

ZMENY VLASTNOSTÍ PŮD DŮSLEDKOM VYUŽITIA PRODUKČNÝCH SLUŽIEB AGROEKOSYSTÉMOV V ENERGETIKE

CHANGES OF SOIL PROPERTIES AS A CONSEQUENCE OF AGRO-ECOSYSTEM PRODUCTION SERVICES UTILISATION IN ENERGY SECTOR

Jarmila Makovníková¹, Radoslava Kanianska²

¹RNDr. Jarmila Makovníková, CSc., Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, Slovenská republika, e-mail: j.makovnikova@vupop.sk

²Ing. Radoslava Kanianska, CSc., Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika, e-mail: radoslava.kanianska@umb.sk

Abstrakt: Energetické využívanie plodín pestovaných na poľnohospodárskej pôde sa rozširuje. Pozitívny prínos v energetike vytvára negatívny tlak na životné prostredie, najmä pôdu. Vplyv pestovania rýchlorastúcej vrbý (*Salix viminalis*) na pôdu sme hodnotili pomocou vybraných dynamických indikátorov kvality pôdy na 2 lokalitách - Kuchyňa (čiernica) a Krivá-Liesek (fluvizem). Na lokalite Kuchyňa sme pri porovnaní rokov 2010 a 2013 pozorovali negatívny trend poklesu pH, obsahu organickej hmoty v pôde a pozitívny trend v znižovania obsahu kadmia, zinku a niklu v pôde. K poklesu ťažkých kovov v pôde prispela remediačná schopnosť vrbý. Fluvizem na lokalite Krivá-Liesek sa hodnotami pH, stredným obsahom organickej hmoty nízkej kvality spolu s podlimitným obsahom anorganických polutantov radí k pôdam s vysokým potenciálom imobilizácie anorganických polutantov.

Kľúčové slová: biomasa, rýchlorastúce dreviny, indikátory kvality pôdy

Abstract: Growing of crops for energetic purposes has increasing tendency. Positive contribution to energy sector generates environmental pressure, mainly on the soil. The influence of fast growing willow (*Salix viminalis*) planting on the soil was assessed by the help of selected dynamic soil quality indicators at 2 localities – Kuchyňa (Mollic Fluvisol) and Krivá-Liesek (Fluvisols). We observed at Kuchyňa locality negative tendency in decreasing of pH and organic matter content in soil and positive tendency in decreasing of Cd, Zn and Ni content in soil during the period of 2010 and 2013. To the heavy metals decline in the soil contributed remediation capacity of willow. Fluvisol at Krivá-Liesek locality belongs to the soil with high inorganic pollutants immobilisation potential thanks to the pH values, middle content of organic matter of low quality including under limit value of inorganic pollutants content.

Key words: biomass, fast-growing tree species, soil quality indicators

Úvod

Prirodzené, ako aj človekom ovplyvnené ekosystémy poskytujú mnohé tovary a služby. Jednou z týchto služieb je aj produkcia biomasy. Snaha využívať ekosystémy za účelom získavania vysokej produkcie vyžaduje vysoké vstupné náklady a generuje negatívny tlak na zložky životného prostredia, ako aj ostatné služby ekosystémov.

Pojem ekosystémových služieb je chápaný antropocentricky, pretože tieto služby poskytujú biofyzikálne podmienky pre ľudskú existenciu alebo prispievajú k ľudskému blahu a prosperite (Costanza et al., 1997; SCBD, 2010).

Agroekosystémy sú prirodzené systémy obhospodarované človekom s hlavným cieľom získavania potravín a iných mimoprodukčných a environmentálnych služieb (Wood et al., 2000). Produkčné služby agroekosystémov sú kľúčové pri zabezpečovaní potravinovej bezpečnosti. Ich význam nadobúda nový rozmer v sektore energetiky, konkrétne pri využívaní poľnohospodárskej pôdy na pestovanie energetických plodín.

Rýchlorastúce dreviny sú energetické rastliny drevinového charakteru s krátkou dobou obrastania a hmotnostným prírastkom prevyšujúcim priemerný prírastok hmoty ostatných drevín, a preto sa pestujú a zberajú na výrobu obnoviteľnej energie (Porvaz a kol., 2009).

Pri stanovení vplyvu pestovania rýchlorastúcich drevín na kvalitu pôdy zohráva významnú úlohu nielen produkčná, ale aj akumulácia, filtračná a transportná funkcia pôdy. Z hľadiska ochrany hydrosféry a rastlinnej produkcie patrí práve schopnosť pôdy filtrovať potenciálne rizikové prvky k najdôležitejším funkciám pôdy (Demo a kol., 1998). Výskum je zameraný na monitorovanie vybraných dynamických indikátorov kvality pôdy, indikátorov produkčnej funkcie (makroživiny, obsah a kvalita organickej hmoty v pôde), indikátorov pufrácie funkcie (pH) a filtračnej funkcie (potenciál anorganických polutantov a potenciál sorpcie pôdy).

Metodika

Sledovali sme dve monitorovacie lokality, lokalitu Kuchyňa lokalizovanú na Záhorskej nížine (čiernica modálna) v období rokov 2010 - 2013 a lokalitu Krivá-Liesek v Oravskej kotline (fluvizem kultizemná) v období rokov 2011 - 2013. Monitorovacia lokalita je kruhového tvaru o polomere 10 m a celkovej ploche 314 m² (Kolektív, 2011). Každá monitorovacia plocha je v strede charakterizovaná pedologickou sondou. Stredy monitorovacích lokalít sú geodeticky zamerané a zdokumentované súradnicami X, Y vo WGS 84. Pôdne vzorky sme odobrali z 5-tich miest z hĺbky 0-10 cm a 35-45 cm. Pôdne vzorky sa odoberajú tak, aby nedošlo k zmiešaniu dvoch rozdielnych pôdnych horizontov. Ojedinele sa totiž môže v uvedených rozpätiach nachádzať ostrá hranica medzi pôdnymi horizontmi. V takýchto prípadoch sa hĺbka odberu posúva pod alebo nad hranicu medzi horizontmi. Okrem odberu pôdnych vzoriek na chemický rozbor sme odobrali aj fyzikálne valce o objeme 100 cm³, 2 valčeky z hĺbky 0-10 cm a 2 valčeky z hĺbky 30-35 cm. V pôdnych vzorkách boli stanovené jednotlivé parametre podľa záväzných metodík (Kolektív, 2011). Obsah makroživín sme hodnotili podľa Vyhlášky č. 338/2005 MP SR, príloha č.5. Celkový obsah anorganických polutantov sme hodnotili v súlade s Vyhláškou č. 59/2013 MPRV SR, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška MPSR č. 508/2004 Z. z., ktorou sa vykonáva § 27 zákona č. 220/2004 Z. z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy.

Charakteristika lokalít

Lokalita Kuchyňa je lokalizovaná v oblasti Záhorskej nížiny, v teplej pahorkatinovej

klimatickej oblasti (obr. 1). Ide o čiernicu modálnu (VÚPOP, SPS, 2000).



Obr 1 Lokalita Kuchyňa, čiernica modálna, kontaminovaná, na nekarbonátových substrátoch
Fig 1 Kuchyňa locality, Mollic Fluvisol, contaminated, developed on non-carbonated substrates

Pôdy patria k zrnitostne stredne ťažkým, hlinitým. Obsah skeletu sa s hĺbkou výrazne zvyšuje, a to od 5 % v hĺbke 0 – 10 cm do 80 % v hĺbke 35 – 45 cm. Hodnoty pôdnej reakcie sa pohybujú v slabo kyslej až kyslej oblasti, predovšetkým v hĺbke 0 – 10 cm, pričom hodnota pôdnej reakcie len mierne stúpa s rastúcou hĺbkou odberu a aj v substráte patrí do slabo kyslej oblasti (tab. 1). Vyšší obsah organickej hmoty nižšej kvality v celom profile spolu s hodnotou pôdnej reakcie a stredným obsahom prístupných živín zaraďujú túto lokalitu k stredne rezistentným pôdam vzhľadom k acidifikácii (Makovníková, 2007). Monitorovacia lokalita, ČA^x, podľa Metodického usmernenia MP SR č. 3187/2007-430 patrí k pôdam vhodným na pestovanie rýchlorastúcich drevín. Na ploche je od roku 2006 pestovaný porast rýchlorastúcej vrbý (*Salix viminalis*) na energetické účely. V prvom roku výsadby bolo aplikované organominerálne kvapalné hnojivo Darina. Na jeseň v roku 2012 bol porast rýchlorastúcej vrbý zrezaný, v čase odberu vzorky bol na ploche porast vrbý o výške cca 1 m.

Lokalita Krivá-Liesek sa nachádza v Oravskej kotline v Podhôrno-Magurskej oblasti v mierne chladnej a mierne vlhkej klimatickej oblasti v nadmorskej výške 551 m n.m. (obr. 2). Ide o fluvizem kultizemnú (VÚPOP, SPS, 2000).



Obr 2 Lokalita Krivá-Liesek, fluvizem kultizemná
Fig 2 Krivá-Liesek locality, Fluvisol

Na monitorovacej lokalite je fluvizem kultizemná, v čase odberu bola hladina podzemnej vody v hĺbke 165 cm. Lokalita patrí k pôdam s neutrálnou hodnotou pôdnej reakcie. Vyšší obsah organickej hmoty ale nízkej kvality v celom profile spolu s hodnotou pôdnej reakcie a stredným obsahom prístupných živín zaraďujú túto lokalitu k stredne rezistentným pôdam

vzhľadom k acidifikácii (Makovníková, 2007). Na lokalite je od roku 2004 porast rýchlorastúcej vrby, odrody Sven, Tora, Gudrun, Sherwood. Porasty sú každoročne hnojené dusíkom v dávke $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ s delením 30 kg na jar, 30 kg koncom mája a 30 kg v polovici júla a jednorázovo fosforom v dávke $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a draslíkom v dávke $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, ktoré sú aplikované s prvou dávkou dusíka. Dusík je vo forme liadku vápenato-amónneho 27% N, fosfor vo forme hyperkornu 26 % P_2O_5 a draslík vo forme draselnej soli 58 % K_2O . Pri správnom obhospodarovaní je možné vrbový porast zberať každé štyri roky pričom celková produkčná schopnosť porastu je okolo 30 rokov. V podmienkach strednej Oravy sa celkový prírastok drevnej hmoty za štvorročné obdobie pohyboval od 23 do 26 ton na hektár (Daniel, Habovštiak, 2011).

Výsledky a diskusia

Celkový obsah anorganických polutantov na lokalite Kuchyňa je v prípade As podlimitný a miene stúpa smerom k substrátu. Obsah Cd je najvyšší v hĺbke 0 – 10 cm a smerom k substrátu klesá, výrazne však prekračuje limitnú hodnotu v hĺbke 0 – 10 cm, 20 – 30 cm aj 35 – 45 cm. Lokalita Kuchyňa patrí medzi kontaminované lokality. Obsah Co je bez výrazných profilových trendov, avšak v hĺbke 20 – 30 cm a 35 – 45 cm je obsah tohto prvku nad limitnou hodnotou stanovenou pre tento prvok. Obsah Cr je bez výrazných profilových trendov. Obsahy Cu, Pb aj Hg sú podlimitné v celom profile s miernym stúpaním s rastúcou hĺbkou. Opačný trend pozorujeme v prípade Ni a Zn, ktoré v celom profile výrazne prekračujú nadlimitné hodnoty (tab. 1).

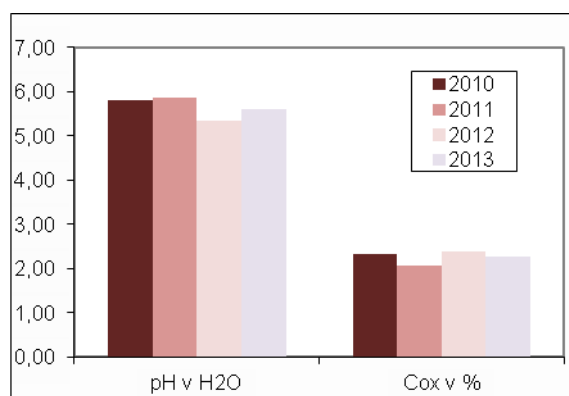
Tab 1 Indikátory kvality pôdy na lokalite Kuchyňa (stav v roku 2010 a 2013)

Tab 1 Soil quality indicators at Kuchyňa locality (state in 2010 and 2013)

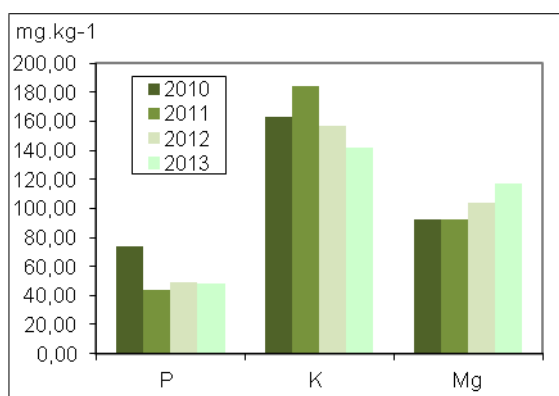
parameter		hĺbka 0 – 10 cm		hĺbka 35 – 45 cm	
		rok 2010	rok 2013	rok 2010	rok 2013
pH v H_2O		5,81	5,59	5,80	5,91
pH v KCl		5,21	4,78	5,21	5,04
pH v CaCl_2		5,23	4,97	5,31	5,26
výmenné kationy v $\text{cmol}(\text{p}^+).\text{kg}^{-1}$	Na^+	0,150	0,098	-	-
	K^+	0,506	0,484	-	-
	Ca^{2+}	11,230	10,920	-	-
	Mg^{2+}	0,890	0,824	-	-
Cox v %		2,318	2,270	1,958	1,910
Q_6^4		4,09	4,01	3,91	3,88
makroživiny v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Mehlich III.)	P	73,70	48,48	43,50	18,20
	K	163,00	142,60	106,00	61,40
	Mg	92,70	117,64	119,00	130,40
stopové prvky v pôde v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (celkový obsah v lúčavke kráľovskej)	Cd	1,016	0,720	0,822	0,790
	Zn	199,000	166,000	287,000	216,000
	Ni	51,500	45,800	69,600	62,300
stopové prvky v pôde v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (vo výluhu 1 M NH_4NO_3)	Cd	0,009	0,007	-	-
	Zn	0,320	0,336	-	-
	Ni	0,176	0,160	-	-
stopové prvky v rastlinách (r. 2013 v štiepke) v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	Cd	7,154	6,410	-	-
	Zn	250,000	227,000	-	-
stopové prvky v rastlinách (v 1-ročnom dreve) v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	Cd	-	2,730	-	-
	Zn	-	68,600	-	-

V hĺbke 0 – 10 cm (tab. 1) došlo v porovnaní rokov 2010 a 2013 k poklesu hodnoty aktívnej pôdnej reakcie o 0,46 jednotiek (obr. 3a), čo sa prejavilo znížením obsahu výmenného sodíka o 35 %. Výrazne sa znížil obsah výmenného fosforu (o 34 %) (obr. 3b). V treťom roku sledovania sa neprejavilo výraznejšie zníženie obsahu organickej hmoty v pôde pri jej využívaní na pestovanie rýchlorastúcich drevín, ktoré uvádza vo svojej práci aj McClean (2012). V prípade makroživín sa výrazne znížil obsah fosforu a to o 34 % (z kategórie strednej presun do kategórie nízkej zásobenosti pôd) a výmenného draslíka o 13 % (z kategórie dobrej presun do kategórie strednej zásobenosti pôd) (obr. 3b). Pozitívne zmeny sme zaznamenali pri celkovom obsahu rizikových prvkov, znížil sa obsah kadmia o 34 % (obr. 3c), obsah zinku o 17 % ako aj obsah niklu a to o 20 % v porovnaní s rokom 2010 (obr. 3d). Celkový obsah niklu sa dostal tesne pod limitnú hodnotu, v prípade kadmia a zinku sa naďalej jedná o nadlimitný obsah tohto prvku podľa Vyhlášky č. 59/2013 MPRV SR. Zmeny indikátorov kvality pôdy sú na obr. 3a- 3d.

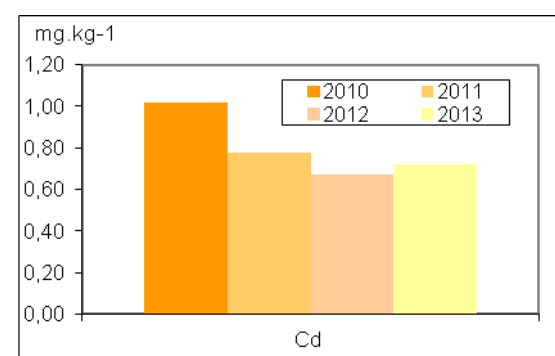
V hĺbke 35 – 45 cm v priebehu štyroch rokov sledovania došlo k poklesu hodnoty pôdnej reakcie a k výraznému zníženiu obsahu makroživín v prípade fosforu o 59 %, v prípade výmenného draslíka o 42 %. Zmeny v obsahu rizikových prvkov sú v tejto hĺbke menej výrazné, zaznamenali sme zníženie celkového obsahu zinku o 25 %, celkového obsahu niklu o 10 % a celkového obsahu kadmia len o 4 %. Hodnoty kadmia, niklu aj zinku sú v tejto hĺbke podľa Vyhlášky č. 59/2013 MPRV SR nadlimitné.



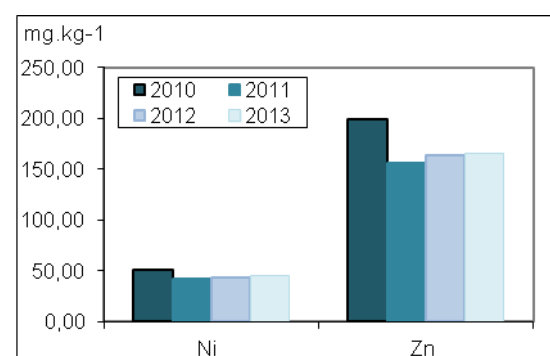
Obr 3a Zmeny hodnoty pH v H₂O a Cox
Fig 3a Changes in pH/ H₂O and Cox



Obr 3b Zmeny v obsahu makroživín - P, K, Mg
Fig 3b Changes in macronutrients - P, K, Mg



Obr 3c Zmeny stopových prvkov v pôde - Cd
Fig 3c Changes in trace elements in soil – Cd



Obr 3d Zmeny stopových prvkov v pôde- Ni, Zn
Fig 3d Changes in trace elements in soil – Ni, Zn

V priebehu monitorovania poľnohospodárskej pôdy využívannej na pestovanie energetických plodín pozorujeme negatívny trend vo vývoji hodnoty pôdnej reakcie v pôde, v obsahu prístupných živín, a to fosforu a draslíka a pozitívny trend vo vývoji celkového obsahu

rizikových prvkov v pôde. Remediačná schopnosť vŕby vzhľadom k rizikovým prvkom sa prejavila výrazným znížením obsahu kadmia a zinku na danej lokalite. Vŕba patrí k potenciálne rezistentným plodinám vzhľadom k vysokým obsahom rizikových prvkov. Obsahy niklu a zinku vo výluhu 1 M NH_4NO_3 boli v sledovanom období nižšie ako kritické limitné hodnoty vo vzťahu pôda – rastlina podľa Vyhlášky č. 59/2013 MPRV SR.

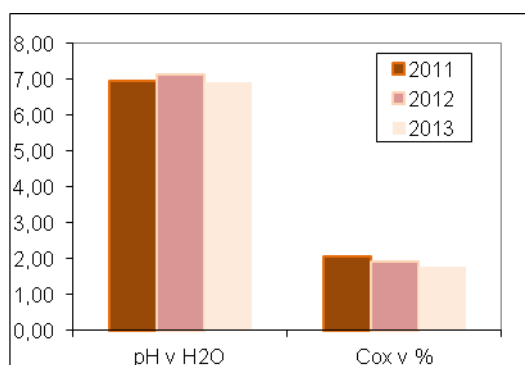
Na lokalite Krivá-Liesek je obsah všetkých sledovaných prvkov podlimitný. V prípade As, Se a Zn ich celkový obsah len mierne vertikálne stúpa, výraznejší pokles s hĺbkou sme zaznamenali len v prípade celkového obsahu Cu. Distribúcia ostatných rizikových prvkov v oboch hĺbkach je porovnateľná a nezaznamenali sme výrazné rozdiely. Hodnota pH v slabo kyslej až neutrálnej oblasti, stredný obsah organickej hmoty v pôde nízkej kvality spolu s podlimitným celkovým obsahom anorganických polutantov radia túto lokalitu k pôdam s vysokým potenciálom imobilizácie a s nízkym potenciálom transportu vzhľadom na anorganické polutanty (Makovníková a kol., 2007). V roku 2012 a 2013 sme pokračovali v monitorovaní kadmia a olova, keďže v prípade olova sme aj napriek podlimitným celkovým obsahom stanovili v roku 2011 nadlimitný obsah tohto prvku vo výluhu 1 M NH_4NO_3 .

Tab 2 Indikátory kvality pôdy na lokalite Krivá-Liesek (stav v roku 2011 a 2013)

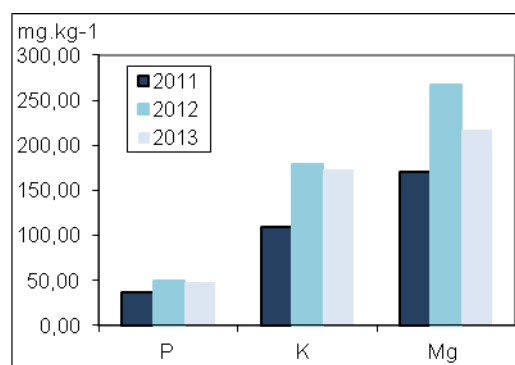
Tab 2 Soil quality indicators at Krivá-Liesek locality (state in 2011 and 2013)

parameter		hĺbka 0 – 10 cm		hĺbka 35 – 45 cm	
		rok 2011	rok 2013	rok 2011	rok 2013
pH v H_2O		6,96	6,92	6,93	7,08
pH v KCl		6,47	6,31	6,68	6,60
pH v CaCl_2		6,80	6,66	6,84	6,82
výmenné kationy v $\text{cmol}(\text{p}^+).\text{kg}^{-1}$	Na^+	0,110	0,080	-	-
	K^+	0,310	0,630	-	-
	Ca^{2+}	12,460	10,400	-	-
	Mg^{2+}	1,860	1,710	-	-
Cox v %		2,08	1,78	1,45	1,15
Q_6^4		6,49	6,59	5,91	6,03
makroživiny v $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ (Mehlich III.)	P	37,00	48,02	31,30	25,13
	K	110,00	173,40	82,90	54,52
	Mg	170,00	218,40	200,00	202,20
stopové prvky v pôde v $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ (celkový obsah v lúčavke kráľovskej)	Cd	0,298	0,396	0,295	0,390
	Pb	8,470	6,272	9,430	7,184
stopové prvky v pôde v $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ (vo výluhu 1 M NH_4NO_3)	Cd	0,002	0,001	-	-
	Pb	0,182	0,009	-	-
stopové prvky v rastlinách v $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$	Cd	2,100	1,250	-	-
	Pb	1,150		-	-

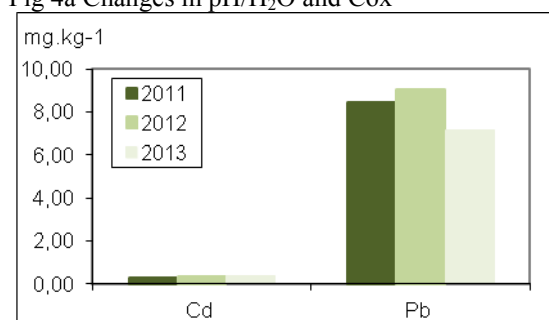
Hodnota pôdnej reakcie v roku 2013 ostáva v neutrálnej až slabo alkalickej oblasti, znížil sa obsah organickej hmoty v pôde o 14 % v hĺbke 0 – 10 cm (obr. 4a) a o 21 % v hĺbke 35 – 45 cm (tab. 2). Pravidelná aplikácia hnojív sa odrazila vo zvýšenom obsahu makroživín v porovnaní s rokom 2011, a to fosforu a draslíka na sledovanej lokalite (obr. 4b) na rozdiel od lokality Kuchyňa, kde v prípade týchto makroživín dochádza k ich poklesu. Napriek tomu je na lokalite stále nízky obsah prístupného fosforu.



Obr 4a Zmeny hodnoty pH v H₂O a Cox
Fig 4a Changes in pH/H₂O and Cox



Obr 4b Zmeny v obsahu makroživín - P, K, Mg
Fig 4b Changes in macronutrients - P, K, Mg



Obr 4c Zmeny v celkovom obsahu Cd a Pb
Fig 4c Changes in total content of Cd and Pb

Na lokalite Krivá-Liesek, ktorá je situovaná v bezprostrednej blízkosti frekventovanej pozemnej komunikácie, došlo k miernemu zvýšeniu celkového obsahu Cd a poklesu celkového obsahu Pb (obr. 4c) v obidvoch hĺbkach, ktoré však naďalej ostávajú v podlimitnej oblasti podľa Vyhlášky 59/2013 MPRV SR. Zvýšenie obsahu Cd môže byť spôsobené aj aplikáciou fosforečných hnojív, ktorá môže zvýšiť obsah Cd a Cr v pôde (Beneš, 1993).

Záver

V priebehu sledovania využívania poľnohospodárskej pôdy na pestovanie energetických plodín na čiernici (lokalita Kuchyňa) sme pozorovali negatívny trend poklesu v obsahu prístupných živín (fosfor a draslík) a pozitívny trend úbytku celkového obsahu rizikových prvkov v pôde. Remediačná schopnosť vrby vzhľadom k rizikovým prvkom sa prejavila výrazným znížením obsahu kadmia, zinku a niklu na danej lokalite. Bez pravidelnej aplikácie hnojív, predovšetkým fosforečných a draselných, nie je možné udržať obsah prístupných živín na dobrej úrovni, najvýraznejšie klesá obsah fosforu. Na lokalite Krivá-Liesek (fluvizem) situovanej v bezprostrednej blízkosti frekventovanej pozemnej komunikácie, došlo k miernemu zvýšeniu celkového obsahu Cd a Pb, ktoré však naďalej ostávajú v podlimitnej oblasti podľa Vyhlášky 59/2013 MPRV SR.

Hodnotenie indikátorov kvality pôdy pri novom spôsobe využívania poľnohospodárskych pôd je nevyhnutnou súčasťou správneho manažmentu. Indikátory kvality podávajú komplexnú informáciu o stave pôdy a jej schopnosti plnenia agroekosystémových služieb. Pri plnení produkčných služieb je nevyhnutné na základe indikátorov kompenzovať živinovými vstupmi ich odčerpávanie v procese tvorby biomasy či zabezpečiť úpravu pôdnej reakcie.

Pod'akovanie

Príspevok vznikol za podpory projektu APVV-0098-12: Analýza, modelovanie a hodnotenie agroekosystémových služieb.

Literatúra

- BENEŠ, S. 1993. *Obsahy a bilance prvku ve sférach ŽP*. I. časť. MZ ČR Praha 1. 1993, 88 s., ISBN 80-7084-051-X.
- COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R.S., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R.V. PARUELO, J., RASKIN, R.G., SUTTON, P., VAN DEN BELT, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, pp. 253-260.
- DANIEL J., HABOVŠTIK, J. 2012. Poľnohospodársky výskum v energetickom programe. In: *Agrobioenergetika*. Dostupné na internete, [cit.2011-10-11] <http://www.abe.sk/casopis.html>
- DEMO M. A KOL., 1998. *Usporiadanie a využívanie pôdy v poľnohospodárskej krajine*. Nitra: SPU, 1998, 302 s., ISBN 80-7137-525-X.
- FIALA K. A KOL., 1999. *Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém - Pôda*. VÚPOP, Bratislava 1999, 139 s., ISBN 80-85361-55-8.
- KOLEKTÍV. 2011. *Jednotné pracovné postupy rozborov pôd [Unified working methods of soil analysis]*. Bratislava: VUPOP Bratislava, 124 p., ISBN 978-80-89128-89-1.
- MAKOVNÍKOVÁ, J., BARANČÍKOVÁ, G., PÁLKA, B. 2007. Approach to the assessment of transport risk of inorganic pollutants based on the immobilisation capability of soil. In *Plant, Soil and Environment*, vol.53, 2007, č. 8, pp. 365 – 373.
- MAKOVNÍKOVÁ J. 2007. *Využitie indikátorov pri identifikácii rizikových oblastí acidifikácie pôdy*. Bratislava: VÚPOP, 2007, 30 s. ISBN 978-80-89128-37-2.
- MCCLEAN, G. 2012. The effects of land conversion to bioenergy crops on soil carbon. In *Proceedings 4th international Congress Eurosoil 2012*, Bari, Italy, 2 -6 July 2012, 394 p.
- POVRAZ, P., NAŠČÁKOVÁ, J., KOTOROVÁ, D., KOVÁČ, L. 2009. Poľné plodiny ako zdroj biomasy na energetické využitie v podmienkach Slovenska. In: *Inovatívne technológie pre efektívne využitie biomasy v energetike*, Podniková fakulta v Košiciach, ekonomická univerzita v Bratislave, s. 66 – 75, ISBN 978-80-225-2962-4.
- SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. 2010. *Global Biodiversity Outlook 3*. Montréal, 94 p.
- VÚPOP, SPS, 2000. *Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska*. VÚPOP, 2000, 74 s. ISBN 80-85361-70-1.
- WOOD, S., SEBASTIAN, K., SCHERR, S.J. 2000. *Agroecosystems. Pilot Analysis of Global Ecosystems*. World Resources Institute, 2000, 108 p., ISBN 1-56973-457-7.
- Vyhláška č. 59/2013 MPRV SR, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška MPSR č. 508/2004 Z. z., ktorou sa vykonáva § 27 zákona č. 220/2004 Z. z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- Vyhláška č. 338/2005 MP SR, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o postupe pre odber pôdnych vzoriek, spôsobe a rozsahu vykonávania agrochemického skúšania pôd, zisťovania pôdnych vlastností lesných pozemkov a o vedení evidencie hnojenia pôdy a stavu výživy rastlín na poľnohospodárskej pôde a na lesných pozemkoch