
Ionizing radiation	Radioresistant	High-radiation environments (from radioactive waste, nuclear reactors, cosmic rays, gamma rays, X-rays)	>6000 Gy	21–23
UV radiation	Radioresistant	High deserts, upper atmosphere	5000 J/m ²	21, 24
Toxic element concentrations	—	Acid mine drainage, hot springs	Depends on element	25–26

¹Bloch *et al.*, 1997; ²Bryer *et al.*, 2000; ³Takai *et al.*, 2008; ⁴Carpenter *et al.*, 2000; ⁵Joyce *et al.*, 2004; ⁶Horikoshi, 1998; ⁷Sharma *et al.*, 2002; ⁸Margosch *et al.*, 2006; ⁹Sturr *et al.*, 1994; ¹⁰Jones *et al.*, 1998; ¹¹Sorokin *et al.*, 2001; ¹²Schleper *et al.*, 1995; ¹³Johnson, 1998; ¹⁴Edwards *et al.*, 2000; ¹⁵Antón *et al.*, 2008; ¹⁶Oren, 2010; ¹⁷Bowers and Wiegel, 2011; ¹⁸Potts, 1994; ¹⁹Alpert, 2005; ²⁰García, 2011; ²¹Battista, 1997; ²²Ferreira *et al.*, 1999; ²³DeVeaux *et al.*, 2007; ²⁴Altiero *et al.*, 2011; ²⁵Nies, 2000; ²⁶Robbins *et al.*, 2000.

Termofily (vysoké teploty)

- hydrothermal vents – voda nad cca 100°C
- hyperthermophiles (znášajú nad 100°C)
- vyžadujú takúto teplotu, v nižšej neprežijú
 - archaea **Methanopyrus kandleri** –
 - žije v podmorských komínoch, znesie 110°C
 - *Geogemma barossi* - "Strain 121°C"
- čelia problémom:
 - **rozkladu biomolekúl** za takejto teploty
 - rozpadu membrán kvôli teplote
 - **vyvinuli si unikátne termo-stabilné proteíny a enzýmy**, ktoré sa nerozkladajú za tejto teploty

Psychrofily (extrémny chlad)

- **znášajú trvale teploty pod 15°C**
- napr. v jazere Vostok (Antarktída) pod 3km ľadu
- nízka teplota - kryštalizuje voda
 - obsahujú cukry, ktoré spomaľujú kryštalizáciu vody a zabraňujú ľadu prenikať do membrán
- tuhnutie biomembrán
 - zapracujú viac nenasýtených mastných kyselín, aby sa udržala pružná a prepúšťala živiny

Halofily, Acidofily (extrémna salinita a pH)

- **Halophiles** – Mŕtve more a pod. – prežijú 15-37% koncentráciu soli
- **Acidofily, Alkalofily - kyslé alebo zásadité pH**
 - Rio Tinto river, Spain – pH len 0,1, veľmi veľká koncentrácia H⁺ protónov, veľmi kyslé
 - Mono Lake, US – pH veľmi zásadité/alkalické 12.5
- problémy
 - rozpad biomolekúl (denaturácia bielkovín, membrán)
 - trpia metabolické procesy
 - regulujú pH prostredie vnútri buniek, aby bolo neutrálne (vytláčajú protóny)

Xerofily (extrémne sucho)

- **Xerophiles** – púšte
- **problémy**
 - dostupnosť vody
 - produkujú soli a iné látky aby voda neunikala
 - schopnosť upadnúť do spánku/vegetovania - dormancy
 - osmóza
 - integrita membrán – aby sa nerozpadli
- **Geobacter Sulfurreducens** - anaeróbne baktérie žijúce v skalách

Piezofily (extrémny tlak)

- **extrémny tlak - Piezophiles**
- **Mariánska priekopa – 1000 atmosfér, žijú tam mikróby**
- v hĺbkach Zeme – niekoľko km v Zemi
- limit života pre tlak nepoznáme
- tlak natláča molekuly k sebe, narúša tekutosť cytoplazmy
- zmena génovej expresie – zlepšenie preberania živín z prostredia
- zmena štruktúry membrány – pridanie nenasýtené mastné kyseliny

Radiofily (extrémne žiarenie)

- Radiácia (**outer space**)
- Experiment na ISS
 - skala, ktorá obsahovala mikroorganizmy
 - bola mimo ISS 1,5 roka (533 dní)
 - po 1,5 roku žila v kameni gloeocapsa – extremofilna cyanobakteria
- baktérie su schopné zostaviť späť svoju DNA po vážnom narušení radiáciou
- *Deinococcus radiodurans* – prežil simulované podmienky a dobu letu na Mars (UV+Slnečný vietor)

Diskusia, zdroje

- **Michaela Musilová:** <https://www.vedatechnika.sk/SK/enoviny/Clanky/Stranky/Cesta-na-Mars.aspx>
- **Thermofily:** http://www.nps.gov/yell/planyourvisit/upload/RI_2013_thermophiles.pdf
- **Huby v reaktore Černobyľu:** <http://newswatch.nationalgeographic.com/2013/08/02/5-extreme-life-forms-that-live-on-the-edge/>
- <http://www.scientificamerican.com/article/radiation-helps-fungi-grow/>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Thermoacidophile>
- **Chemolitotrofné baktérie v skalách:**
- [http://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Geobacter_sulfurreducens#Cell structure and metabolism](http://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Geobacter_sulfurreducens#Cell_structure_and_metabolism)
- **Extremofily:** http://www.livescience.com/13377-extremophiles-world-weirdest-life.html?adbid=10152346254781761&adbpl=fb&adbpr=30478646760&cmpid=514627_20141026_34398267