

# Pôdne organizmy ako indikátor kvality a environmentálneho stresu v pôdnom ekosystéme

*Fazekašová, D., Bobulská, L.: Soil Organisms as an Indicator of Quality and Environmental Stress in the Soil Ecosystem. Životné prostredie, 2012, 46, 2, p. 103 – 106.*

Quality or health of soil is a measurement of soil state and a capacity of soils to preserve water and air quality, to promote the production and quality of plants and animals and to promote human health at the specific land use and within the landscape and climatic conditions. Own activity of soil organisms significantly improves the quality and soil fertility, and most of the soil organisms are sensitive to different changes and therefore are used in the biomonitoring of the soil environment. The most active component of soil biocenosis are microorganisms and their role in soil ecosystem is vital. Soil microbial parameters appear to be very useful in the monitoring of environmental pollution. In comparison with higher organisms, microorganisms respond very quickly to environmental stresses and changes in microbial diversity, or their activities can lead to changes in physical and chemical properties, leading to the early detection of soil degradation.

**Key words:** quality and soil health, soil degradation, soil bio-indicators, macro- and microedaphon

Pôda predstavuje rozhodujúci prírodný zdroj a súčasne aj ekonomický a sociálny potenciál. Umožňuje produkovať potraviny a suroviny, recykluje odpady, tvorí lesopoľnohospodársku krajinu, filtruje a zadržava vodu, umožňuje využívať a zhodnocovať slnečnú energiu, zabezpečuje kolobeh a bilanciu látok v prírode, udržiava diverzitu rastlinných a živočíšnych druhov a primárne formuje kvalitu životného prostredia. Je zdrojom a kultúrnym dedičstvom Zeme, je istotou života a spoločenského bytia obyvateľstva.

Hospodárenie na pôde je plošne najrozšírenejšou envirotechnológiou so svojimi pozitívnymi i negatívnymi prejavmi. Využíva základný prírodný zdroj a súčasne ovplyvňuje iné prírodné prostredie. Preto je biologizácia hospodárenia na pôde dominantným záujmom poľnohospodárov, ale aj environmentalistov. Rešpektovanie princípu udržateľnosti pôdy, ako aj ostatných zložiek prostredia, je základným predpokladom udržateľnosti života. Z hľadiska udržateľného hospodárenia na pôde sú dôležité poznatky o degradácii pôdy. Fyzikálna degradácia pôdy sa prejavuje upchávaním pórov a tvorbou prísušku, stratou pôdy eróziou, kompakciou. K prejavom chemickej degradácie patrí najmä zníženie obsahu pôdnej organickej hmoty (humusu), acidifikácia, alinizácia, strata živín vyplavením,

znečistenie škodlivinami. Biologická degradácia sa v konečnom dôsledku spája so znížením biodiverzity prostredia. Pôda je sama osebe environmentálnym filtrom, ktorý sa zbavuje nežiaducich tuhých a plyných zložiek z vody a zo vzduchu.

V súčasnosti mnoho výskumov vyzdvihuje význam pôdy a jej zložiek v procese sekvestrácie uhlíka a v jeho ovplyvňovaní klimatických zmien spôsobených hlavne uvoľňovaním veľkého množstva CO<sub>2</sub> a iných skleníkových plynov do atmosféry. Zároveň obracia svoju pozornosť na predikciu možných „chemických časovaných bômb“ v pôdnom kryte ako dôsledok doterajšieho hospodárenia na pôde a nepoľnohospodárskych vplyvov na pôdu, ako aj bioindikácie jej poškodenia.

Spoločenstvá pôdnych organizmov (edafón) majú priamy a nepriamy dopad na produktivitu krajiny, sú dôležitým prvkom terestriálnych ekosystémov, hoci predstavujú len o niečo menej ako 0,5 % z celkového objemu pôdy a 10 % z celkovej organickej hmoty v pôde. Majú nezastupiteľnú úlohu pri dekompozícii organickej hmoty, v kolobehu uhlíka, dusíka, síry, fosforu, transformácii a degradácii rôznych odpadových a toxických látok a pod. V tomto kontexte sa vplyv pôdnych organizmov stáva kľúčovým komponentom stratégie vedúcej k udržateľnosti pôdneho ekosystému.

## Vymedzenie a hodnotenie parametrov kvality pôdy

Kvalitu pôdy vo významnej miere ovplyvňujú fyzikálne, chemické, biologické a biochemické vlastnosti, ktoré sú citlivé na zmeny prostredia a pôdneho manažmentu. Vo významnej miere o kvalite pôdy rozhoduje jej organická hmota, nakoľko spája pôdne častice, stabilizuje pôdu, čím znižuje riziko erózie, zvyšuje retenčnú vodnú a kationovú výmennú kapacitu a v neposlednom rade zmiernuje negatívne pôsobenie pesticídov, ťažkých kovov a iných polutantov. V konečnom dôsledku tak bezprostredne ovplyvňuje produkciu biomasy (Yakovchenko et al., 1996; Bujnovský, Juráni, 1999). Hlavným kvalitatívnym znakom, ktorým sa pôda odlišuje od horniny, je úrodnosť. V súčasnosti sa úrodnosť pôdy hodnotí z hľadiska ekologického, prípadne environmentálneho, a preto dominuje v novej literatúre pojem kvalita pôdy. Vyjadruje schopnosť pôdy zabezpečovať ekologické funkcie pri jej konkrétnom spôsobe využitia (Bujnovský, Juráni, 1999). Doran, Parkin (1994) ponímajú kvalitu pôdy v širšom kontexte. Kvalitu pôdy chápu ako kapacitu pôdy fungovať v rámci prirodzeného alebo antropogénne ovplyvneného ekosystému, udržiavať produkciu rastlín a živočíchov, zachovávať kvalitu vody a vzduchu a podporovať zdravie rastlín, živočíchov a človeka. Johnson et al. (1997) chápe termín z environmentálneho kontextu tak, že meradlom stavu pôdy je jej kvalita spojená s potrebou jedného alebo viacerých biologických druhov alebo človeka samotného. Harris et al. (1996) uvádza, že kvalita pôdy je mierou schopnosti pôdy zachovávať kvalitu vody a ovzdušia, podporovať produkciu a kvalitu rastlín i živočíchov a podporovať zdravie človeka pri danom spôsobe využívania pôdy a vo vnútri krajinných a klimatických podmienok. Kvalita pôdy sa v literatúre nahrádza pojmom zdravie pôdy. Použitie pojmu kvalita pôdy je spojené s dobrou kondíciou pôdy pre jej špecifické využitie a pojem zdravie pôdy je v širšom slova zmysle ochrana a zvyšovanie biologickej produktivity, environmentálnej kvality a podpora zdravia všetkých žijúcich foriem, vrátane človeka. V tomto ponímaní môže byť zdravie pôdy synonymom udržateľnosti pôdneho ekosystému (Doran, Zeiss, 2000). Pôdne zdravie, biodiverzita a resiliencia pôdy sú v extrémnych životných prostrediach kriticky limitované a veľmi citlivo reagujú na antropogénne vplyvy. Len zdravá pôda je schopná zadržiavať živiny, znižovať množstvo kontaminantov a iných rozpustných látok v pôde cez sorpciu a viazať ich na ílové častice a organický materiál.

## Indikátory kvality pôdy

Kvalitu pôdy nemožno stanoviť priamo, ale treba ju odvodiť zo zmien jej parametrov čiže indikátorov. Prakticky sa využíva stanovenie celého spektra vhodných indikátorov. Spravidla by mali korelovať s procesmi v ekosystéme, integrovať fyzikálne, chemické a biologické

vlastnosti pôd a procesy v nich prebiehajúce a slúžiť ako základný vstup potrebný k odhadu pôdnych vlastností alebo funkcií, ktoré je ťažko merať priamo (Javoreková a kol., 2008). Názory na vymedzenie hodnotenia kvality pôdy a jej parametrov sú v odbornej literatúre rôzne. Rozhodujúcimi parametrami kvality pôdy vo vzťahu k zabezpečovaniu produkčnej funkcie sú: hĺbka pôdy nad 1 m, svahovitosť do 5%, obsah skeletu v ornici do 10%, zrnitostné zloženie – stredne ťažká hlinitá pôda s primeraným obsahom ílových (20%), prachových (50%) a pieskových (30%) častíc, objemová hmotnosť 1,15 – 1,46 t.m<sup>-3</sup>, celkový objem pórov 40 – 50%, index pórovitosti okolo hodnoty 1, rýchlosť vsakovania vody nad 30 mm za prvú hodinu, retenčná vodná kapacita 80 – 90 mm v ornici a 200 – 300 mm v podornici, hodnoty sorpčnej kapacity v ornici 15 – 18 cmol.kg<sup>-1</sup>, obsah humusu v ornici nad 2%, pH<sub>KCl</sub> v rozpätí 5,6 – 7,2, žiadny výskyt toxických látok vo všetkých vrstvách pôdy. Biologické indikátory by mali byť dostatočne citlivé, aby odrážali zmeny v prostredí pôdy a súčasne by mali mať vysokú výpovednú hodnotu. Z praktického hľadiska je dôležité, aby boli jednoduché a ekonomicky dostupné (Doran, Parkin, 1994). Pri výbere parametrov kvality pôdy významnú úlohu zohráva ich variabilita v čase, ktorá súvisí so stabilitou parametrov. Bujnovský, Juráni (1999) rozlišujú stabilné parametre pôdy (napr. hĺbka pôdy, zrnitosť pôdy), relatívne stabilné (obsah solí, obsah organickej hmoty v pôde, kontaminácia pôdy ťažkými kovmi), relatívne dynamické (pH pôdy, obsah živín) a dynamické (vlhkosť a teplota pôdy, mikrobiálna aktivita a pod.). Stabilné a relatívne stabilné parametre pôdy dominantne ovplyvňujú kvalitu pôdy, zatiaľ čo relatívne dynamické a dynamické vlastnosti pôdy viac súvisia s jej krátkodobými, resp. dlhotrvajúcimi zmenami v závislosti od ich včasnej a účinnej eliminácie.

Doran, Parkin (1994) uvádzajú nasledovné indikátory kvality pôdy:

- fyzikálne parametre – zrnitosť pôdy, hĺbka pôdy a hĺbka prekorenenia pôdy, stabilita agregátov, objemová hmotnosť, infiltrácia, retenčná vodná kapacita, retenčné charakteristiky, obsah vody, teplota vody;
- chemické parametre – celkový uhlík a dusík, pH, elektrická vodivosť, minerálny N (N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub>), obsah fosforu a draslíka;
- biologické parametre – uhlík a dusík biomasy mikroorganizmov, potenciálne mineralizovateľný N, respirácia pôdy, pomer uhlíka biomasy mikroorganizmov k celkovému organickému uhlíku, pomer respirácie k biomase mikroorganizmov.

## Pôdne organizmy ako indikátor kvality pôdy

Biodiverzita pôdy je pravdepodobne najdôležitejšia na udržanie funkcie ekosystému v narušenom prostredí a môže byť merateľná priamo (ako druhová bohatosť) alebo nepriamo pomocou štandardizovaných postupov

(rôznych indexov). Funkčnosť pôdnych procesov môže byť meraná pomocou stanovenia aktivity pôdnych enzýmov, mineralizácie živín, potenciálnej nitrifikácie, pôdnej respirácie atď. (Fazekašová a kol., 2011).

Ako bioindikátory pôdneho prostredia a hodnotenia jeho kvality sa využívajú zástupcovia rôznych tried. Vhodným indikátorom kvality pôd je použitie hlístovcov, mrlíc, roztočov, chvostoskokov, dážďoviek atď. Podľa Javorekovej a kol. (2008) dobrým indikátorom aktívneho spoločenstva hlístovcov, mikroflóry a dekompozičnej činnosti v pôdach trávnatých plôch je vysoká diverzita hlístovcov. Tieto spoločenstvá môžu slúžiť aj ako bioindikátory klimatických zmien (Čerevková, Renčo, 2008). Na základe zmien vo výskyte skupín hlístovcov možno zisťovať aj vplyv ťažkých kovov. Veľmi citlivo na obsah  $SO_4$  v pôde a opade reagujú pomalšie, ktoré môžu včas signalizovať environmentálne stresy v pôdnom ekosystéme. Za bioindikátorov stanovíša a pôdnych podmienok sa považujú niektorí zástupcovia roztočov a spolu s chvostoskokmi patria k najpočetnejším zástupcom pôdnej fauny. Vzhľadom na to, že akumulujú ťažké kovy, sú vhodné na bioindikáciu kovmi zaťažených pôd. Najlepšími indikátormi kvality pôd sú dážďovky kvôli ich jednoduchšej identifikácii. Môžu sa používať ako biomarkery na zisťovanie účinkov polutantov alebo pri sledovaní subletálnych dávok toxických látok. Niektoré druhy dážďoviek sú schopné zvýšiť prístupnosť živín v pôde (fosforu a draslíka) pre rastliny, zvyšovať pôdne pH a tým imobilizovať ťažké kovy v pôde (olovo a zinok) pravdepodobne prostredníctvom uvoľňovania látok tvorených špecifickými procesmi vnútri ich organizmu. Ako indikátory kvality pôdy sa veľmi často a efektívne používajú mikrobiologické charakteristiky, pretože veľký povrch, reaktivita, rozšírenie, generačná doba a diverzita pôdnej mikroflóry umožňujú v podstate okamžitú reakciu na akýkoľvek podnet (Kubát a kol., 2002). Mikrobiálne parametre sa javia ako užitočné v monitorovaní znečistenia pôdy ťažkými kovmi, no stanovenie iba jedného atribútu nemá pre pôdu a jej zmeny v prostredí žiadnu výpovednú hodnotu. Preto je potrebné zohľadňovať viacero významných mikrobiálnych aktivít, ako napr. respiráciu pôdy, mineralizáciu uhlíka a dusíka, fixáciu biologického  $N_2$ , aktivitu pôdnych enzýmov alebo pôdnu mikrobiálnu biomasu.

\* \* \*

Kvalita alebo zdravie pôdy je meradlom stavu pôdy a mierou jej schopnosti zachovávať kvalitu vody a ovzdušia, podporovať produkciu a kvalitu rastlín i živočíchov a podporovať zdravie človeka pri danom spôsobe využívania pôdy a vo vnútri krajinných a klimatických podmienok. Vyjadruje schopnosť pôdy zabezpečovať ekologické funkcie pri jej konkrétnom spôsobe využitia. Kvalitu pôdy vo významnej miere ovplyvňujú fyzikálne, chemické, biologické a bioche-

mické vlastnosti, ktoré sú citlivé na zmeny prostredia a pôdneho manažmentu.

Pôdne prostredie je najväčším komplexom biologického spoločenstva, ktoré je výrazne rôznorodé a prispieva k širokej škále služieb pre pôdny ekosystém, čo je výhodné pre udržateľný život prirodzeného a riadeného ekosystému. Edafón sa svojou činnosťou vo významnej miere podieľa na zvyšovaní kvality a úrodnosti pôdy. Väčšina týchto pôdnych organizmov je citlivá na rôzne zmeny, a preto sa využívajú pri biomonitoringu pôd. Najaktívnejšou zložkou pôdnej biocenózy sú mikroorganizmy a ich úloha je v pôdnom ekosystéme nezastupiteľná.

Je pomerne veľkým problémom merať a hodnotiť kvalitu pôdy. Ako indikátory kvality pôdy sa veľmi často a efektívne používajú biologické charakteristiky, ktoré musia byť dostatočne citlivé, aby odrážali zmeny v prostredí pôdy a súčasne mali vysokú výpovednú hodnotu. Užitočnými v monitorovaní environmentálneho znečistenia pôdy sa javia mikrobiálne parametre, no stanovenie iba jedného atribútu nemá pre pôdu a jej zmeny v prostredí žiadnu výpovednú hodnotu. Preto je potrebné zohľadňovať viacero významných mikrobiálnych aktivít, ako napr. respiráciu pôdy, mineralizáciu uhlíka a dusíka, fixáciu biologického  $N_2$ , aktivitu pôdnych enzýmov alebo pôdnu mikrobiálnu biomasu. Mikroorganizmy, v porovnaní s vyššími organizmami, veľmi rýchlo odpovedajú na environmentálne stresy a zmeny v mikrobiálnej diverzite alebo jej aktivite, môžu viesť k zmenám fyzikálnych a chemických vlastností pôdy, a tým k skorému odhaleniu degradácie pôdy.

*Práca vznikla za finančnej podpory grantov VEGA 1/0601/08 Vplyv biotických a abiotických faktorov na udržanie trvalosti ekosystémov a 1/0627/12 Diverzita, resiliencia a zdravie ekosystémov v rôzne využívaných a zaťažených územiach v antropogénnej krajine.*

## Literatúra

- Bujnovský, R., Juráni, B.: Kvalita pôdy – jej vymedzenie a hodnotenie. Bratislava: VUPOP, 1999, 42 s.
- Čerevková, A., Renčo, M.: Spoločenstvá nematód ako odraz ekologického stavu pôdneho prostredia. Životné prostredie, 2008, 42, 3, s. 145 – 148.
- Doran, J. W., Parkin, T. B.: Defining and Assessing Soil Quality. In: Doran, J. W., Coleman, D. C., Bezdíček, D. F., Stewart, B. A. (eds.): Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Special Publication, 1994, 35, p. 3 – 21.
- Doran, J. W., Zeiss, M. R.: Soil Health and Sustainability: Managing the Biotic Component of Soil Quality. Applied Soil Ecology, 2000, 15, p. 3 – 11.
- Fazekašová, D., Bobuľská, L., Macková, D.: Biodiversity and Environment Quality in the Conditions of Ecological Farming on Soil. Növénytermelés, 2011, 60, Suppl., p. 427 – 430.

- Harris, W. G. et al.: Phosphorus Retention as Related to Morphology of Sandy Coastal Plain Soil Materials. Soil Science Society of American Journal, 1996, 60, 5, p. 1513 – 1521.
- Javoreková, S. a kol.: Biológia pôdy v agroekosystémoch. Nitra: SPU v Nitre, 2008, 349 s.
- Johnson et al.: Meanings of environmental terms. Journal of Environmental Quality. 1997, 26, p. 581 – 589.
- Kubát, J., Nováková, J., Cerhanová, D.: Výskyt a aktivita pôdných mikroorganizmů ve dlouhodobých polních pokusech na orné půdě. In: Tesařová, M., Záhora, J. (eds): Biologické indikátory kvality půd. Brno: MZLU, 2002, s. 18 – 25.
- Yakovchenko, V. I., Sikora, L. J., Kaufman, D. D.: A Biologically Based Indicator of Soil Quality. Biology and Fertility of Soils, 1996, 21, p. 245 – 251.

**Doc. Ing. Danica Fazekášová, PhD.,**

*danica.fazekasova@unipo.sk*

**Ing. Lenka Bobuľská, bobulska.lenka@gmail.com**

**Katedra ekológie Fakulty humanitných a prírodných vied Prešovskej univerzity v Prešove, 17. novembra 1, 081 16 Prešov**

## RECENZIE

### Tatry očami mladej vedkyne

**Piscová, V.: Zmeny vegetácie Tatier na vybraných lokalitách ovplyvnených človekom. Bratislava: Veda, vydavateľstvo SAV, 2011, 228 strán, ISBN 978-80-224-1220-9**

Tatry, vďaka svojej majestátosti, vzbudzujú v mysliach návštevníkov obdiv, úctu a rešpekt. Ich prírodné krásy oslovujú ľudí všetkých vekových kategórií, sú cieľom turistických vychádzok, športových aktivít, miestom, kde hľadáme duševnú rovnováhu a odpočinok. Potreba chrániť osobitú prírodnú hodnotu Tatier bola završená v roku 1949 vyhlásením prvého národného parku bývalej ČSR – Tatranského národného parku (TANAPu). Založenie národného parku bolo nesporné dôležitým míľnikom v ochrane prírody tejto jedinečnej oblasti, no nárast civilizácie od povojnových rokov sa aj tu odrazil vo zvyšujúcej sa návštevnosti a jej negatívnych vplyvoch na prírodné hodnoty. Neúnosné využívanie tatranskej prírody nakoniec vyústilo do uzavretia Belianskych Tatier v roku 1978. Odpoveďou vedeckej obce na vzniknutú situáciu boli výskumné práce

zamerané na štúdium vplyvu človeka na vysokohorské ekosystémy. Aktuálne výsledky štúdia dôsledkov ľudských aktivít na vegetáciu subalpínskeho a alpínskeho stupňa Tatier ponúka práca Mgr. Veroniky Piscovej, PhD., pracovníčky Ústavu krajinskej ekológie SAV.

Prvé kapitoly monografie sú venované stručnej charakteristike prírodných pomerov a súčasnému stavu územnej a druhovej ochrany TANAPu, vyplývajúcej z právnych noriem Slovenskej republiky, ako aj jej členstva v Európskej únii. Tretia kapitola je doplnená enumeráciou vzácnych, ohrozených a endemických taxónov a biotopov záujmového územia. Výskum zmien flóry a vegetácie vybraných turistických chodníkov, odpočívadiel a ich okolia sa uskutočnil v Belianskych a časti Vysokých Tatier, ktoré patria medzi najnavštevovanejšie v skúmanej oblasti. Výber tematického zamerania práce, ako aj záujmového územia logicky nadväzuje na výsledky dlhoročného výskumu vysokohorskej vegetácie na uvedenom pracovisku.

S cieľom získania čo najpresnejších výsledkov použila autorka na jednej strane štandardné postupy pre fytoocenologické, ekologické, ako aj štatistické spracovanie analytických

dát, ale aj postupy upravené, aby sa čo najvernejšie priblížila reálnemu vplyvu zošľapovania na vegetáciu. Pre objektívne posúdenie únosnej kapacity turistických chodníkov je totiž nevyhnutné analyzovať nielen ich abiotické vlastnosti, ale podľa autorky je potrebné venovať rovnakú pozornosť aj vegetácii ich okolia, vystavenej silnému antropickému vplyvu.

Pozornému čitateľovi kapitol 5 až 10 je zrejme, že autorka riešila uvedenú problematiku komplexne. V kapitolách 5 a 6 uvádza výsledky fytoocenologických a floristických prác, vyčleňuje syntaxonomické jednotky, hodnotí výskyt pôvodných, synantropných a apofytických druhov rastlín v okolí vybraných sprístupnených turistických chodníkov (Tatranská Javorina → Kopské sedlo, Kopské sedlo → Veľké Biele pleso, Široké sedlo → Kopské sedlo), dvoch uzavretých turistických chodníkov (Široké sedlo → Ždiarska vidla, Vyšné Kopské sedlo → Zadné Jatky → Predné Jatky → Skalné vráta → chata Plesnivec) a šiestich odpočívadiel (Studnička, Kopské sedlo, Predné Kopské sedlo, Veľké Biele pleso, Vyšné Kopské sedlo, Široké sedlo). Detailné poznanie flóry a vegetácie územia bolo základom pre hodnotenie vplyvu