

Ekológia a systematika rastlín

Téma: Rastliny vysokohorských spoločenstiev

Spoločenstvá rastlín a živočíchov vysokohorských ekosystémov zahŕňajú unikátny súbor organizmov, ktoré sú prispôsobené extrémnym podmienkam prostredia panujúcim v tomto bióme. V týchto spoločenstvách sa vyskytuje veľké množstvo chránených a ohrozených druhov, vrátane tých, ktoré označujeme ako endemity, teda druhy špecifické iba pre danú lokalitu alebo tzv. glaciálne relikty, teda druhy, ktoré boli prispôsobené podmienkam prostredia počas ľadovej doby a prostredie vysokých hôr je pre ne v súčasnosti optimálnym prostredím. Glaciálne relikty teda využívajú vysoké hory ako refúgium, pretože súbor ekologických faktorov v tomto bióme je podobný ich pôvodným nikám.

1. úloha: Ktoré abiotické faktory ovplyvňujú flóru vysokých hôr?

- A) teplota
- B) zrážky
- C) ľudská činnosť
- D) veľké bylinožravce
- E) geologické podložie
- F) typ a hĺbka pôdy
- G) symbiotické vzťahy medzi organizmami

V závislosti od kombinácie faktorov prostredia môžeme v rámci vysokohorských ekosystémov rozlíšiť niekoľko biotopov, ktoré sa líšia v zastúpení druhov rastlín, ktoré sa v nich vyskytujú. Jedny z najvyššie položených biotopov patria do vegetačného stupňa alpínskych holí. Toto pásmo na Slovensku zahŕňa lúky nad pásmom kosodreviny, v nadmorskej výške 1800-2300 m. n. m. Práve biotopom alpínskych lúk bude venovaná táto úloha.

2. úloha: Do akých čeľadí patria druhy, ktoré sú dominantnými druhmi alpínskych holí? Označte dve čeľade.

- A) lipnicovité (*Poaceae*)
- B) borovicovité (*Pinaceae*)
- C) ružovité (*Rosaceae*)

- D) sitinovité (*Juncaceae*)
- E) ľaliovité (*Liliaceae*)
- F) astrovité (*Asteraceae*)

3. úloha: Vyberte si jednu z ěeladí, ktoré podľa vás dominujú alpínskym holiám, a určite z nasledujúceho zoznamu znaky, ktoré ju charakterizujú.

- meno ěelade:
- vybrané charakteristiky:

Zoznam charakteristík:

- A) sieťovitá žilnatina
- B) dva kľíěne listy
- C) zväzkovité korene
- D) plodom je nažka
- E) plodom je tvrdka
- F) plodom je tobolka
- G) súkvetie – stravec
- H) súkvetie – úbor
- I) súkvetie – klások
- J) súkvetie – krážeľ
- K) stonka – steblo s kolienkami

Botanický výskum rôznych typov biotopov ěasto zahŕňa aj zaznamenávanie tzv. fytoěenologických zápisov. Ide o metódu, pri ktorej sú identifikované všetky druhy flóry, ktoré sa vo vybranej oblasti nachádzajú a pre kaďký druh je určená jeho pokryvnosť, teda akú plochu zaberajú vo vytýěenej oblasti všetky jedince daného druhu dokopy. Veľkosť mapovanej plochy závisí od typu biotopu, v lesoch môže ísť o štvorce s rozlohou 256 m², v biotopoch alpínskych lúk ide väčšinou o plochy s rozmermi 4 m x 4 m. Okrem klasifikácie druhov vyšších rastlín sa pri zápisoch v alpínskom vegetaěnom stupni ěasto určujú aj druhy machorastov a lišajníkov, ktoré môžu v niektorých prípadoch pokrývať viac než 50 % plochy mapovaného štvorca. Okrem toho je možné merať napr. hĺbku pôdy a odobrať jej vzorky na chemický rozbor, urěiť nadmorskú výšku ěi sklon svahu.

4. úloha: Z lokality Grapy v Západných Tatrách máte k dispozícii tri fytoěenologické zápisy. Vo všetkých troch prípadoch ide o spoloěenstvá alpínskych nív.

- Zápis ě. 1: 1834 m. n. m., 49° 13' 02" severnej šírky, 19° 40' 03" východnej dĺžky, priemerná hĺbka pôdy: 10 cm, zoznam druhov cievnatých rastlín: *Juncus trifidus*, *Agrostis pyrenaica*, *Avenula versicolor*, *Festuca supina*, *Oreochloa disticha*, *Campanula alpina*, *Hieracium alpinum*, *Vaccinium vitis-idaea*

- Zápis č. 2: 1828 m. n. m., 49° 13' 05" severnej šírky, 19° 40' 00" východnej dĺžky, priemerná hĺbka pôdy: 15 cm, zoznam druhov cievnatých rastlín: *Juncus trifidus*, *Agrostis pyrenaica*, *Avenula versicolor*, *Avenella flexuosa*, *Carex atrata*, *Festuca supina*, *Hieracium alpinum*, *Salix herbacea*, *Ligusticum mutellina*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Leucanthemopsis alpina*, *Pedicularis oederi*, *Euphrasia tatrae*
- Zápis č. 3: 1815 m. n. m., 49° 13' 09" severnej šírky, 19° 39' 55" východnej dĺžky, priemerná hĺbka pôdy: 27 cm, zoznam druhov cievnatých rastlín: *Avenella flexuosa*, *Carex atrata*, *Carex lachenalii*, *Agrostis pyrenaica*, *Salix herbacea*, *Pedicularis oederi*, *Ligusticum mutellina*, *Alchemilla* sp., *Leucanthemopsis alpina*, *Omalotheca supina*, *Euphrasia tatrae*

- a) V ktorom z uvedených zápisov je najvyššie druhové bohatstvo?
- b) Aké faktory pravdepodobne spôsobili, že práve v tomto zápise je najvyššie druhové bohatstvo?
- A) Ide o spoločenstvo rastúce na vysoko položenom vyfúkavanom hrebeni, ktoré má k dispozícii množstvo živín a vlhky, vyskytujú sa tu preto mnohé endemity.
- B) Na tomto stanovisku sú k dispozícii podmienky (napr. zdroj živín, dostatok vody), ktoré umožňujú rast druhov, ktoré sa na okolitých stanoviskách nenachádzajú.
- C) Ide o hranicu medzi vyfúkavaným hrebeňom svahu a snehovým výležískom, vyskytujú sa tu preto druhy charakteristické pre obe spoločenstvá.
- D) Čím je nižšia nadmorská výška, tým viac druhov dokáže na danom stanovišti prežiť vďaka priaznivejším podmienkam prostredia.
- c) Akým termínom sa označujú takéto spoločenstvá?
- A) dominantné
- B) fytocenózne
- C) klimaxové
- D) ekotonové
- E) supradiverzitné
- F) eutrofné

Metóda fytocenologických zápisov nie je zaujímavá iba z hľadiska katalogizácie druhov vyskytujúcich sa na danej lokalite. Samozrejme, detailné mapovanie výskytu endemitov, ohrozených a chránených druhov môže pomôcť ich efektívnejšej ochrane. Porovnanie fytocenologických zápisov z minulosti s dnešnými výsledkami však môže priniesť aj poznatky o dynamike populácií, o tom, ako meniace sa podmienky prostredia ovplyvňujú druhové zloženie vysokohorských biotopov. V neposlednom rade, skúmanie druhového zloženia lokalít s odlišnými podmienkami nám môže pomôcť lepšie pochopiť faktory, ktoré ovplyvňujú biodiverzitu alpínskych holí.

V tabuľke č. 1 môžete vidieť súhrnné údaje z hypotetického mapovania botanickej biodiverzity Západných a Vysokých Tatier. Tabuľka je rozdelená na zápisy urobené na kyslom (silikátovom) alebo bázičkom (vápnitom) geologickom podloží.

Bázičké, vápnité podložie (vápence, dolomity)		Kyslé, silikátové podložie (žula)	
Číslo zápisu	Počet druhov	Číslo zápisu	Počet druhov
1	31	1	19
2	30	2	11
3	29	3	13
4	22	4	12
5	34	5	9
6	27	6	15
7	35	7	12
8	37	8	21
9	28	9	13
10	34	10	22
11	39	11	10
12	29	12	12
13	32	13	9
Rozptyl nameraných dát	20,73	Rozptyl nameraných dát	18,90

Tabuľka 1: Súhrnné údaje z fytoecologických zápisov vo vybraných lokalitách v biotope alpínskych holí.

5. úloha:

- a) Ktorá z nasledujúcich hypotéz najlepšie vystihuje pozorovania zaznamenané v tabuľke č. 1?
 - A) Druhové bohatstvo na silikátovom podloží je vyššie než na vápnitom podloží.
 - B) Druhové bohatstvo na vápnitom podloží je vyššie než na silikátovom podloží.
 - C) Druhové bohatstvo spoločenstiev silikátových a vápnitých podloží je rovnaké.
- b) Odôvodnite svoj výber v úlohe 5a výpočtom. (V tejto aj ďalších úlohách zaokrúhľujte na dve desatinné miesta.)

Na základe vzorky dát, ako vidíme napríklad v tabuľke č. 1, si výskumník dokáže vytvoriť hypotézu o danom prírodnom fenoméne, tak, ako ste to urobili vy v úlohe 5a. Dá sa však na tieto dáta spoľahnúť? Je možné, že vybrané dáta nie sú reprezentatívnou vzorkou celej vysokohorskej flóry a my tak na základe nevhodných dát stanovíme mylné predpoklady? S takýmito problémami sa dokáže vysporiadať štatistická analýza. Štatistické testy síce nedokážu povedať s určitosťou, či je daná hypotéza chybná alebo nie, dokážu však predpovedať pravdepodobnosť, s akou by sme mohli pozorovať namerané dáta, keby naša hypotéza v skutočnosti neplatila. Ak je táto pravdepodobnosť prijateľne nízka, napr. 1 % alebo 0,1 %, vedci sa spravidla rozhodnú danú hypotézu akceptovať ako pravdepodobne správnu interpretáciu skutočnosti.

Vhodným štatistickým testom na porovnanie priemerov dvoch súborov dát je *Studentov t-test*. Tento test umožňuje otestovať, či sa priemerná hodnota daného parametra dvoch súborov dát *štatisticky významne* odlišuje. Pojem „štatisticky významne“ tu pritom znamená, že pravdepodobnosť, že pozorované rozdiely sú iba výsledkom náhody, je nižšia, ako nami stanovená prijateľná hranica (napr. vyššie uvedené 1 alebo 0,1 %).

V t-teste sa počíta tzv. *t-hodnota*. Pri výpočte t-hodnoty sa samozrejme zohľadňuje samotný rozdiel medzi priermi dvoch súborov. Toto číslo však nestačí, pretože rozdiel medzi priermi môže byť aj dôsledkom *štatistického šumu*, teda náhodných odchýlok v nameraných dátach. Okrem rozdielu medzi priermi tak pri výpočte t-hodnoty vstupuje do vzorca aj tzv. *stredná chyba rozdielu medzi priermi* (SE). SE vypočítame ako

$$SE = \sqrt{\frac{var_A}{n_A} + \frac{var_B}{n_B}},$$

kde var_A a var_B sú rozptyly obidvoch súborov a n_A a n_B počty meraní v každom súbore (v našom prípade teda počty zápisov). Rozptyl sa dá vypočítavať podľa vzorca

$$var = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{(x_1 - \bar{x})^2}{n - 1} + \frac{(x_2 - \bar{x})^2}{n - 1} + \dots + \frac{(x_n - \bar{x})^2}{n - 1},$$

kde x je priemer daného súboru a x_1, \dots, x_n sú hodnoty jednotlivých meraní, ktorých celkový počet je n .

Samotná t-hodnota sa vypočíta ako podiel rozdielu priemerov a strednej chyby rozdielu medzi priermi, t. j.

$$t\text{-hodnota} = \frac{\bar{x}_A - \bar{x}_B}{SE},$$

kde x_A , x_B sú priemery súborov A a B. (Pre zjednodušenie budeme uvažovať iba kladné t-hodnoty, teda $x_A > x_B$.) Vypočítaná t-hodnota sa potom porovná s tabuľkovou t-hodnotou pre počet stupňov voľnosti pre dané porovnanie (súčet počtu meraní v oboch súboroch mínus 2, teda $n_A + n_B - 2$).

6. úloha: Za predpokladu, že veľkosť a rozptyl sa ani pre jeden pozorovaný súbor nemenia, platí, že:

- A) čím väčší je rozdiel medzi priemermi, tým vyššia t-hodnota,
- B) čím menší je rozdiel medzi priemermi, tým vyššia t-hodnota.

Pri overovaní, či je rozdiel medzi priemermi dvoch súborov štatisticky významný sa spravidla stanovujú dve vzájomne sa vylučujúce hypotézy. Nulová hypotéza, označovaná aj H_0 , konštatuje rovnosť priemerov pozorovaných súborov a naopak, tzv. *výskumnícka hypotéza* alebo H_1 predpokladá, že pozorované súbory sa v priemere meranej veličiny odlišujú. V prípade t-testu je výsledkom počítania t-hodnota. Vypočítanú t-hodnotu je treba v referenčnej tabuľke (Tab. 2) vyhľadať v riadku, ktorý zodpovedá príslušnému počtu stupňov voľnosti. Z tejto tabuľky môžeme odčítať, akej P hodnote zodpovedá nami vypočítaná t-hodnota. Hodnota P je pravdepodobnosť, s ktorou by sme pozorovali namerané dáta, keby platila nulová hypotéza. Ak je táto pravdepodobnosť dostatočne malá (napr. 1 % alebo 0,1 %), nulovú hypotézu zamietneme a výskumnícku hypotézu (H_1) vyhlásime za platnú. V tom prípade môžeme hovoriť, že to, čo tvrdí výskumnícka hypotéza, je štatisticky významné.

7. úloha: Overte t-testom, či je štatisticky významný rozdiel medzi počtom druhov v biotope alpských holí na vápnitom a silikátovom podloží. Ako hraničnú hodnotu použite P hodnotu 1 %, resp. 0,01.

a) Uvedte znenie nulovej hypotézy (H_0) pre túto analýzu:

b) Uvedte znenie alternatívnej, výskumníckej hypotézy (H_1) pre túto analýzu:

- c) Vypočítajte t-hodnotu. (Uvedte kompletný výpočet.)
- d) Uvedte počet stupňov voľnosti pre vykonávaný test, vrátane výpočtu.
- e) Aká P hodnota prislúcha vypočítanej t-hodnote? (Ak ju neviete z tabuľky presne určiť, odhadnite, v akom je rozmedzí, napr. $0 < P < 20$ alebo $P > 47$).
- f) Za predpokladu, že hypotéza H_0 platí, aká je pravdepodobnosť, že by sme pozorovali dáta uvedené v tabuľke 1?
- g) Ktorá z uvedených možností správne interpretuje výsledok vykonaného t-testu?
- A) Hypotézu H_0 zamietame, prijímame výskumnícku hypotézu.
 - B) Hypotézu H_1 zamietame, prijímame výskumnícku hypotézu.
 - C) Hypotézu H_0 zamietame, prijímame nulovú hypotézu.
 - D) Hypotézu H_1 zamietame, prijímame nulovú hypotézu.
- h) Ktorá/ktoré z nasledujúcich možností správne interpretuje/ú výsledok t-testu vzhľadom na druhovú bohatosť alpínskych holí?
- A) Medzi druhovým bohatstvom na bázičkom a acidickom podloží nie je štatisticky významný rozdiel.
 - B) Počet druhov na silikátovom a vápniťom podloží sa štatisticky významne nelíši.
 - C) Druhová bohatosť je štatisticky významne odlišná na vápniťom a silikátovom podloží.
 - D) Medzi bázičkým a vápniťým podložím je štatisticky významný rozdiel v počte druhov mapovaných rastlín.

8. úloha: Bez ohľadu na výsledok t-testu, predchádzajúce botanické práce ukázali, že druhová bohatosť biotopov vápnatých podloží je najmä v strednej Európe vyššia, ako druhová bohatosť na silikátových podložiach. Vedci sa však celkom nezhodujú na tom, aké sú dôvody týchto rozdielov. Ktoré z nasledujúcich možností prichádzajú do úvahy ako logické vysvetlenia tohto fenoménu?

- A) Nižšia druhová diverzita na silikátových podložiach je spôsobená menším absolútnym rozsahom takýchto biotopov – biotopy s acidickým podložíom tvoria väčšinu (~70 %) skúmaných botanických biotopov.
- B) V období pleistocénu došlo náhodne k výraznému efektu hrdla fľaše práve v skupine druhov rastúcich na pôdach s kyslým podložíom, preto je ich druhové bohatstvo nižšie.
- C) Pôdy na kyslom podloží sú z hľadiska uvoľňovania živín z materskej horniny v forme dostupnej pre rastliny efektívnejšie a dostatok živín môže stimulovať speciáciu.
- D) V období pleistocénu, v čase, keď bolo množstvo refugiálnych biotopov na minime, prevažovali ako dostupné refúgiá najmä biotopy bázických podloží, pričom nedostatok biotopov acidických podloží viedol k výraznej extinkcii druhov tohto typu biotopov.
- E) Všetky vyššie uvedené.

P hodnota →	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005
Stupne vol'nosti ↓						
1	3.078	6.314	12.706	31.82	63.657	127.321
2	1.886	2.92	4.303	6.965	9.925	14.089
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773
6	1.44	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029
8	1.397	1.86	2.306	2.897	3.355	3.833
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.25	3.69
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428
13	1.35	1.771	2.16	2.65	3.012	3.372
14	1.345	1.761	2.145	2.625	2.977	3.326
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286
16	1.337	1.746	2.12	2.584	2.921	3.252
17	1.333	1.74	2.11	2.567	2.898	3.222
18	1.33	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153
21	1.323	1.721	2.08	2.518	2.831	3.135
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119
23	1.319	1.714	2.069	2.5	2.807	3.104
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.09
25	1.316	1.708	2.06	2.485	2.787	3.078
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038
30	1.31	1.697	2.042	2.457	2.75	3.03
31	1.309	1.695	2.04	2.453	2.744	3.022
32	1.309	1.694	2.037	2.449	2.738	3.015
33	1.308	1.692	2.035	2.445	2.733	3.008
34	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728	3.002
35	1.306	1.69	2.03	2.438	2.724	2.996
36	1.306	1.688	2.028	2.434	2.719	2.991
37	1.305	1.687	2.026	2.431	2.715	2.985
38	1.304	1.686	2.024	2.429	2.712	2.98
39	1.304	1.685	2.023	2.426	2.708	2.976
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971
42	1.302	1.682	2.018	2.418	2.698	2.963
44	1.301	1.68	2.015	2.414	2.692	2.956
46	1.3	1.679	2.013	2.41	2.687	2.949
48	1.299	1.677	2.011	2.407	2.682	2.943
50	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	2.937
60	1.296	1.671	2	2.39	2.66	2.915
70	1.294	1.667	1.994	2.381	2.648	2.899
80	1.292	1.664	1.99	2.374	2.639	2.887
90	1.291	1.662	1.987	2.369	2.632	2.878
100	1.29	1.66	1.984	2.364	2.626	2.871

Tabuľka 2: T-hodnoty prislúchajúce daným stupňom vol'nosti a P hodnotám.

Autor: Mgr. Katarína Juríková
Recenzia: Lukáš Janošik
Redakčná úprava: doc. Mgr. Miroslava Slaninová, PhD.
Slovenská komisia Biologickej olympiády
Vydal: IUVENTA Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2016