

AKTUÁLNY STAV A VÝVOJ DEGRADAČNÝCH PROCESOV V POĽNOHOSPODÁRSKYCH PÔDACH SLOVENSKA

CURRENT STATE AND DEVELOPMENT OF DEGRADATION PROCESSES IN AGRICULTURAL SOILS OF SLOVAKIA

Jozef KOBZA, Gabriela BARANČÍKOVÁ, Rastislav DODOK, Jarmila MAKOVNÍKOVÁ,
Boris PÁLKA, Ján STYK, Miloš ŠIRÁŇ

Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum - Výskumný ústav pôdoznanectva
a ochrany pôdy, Bratislava, e-mail: jozef.kobza@nppc.sk

Abstract: *Current state and development of soil properties according to main threats to soil (soil acidification, salinization and sodification, soil contamination, decline in soil organic matter and available macro- and micronutrients, soil erosion and compaction) based on soil monitoring system in Slovakia are evaluated in this paper. Based on obtained results under the most frequent degradation processes belong physical degradation processes - soil compaction and erosion where about 52 % of agricultural land is potentially affected by soil erosion in Slovakia. Chemical degradation processes running gradually, e. g. soil acidification, soil contamination - the soils that have been contaminated in the past, are contaminated also at present. There is < 1 % contaminated soils of agricultural land in Slovakia.*

Key words: *soil monitoring, soil degradation processes, agricultural soils, Slovakia*

Úvod

Okrem prirodzeného vývoja pôd, kedy pôdy nadobúdajú určité vlastnosti, k uvedeným vývojovým tendenciám pristupuje navyše aj vplyv človeka, teda predovšetkým vplyv rôzneho hospodárskeho využívania a technológií, ktorý viac alebo menej rušivo zasahuje do prirodzeného vývoja pôd a zároveň viac alebo menej ovplyvňuje ich vlastnosti. Tento vplyv človeka sa môže prejavíť v kladnom, ale i v negatívnom zmysle a často ovplyvňuje prirodzený vývoj pôd a ich vlastností aspoň v časti ich profilu. Výsledkom takéhoto antropogénneho pôsobenia je často zmena prirodzených vlastností pôd, v ojedinelých prípadoch môže dôjsť i k pretvoreniu pôd. Antropizáciou pôd sú výraznejšie ovplyvňované vrchné orníčné a podorníčné vrstvy, spodné si dlho udržiavajú pôvodné vlastnosti podmienené prirodzeným vývojom (Kobza, 2003). Odhaduje sa, že viac ako 10 % zemského povrchu pokrytého vegetáciou je v stave vážnej degradácie (Sanders, 1992). Zistilo sa, že okolo 40 % poľnohospodárskej pôdy je viac alebo menej postihnutých činnosťou človeka (Oldeman, 1994).

Detailnejšie sme sa začali zaoberať hodnotením aktuálneho stavu a vývoja degradačných procesov v poľnohospodárskych pôdach Slovenska prostredníctvom komplexného systému monitorovania pôd Slovenska (permanentne od roku 1993) podľa

konkrétnych ohrození (acidifikácia, salinizácia a sodifikácia, kontaminácia pôd, úbytok pôdnej organickej hmoty a prístupných makroživín (P, K, Mg) a mikroživín (Cu, Zn, Mn), kompakcia a erózia pôd) (Linkeš a kol., 1997; Kobza a kol., 2019, 2020).

Materiál a metódy

V príspevku sme vychádzali z najnovších výsledkov permanentného systému monitorovania pôd na Slovensku, ktorý zahŕňa 318 monitorovacích lokalít na poľnohospodárskych pôdach (Kobza a kol., 2019). Boli sledované a hodnotené základné indikátory vlastností pôd, ktoré sa vzťahujú ku konkrétnym ohrozeniam pôdy:

Monitorované indikátory podľa degradačných procesov pôd:

Acidifikácia pôd: pH/H₂O, pH/KCl, pH/CaCl₂, KVK (katiónová výmenná kapacita), výmenné katióny (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺), aktívny Al (len ak pH/KCl < 6,0).

Salinizácia a sodifikácia pôd: elektrická vodivosť (ECe), obsah výmenného Na v sorpčnom komplexe pôdy (ESP) sodíkový adsorpčný pomer (SAR), pH/H₂O, výmenné katióny a anióny (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻).

Kontaminácia pôd: Cd, Cr, Pb, Ni, Zn, Cu, Se, Co (rozklad lúčavkou kráľovskou), Hg (celkový obsah – analyzátor AMA).

Kvantitatívne a kvalitatívne zloženie pôdnej organickej hmoty: C_{ox}, N_t, HK, FK, C_{HK}/C_{FK}, Q₆ elementárna analýza (C, H, N, O).

Obsah prístupných makroživín: P, K, Mg (Mehlich III.);

Obsah prístupných mikroživín: Cu, Zn, Mn (DTPA);

Kompakcia pôdy: objemová hmotnosť, pórovitosť, maximálna kapilárna kapacita, zrnitosť (FAO).

Erózia pôdy: ¹³⁷Cs, pH/KCl, C_{ox}, P, K, zrnitosť (FAO).

Analýzy boli vykonané na pracovisku laboratórnych činností pri NPPC - VÚPOP v Bratislave podľa Jednotných pracovných postupov rozborov pôd (Kolektív, 2011). Dosiahnuté výsledky boli spracované a vyhodnotené podľa zaužívaných štatistických postupov (Kobza a kol., 2019).

Výsledky a diskusia

Acidifikácia pôd

V súčasnom prebiehajúcom už 6. monitorovacom cykle zaznamenávame znižovanie pôdnej reakcie (v porovnaní so začiatkom monitorovania v roku 1993) takmer vo všetkých skupinách kambizemí, ktoré sa nachádzajú prevažne na rôznych kyslých substrátoch (kryštalínium, vulkanity, flyš – pieskovce a ilovce, metamorfity a pod.). Je to veľmi znepokojivý trend, keďže sú to naše najrozšírenejšie poľnohospodársky využívané

pôdy. To poukazuje na súčasné nedostatočné, príp. i žiadne vápnenie našich prirodzene kyslých pôd (Kobza a kol., 2019).

Salinizácia a sodifikácia pôd

Nami doteraz získané poznatky z vývoja vlastností soľných pôd potvrdzujú súčasne prebiehajúce procesy salinizácie a sodifikácie pôd, pričom sa ukazuje, že proces sodifikácie je dominantný. Zároveň nami dosiahnuté výsledky meraní dovoľia konštatovať, že procesy salinizácie a sodifikácie prebiehajú od substrátových horizontov smerom k povrchu pôdy, pričom tento vývoj je zreteľnejší v pôdach so slabým až stredným vývojom soľných pôd.

Z hľadiska rizikovosti vzniku a rozširovania soľných pôd charakterizovaného chemickým zložením podzemných vôd, je takéto riziko najreálnejšie na dolnej časti Žitného ostrova v úseku Zlatná na Ostrove – Komárno. Svedčia o tom vyššie hodnoty elektrickej vodivosti a vysoká mineralizácia podzemných vôd. Na Slovensku evidujeme celkom do 3 tis. ha soľných pôd (Kobza a kol., 2019).

Kontaminácia pôdy

Vývoj kontaminácie pôd po roku 1993 je len veľmi pozvoľný bez výraznejších zmien, treba však dodať, že tie pôdy, ktoré boli už v minulosti kontaminované, sú kontaminované aj v súčasnosti (MPRV SR, 2013). To je zásadný rozdiel od ostatných zložiek prírodného prostredia (napr. ovzdušie, voda), kde je často ich hygienický stav v súčasnosti už vyhovujúci, v pôdach nepriaznivý stav pretrváva oveľa dlhšie. Je preto veľmi dôležité znečisťovaniu pôd predchádzať, pretože ozdravenie pôd je dlhodobý a finančne nákladný proces, nehovoriac o kvalite rastlinnej produkcie. Treba však zdôrazniť, že výrazne prevládajúca časť našich poľnohospodárskych pôd je hygienicky nezávadná (takmer 99 % poľnohospodárskeho pôdneho fondu). Zostávajúca časť kontaminovaných pôd je viazaná prevažne na oblasti priemyselnej činnosti a jej najmä staré zariadenia a oblasti vplyvu tzv. geochemických anomálií (najmä niektoré horské a podhorské oblasti najmä v oblasti Štiavnických vrchov, Slovenského rudohoria, Nízkych Tatier prevažne pod extenzívnymi trávnyimi porastami a lesmi).

Na základe doterajších zistení možno konštatovať, že v priebehu doterajšieho monitorovania bol zistený pozitívny trend vo vývoji celkového obsahu As a Cd a negatívny trend v prípade celkového obsahu Co, Cu, Ni a Zn (Kobza a kol., 2019, 2020).

Obsah prístupných makroživín (P, K, Mg) a mikroživín (Cu, Zn, Mn)

Vývoj obsahu prístupného fosforu v poľnohospodárskych pôdach je výrazne nižší v porovnaní so začiatkom monitorovania v roku 1993 (v priemere o 30 %, často aj viac). Zásobenosť pôd draslíkom v porovnaní s fosforom je lepšia (nízka až dobrá), čo pramení

z pomerne dobrých prirodzených zdrojov minerálneho zloženia pôdy. Všeobecne i pri draslíku zisťujeme jeho pokles, na základe výsledkov monitoringu pôd prevažne o 10 – 30 % od začiatku jeho realizácie (t. j. od roku 1993, čo je tiež výsledkom nedostatočného draselného hnojenia). Horčíkom sú naše pôdy pomerne dobre zásobené vďaka prirodzeným zásobám tejto živiny v pôdotvorných substrátoch našich pôd s výnimkou kyslých a veľmi kyslých pôd (napr. podzoly). Priemerný obsah prijateľného horčíka sa v našich pôdach pohybuje v rozpätí 200-400 mg.kg⁻¹, čo je dobrý až veľmi vysoký obsah (Kobza a Gáborik, 2008).

Čo sa týka zásobenosti našich pôd mikroživinami (Cu, Zn, Mn), ich obsah je v poľnohospodárskych pôdach prevažne stredný, pričom ich stav si nevyžaduje v súčasnosti žiadne špeciálne regulačné opatrenia, i keď ich trend doterajšieho vývoja prebieha pozvoľne v smere poklesu (Kobza a kol., 2008, 2019).

Pôdna organická hmota (POH)

Priemerné hodnoty pôdneho organického uhlíka (POC) sa v orných pôdach Slovenska pohybujú v intervale 1 – 2,5 % (Kobza a kol. 2020), čo v prepočte na humus (prepočítavací koeficient 1,724) predstavuje mierne až dobre humózne pôdy. Najnižšie hodnoty POC sú charakteristické pre regozeme, najvyššie pre čiernice. V súčasnosti je množstvo POC stabilizované a na väčšine pôdnych typov sa udržiava na úrovni charakteristickej pre daný pôdny typ. Postupný, ale veľmi nepatrný nárast POC pozorujeme na fluvizemiach, černozemiach a pseudoglejoch, na kambizemiach bol zaznamenaný mierny pokles. Z hľadiska kvality pôdnej organickej hmoty (POH) relatívne stabilná a vyzretá POH bola zistená na černozemiach a čierniciach (vysoké hodnoty $C_{HK}/C_{FK} > 1$), kde prevládajú stabilnejšie humínové kyseliny (HK). Prevládanie labilnejších fulvokyselín (FK) v štruktúre POH, teda relatívne menej vyzretá POH bola zistená predovšetkým na kambizemiach a pseudoglejoch. V priebehu sledovaného obdobia na väčšine pôdnych typov pozorujeme vyrovnané hodnoty tohto parametra, na čierniciach a černozemiach má pomer C_{HK}/C_{FK} značne kolísavý charakter a na kambizemiach pozorujeme postupné zlabilnenie štruktúr POH.

V poslednom období sme sa začali venovať aj rašeliniskám, ktoré sú najväčším rezervoárom terestriálneho organického uhlíka a plnia mnohé ekologické funkcie. Doteraz získané výsledky ukazujú na výrazné rozdiely v sledovaných parametroch, predovšetkým na vyššiu zásobu organickej hmoty na vrchoviskových rašeliniskách v porovnaní so slatinnými rašeliniskami (Barančíková a kol., 2018).

Kompakcia pôdy

Zhutňovaním pôdy dochádza k tesnému uloženiu agregátov (štruktúrne zhutnenie), alebo až k ich deštrukcii (textúrne zhutnenie), a tým k zníženiu celkovej pórovitosti, hlavne makropórov, čo má za následok obmedzenie rozvoja koreňov rastlín (vyšší odpor pôdy), ako aj výmeny pôdneho vzduchu a zásobenosti rastlín živinami. Kompakcia pôdy sa stanovuje na základe nameraných hodnôt redukovanej objemovej hmotnosti ako

hlavného indikátora v kontexte s jej kritickými hodnotami pre jednotlivé pôdne druhy. Riziko kompaktie (%) vypočítané ako percentuálny podiel zhutnených lokalít v rámci hlavných pôdných typov a druhov vyjadruje ich náchylnosť na zhutnenie (tab. 1).

Tab. 1: Plošné zastúpenie orných pôd SR v rámci jednotlivých kategórií rizika kompaktie pôd

Kategoríe rizika kompaktie pôdy (%)	% z výmery orných pôd	
	Ornica	Podornica
< 20	19,3	13,0
21 - 40	63,0	6,8
41 - 60	15,6	53,2
61 - 80	2,1	13,0
> 80	0,0	13,9

V prípade ornice je najviac plošne zastúpená kategória rizika kompaktie 21 – 40 % (63,0 % výmery ornej pôdy), v podornici kategória 41 – 60 % (53,2 % výmery ornej pôdy). Pri väčšine sledovaných pôd je pozorovaný negatívny trend vývoja objemovej hmotnosti, najmä od 3. odberového cyklu (2002). Pozitívny vývoj bol zaznamenaný v ornici zrnitostne ťažkých a stredne ťažkých černoze, príp. ťažkých fluvizemí a čiernic.

Erózia pôdy

Erózia je ireverzibilný proces, kedy dochádza k negatívnym zmenám základných pôdných parametrov, čoho výsledkom je významné zníženie úrodnosti pôdy. Intenzitu erózie pôdy sledujeme pravidelne v 5-ročných cykloch na 20-tich vybraných transektoch. Recentná erózia, ktorá prebieha na konkrétnych lokalitách v poslednom období, bola vyhodnotená na základe stanovenia priestorovej aktivity rádioaktívneho izotopu ¹³⁷Cs v pôdných profiloch jednotlivých častí záujmového územia. Aktivita rádioaktívneho izotopu cézia (¹³⁷Cs) bola v niektorých prípadoch zaznamenaná až do hĺbky 0,50 m, čo potvrdzuje výraznú akumuláciu pôdných častíc pretransportovaných vplyvom vodnej erózie po svahu (Kobza a kol., 2019). Plošné výmery jednotlivých kategórií erodovanosti boli vygenerované aplikovaním erózneho predikčného modelu Univerzálnej rovnice straty pôdnej hmoty – USLE (Wischmeier and Smith, 1978). Negatívny vplyv vodnej erózie sa potenciálne prejavuje (nezohľadňuje sa aktuálny rastlinný pokryv) na viac ako 52 % celkovej výmery poľnohospodárskej pôdy SR. Pri zohľadnení aktuálneho rastlinného pokryvu (aktuálna erózia) plošná výmera vodnej erózie (kategórie erodovanosti stredná až extrémna) poklesne na necelých 15 % celkovej výmery poľnohospodárskej pôdy Slovenska (tab. 2).

Tab. 2: Výmery kategórií potenciálnej a aktuálnej vodnej erózie

Pôda evidovaná v registri LPIS Kategoríe erodovanosti (strata pôdy)	Potenciálna erózia		Aktuálna erózia	
	Výmera ha	% z PP	Výmera ha	% z PP
Žiadna, alebo nízka (0 – 4 t/ha/rok)	921 166	47,76	1 653 283	85,72
Stredná (4 – 10 t/ha/rok)	178 089	9,23	139 476	7,23
Vysoká (10 – 30 t/ha/rok)	222 871	11,56	95 389	4,95
Extrémna (viac ako 30 t/ha/rok)	606 611	31,45	40 589	2,10
Spolu	1 928 737	100,00	1 928 737	100,00

Poľnohospodárska pôda potenciálne ohrozená procesmi vodnej erózie predstavuje 52,24 % z aktuálnej výmery poľnohospodárskej pôdy Slovenska, čo v plošnom vyjadrení činí 1 007 571 ha. Aktuálna vodná erózia (pri zohľadnení aj trávnych porastov, ktoré majú výrazný protierózný účinok) predstavuje 14,28 % z aktuálnej výmery poľnohospodárskej pôdy, čo v plošnom vyjadrení predstavuje výmeru 275 454 ha.

Záver

Z degradačných procesov sa najvypuklejšie prejavuje fyzikálna degradácia pôd – hlavne erózia, ako aj kompakcia pôd. Potvrdzujú to aj výsledky profilovej distribúcie rádioaktívneho izotopu ¹³⁷Cs, ktorý má polčas rozpadu 30-35 rokov (recentná erózia), ako aj numerická kalkulácia straty pôdnej hmoty podľa vzorca Univerzálnej rovnice straty pôdy (USLE). Potenciálne sa prejavuje približne na 52 % aktuálnej výmery poľnohospodárskej pôdy SR pri strate pôdy >4 t/ha/rok). Riziko kompakcie je v kyprenej ornici o polovicu nižšie oproti podornici. Zvyšuje sa v smere od zrnitostne ľahkých piesočnatých pôd k ťažkým ílovitým pôdam.

Čo sa týka chemickej degradácie pôd, táto prebieha pozvoľne. V rámci acidifikácie zaznamenávame mierny proces zakysľovania kyslých pôd na kyslých substrátoch. Vývoj solných procesov je zreteľnejší v pôdach so slabým až stredným vývojom solných pôd najmä v oblasti južného a juhozápadného, príp. i juhovýchodného Slovenska. Od roku 1993 (začiatok komplexného monitorovania poľnohospodárskych pôd na Slovensku) bolo zistené zníženie obsahu prístupných živín – najmä fosforu a draslíka priemerne o 10 – 30 % ako dôsledok výrazného zníženia hnojenia. Obsah mikroživín (Cu, Zn, Mn) v poľnohospodárskych pôdach je bez výraznejšej zmeny, i keď v poslednom období zisťujeme ich mierny úbytok. Na základe doterajších zistení kontaminácie pôd možno konštatovať, že v priebehu doterajšieho monitorovania bol zistený pozitívny trend vo vývoji celkového obsahu As a Cd a negatívny trend v prípade celkového obsahu Co, Cu, Ni a Zn. Bolo však zistené, že pôdy, ktoré boli kontaminované v minulosti, sú kontaminované aj v súčasnosti.

V súčasnosti sa úroveň pôdneho organického uhlíka (POC) stabilizovala a na väčšine pôdnych typov sa udržiava na úrovni charakteristickej pre konkrétny pôdny typ. Postupný, ale veľmi nepatrný nárast POC pozorujeme na fluvizemiach, černozemiach a pseudoglejoch, mierny pokles POC zisťujeme na kambizemiach. Z hľadiska kvalitatívnych parametrov pozorujeme mierne zlabilnenie štruktúr pôdnej organickej hmoty (POH), ktoré je zreteľné predovšetkým na kambizemiach (našich najrozšírenejších pôdach) a pseudoglejoch, relatívne stabilná a vyzretá POH bola zistená na černozemiach a čierniciach, našich najúrodnejších pôdach.

Pod'akovanie

Táto práca vznikla za finančnej podpory rezortného projektu Monitoring pôd SR No 342/2021 – 310/MPRV SR (Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR) – 65 %, ako aj vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Údajová a vedomostná podpora pre systémy rozhodovania a strategického plánovania v oblasti adaptácie poľnohospodárskej krajiny na klimatické zmeny a minimalizáciu degradácie poľnohospodárskych pôd č. 313011W580, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja – 35 %.

Literatúra

BARANČÍKOVÁ, G., HALAS, J., FAZEKAŠOVÁ, D., LITAVEC, T., KOBZA, J., 2018: Aktuálny stav vybraných rašelinísk Slovenska. NPPC – VÚPOP Bratislava, 107 s.

KOBZA, J., 2003: Textúrne diferencované pôdy ako indikátor antropogénnej záťaže v podmienkach Slovenska. VÚPOP Bratislava, 143 s.

KOBZA, J., GÁBORÍK, Š., 2008: Súčasný stav a vývoj obsahu makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. VÚPOP Bratislava 58 s.

KOBZA, J., BARANČÍKOVÁ, G., DODOK, R., MAKOVNÍKOVÁ, J., PÁLKA, B., STYK, J., ŠIRÁŇ, M., 2019: Monitoring pôd SR. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu (2013-2017). NPPC-VUPOP Bratislava, 254 s.

KOBZA, J., BARANČÍKOVÁ, G., DODOK, R., MAKOVNÍKOVÁ, J., PÁLKA, B., STYK, J., ŠIRÁŇ, M., 2020: Monitoring pôd SR. (pri príležitosti 27. výročia realizácie monitoringu pôd na Slovensku a 60. výročia založenia Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy). NPPC-VUPOP Bratislava, 49 s.

KOLEKTÍV, 2011: Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. VUPOP Bratislava, 2011, 136 s.

LINKEŠ, V., KOBZA, J., ŠVEC, M., ILKA, P., PAVLENDÁ, P., BARANČÍKOVÁ, G., MATÚŠKOVÁ, L., BREČKOVÁ, V., BÚLIK, D., DOŠEKOVÁ, A., CHOMANIČOVÁ, A., KANIANSKA, R., MAKOVNÍKOVÁ, J., STYK, J., 1997: Monitoring pôd Slovenskej republiky. Výsledky ČMS-Pôda ako súčasť Monitoringu životného prostredia Slovenskej republiky za obdobie 1992 – 1996. VÚPÚ Bratislava, 128 s.

MPRV SR, 2013: Vyhláška č. 59/2013 viažuca sa k zákonu č.220/2004 Z. z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy, čiastka 16, s. 567 – 572.

OLDEMAN, L. R., 1994: The global extent of soil degradation. pp. 99 – 118. In Greenland, D.J. and Szabolcs, I. (ed.) Soil resilience and sustainable land use. CAB Inter., Wallingford, Oxon, England, pp. 99 – 118.

SANDERS, D. W., 1992: International activities in assessing and monitoring of soil degradation. American Journal of Alternative Agriculture. 7: 17 – 24.

WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D., 1978: Predicting rainfall erosion losses – Guide to conservation planning, Agricultural Handbook 537, USDA, 58 p.