

Jana MAKOVÁ

**VPLYV HNOJENIA NA VYBRANÉ BIOLOGICKÉ
INDIKÁTORY KVALITY A ZDRAVIA PÔDY**

Nitra 2015

Názov: Vplyv hnojenia na vybrané biologické indikátory
kvality a zdravia pôdy

Autor: doc. Ing. Jana Maková, PhD.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Fakulta biotechnológie a potravinárstva
Katedra mikrobiológie

Recenzenti: doc. Ing. Vladimír Šimanský, PhD.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov
Katedra pedológie a geológie

doc. Ing. Erika Gömöryová, CSc.
Technická univerzita vo Zvolene
Lesnícka fakulta
Katedra prírodného prostredia

Publikácia bola vydaná s podporou výskumného projektu VEGA 1/0476/13.

Schválil rektor Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa
23. 10. 2015 ako vedeckú monografiu.

ISBN 978-80-552-1414-6

Obsah

Zoznam ilustrácií.....	5
Zoznam tabuliek.....	7
Zoznam skratiek a značiek.....	9
Úvod	11
1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí.....	13
1.1 Poľnohospodárstvo, kvalita a zdravie pôdy	13
1.2 Mikrobiálna biomasa a mikrobiálny kvocient v poľnohospodárskej pôde	20
1.3 Enzymatická aktivita mikroorganizmov v poľnohospodárskej pôde	24
1.4 Mikrobiálne premeny dusíka v poľnohospodárskej pôde	26
1.5 Mikrobiálna respirácia v poľnohospodárskej pôde	26
1.6 Vplyv hnojenia na mikroorganizmy a ich aktivitu v poľnohospodárskej pôde	28
1.6.1 Digestát.....	30
1.6.2 Kompost	31
1.6.3 Maštalný hnoj a hnojovica	32
1.6.4 Minerálne hnojivá.....	33
1.7 Vplyv biologických preparátov na mikroorganizmy a ich aktivitu v poľnohospodárskej pôde	33
1.8 Vplyv obrábania pôdy na mikroorganizmy a ich aktivitu.....	36
1.9 Indexy kvality poľnohospodárskej pôdy	37
2 Cieľ práce	39
3 Metodika práce a metódy skúmania	40
3.1 Sledovanie zmien mikrobiálnej biomasy a aktivity mikroorganizmov v pôde hnojenej maštalným hnojom a digestátom	40
3.1.1 Organizácia pokusu	40
3.1.2 Pôdne analýzy.....	43
3.1.3 Štatistické hodnotenie výsledkov	44
3.2 Sledovanie zmien mikrobiálnej biomasy a aktivity mikroorganizmov v pôde hnojenej biologickým preparátom a digestátom.....	44
3.2.1 Charakteristika pôdy použitej v laboratórnom pokuse	44
3.2.2 Inkubačný pokus a jeho varianty	45
3.2.3 Charakteristika biologického preparátu a digestátu použitých v laboratórnom pokuse	45
3.2.4 Pôdne analýzy.....	46
3.2.5 Štatistické hodnotenie výsledkov	47
3.3 Sledovanie zmien mikrobiálnej biomasy a aktivity mikroorganizmov v pôde hnojenej kompostom, digestátom a dnovým sedimentom	47

3.3.1 Charakteristika pôdy použitej v laboratórnom pokuse	47
3.3.2 Inkubačný pokus a jeho varianty	48
3.3.3 Charakteristika kompostu, digestátu a dnového sedimentu použitých v laboratórnom pokuse	48
3.3.4 Pôdne analýzy	50
3.3.5 Štatistické hodnotenie výsledkov	51
4 Výsledky a diskusia	52
4.1 Mikrobiálna biomasa v pôde hnojenej maštal'ným hnojom, digestátom, kompostom, biologickým preparátom a dnovým sedimentom	52
4.1.1 Mikrobiálna biomasa, mikrobiálny kvocient a spoločenstvo mikroorganizmov v pôde hnojenej maštal'ným hnojom a digestátom	52
4.1.2 Mikrobiálna biomasa, mikrobiálny kvocient v pôde hnojenej biologickým preparátom a/alebo digestátom	61
4.1.3 Mikrobiálna biomasa, mikrobiálny kvocient v pôde hnojenej kompostom, digestátom a dnovým sedimentom	65
4.2. Aktivita mikroorganizmov v pôde hnojenej maštal'ným hnojom a digestátom	70
4.2.1 Hodnotenie vplyvu maštal'ného hnoja a digestátu na dehydrogenázovú aktivitu mikroorganizmov	71
4.2.2 Hodnotenie vplyvu maštal'ného hnoja a digestátu na aktivitu mikroorganizmov v kolobehu dusíka	74
4.3 Aktivita mikroorganizmov v pôde hnojenej biologickým preparátom, digestátom, kompostom a dnovým sedimentom	81
4.3.1 Hodnotenie vplyvu biologického preparátu a/alebo digestátu na mikrobiálnu respiráciu a metabolický kvocient	81
4.3.2 Hodnotenie vplyvu kompostu, digestátu a dnového sedimentu na mikrobiálnu respiráciu a metabolický kvocient	86
5 Návrh na využitie výsledkov pre ďalší rozvoj vedy a praxe	92
Záver	94
Abstrakt v slovenskom jazyku	97
Abstrakt v anglickom jazyku	98
Zoznam použitej literatúry	99

Zoznam ilustrácií

Obr. 1 Ovplyvnenie kvality pôdy podľa Šarapatku <i>et al.</i> (2002).....	16
Obr. 2 Zloženie úrodnej pôdy v percentách suchej hmotnosti podľa Filipa (2003).....	21
Obr. 3 Vplyv aplikácie maštalného hnoja a digestátu na mikrobiálnu biomasu ($\mu\text{g C}_{\text{mic}}\cdot\text{g}^{-1}$) $\pm$ smerodajná odchýlka	53
Obr. 4 Lineárna závislosť obsahu C_{mic} od C_{org} (A) a N_t (B) ($n=45$, $P<0,01$) po aplikácii maštalného hnoja digestátu	55
Obr. 5 Lineárna závislosť obsahu C_{mic} od C_{hwe} ($n=45$, $P<0,01$) po aplikácii maštalného hnoja a digestátu	55
Obr. 6 Lineárna závislosť obsahu C_{mic} od aktívnej (A) a výmennej pôdnej reakcie (B) ($n=45$, $P<0,001$) po aplikácii maštalného hnoja a digestátu.....	56
Obr. 7 Mikrobiálny kvocient ($\text{C}_{\text{mic}}/\text{C}_{\text{org}}$) po aplikácii maštalného hnoja a digestátu.....	57
Obr. 8 Vplyv aplikácie Azoteru a/alebo digestátu na mikrobiálnu biomasu ($\mu\text{g C}_{\text{mic}}\cdot\text{g}^{-1}$) $\pm$ smerodajná odchýlka.....	63
Obr. 9 Vplyv aplikácie Azoteru a/alebo digestátu na mikrobiálny kvocient $\pm$ smerodajná odchýlka	65
Obr. 10 Vplyv aplikácie kompostu, digestátu a dnového sedimentu na mikrobiálnu biomasu $\pm$ smerodajná odchýlka.....	68
Obr. 11 Vplyv aplikácie kompostu, digestátu a dnového sedimentu na mikrobiálny kvocient $\pm$ smerodajná odchýlka	69
Obr. 12 Vplyv aplikácie maštalného hnoja a digestátu na dehydrogenázovú aktivitu mikroorganizmov (v $\mu\text{g TPF}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) $\pm$ smerodajná odchýlka	73
Obr. 13 Lineárna závislosť dehydrogenázovej aktivity od mikrobiálnej biomasy (A) a horúcou vodou extrahovateľného uhlíka (B) ($n=45$, $P\geq 0,01$) po aplikácii maštalného hnoja a digestátu	74
Obr. 14 Vplyv aplikácie maštalného hnoja a digestátu na biologicky uvoľniteľný dusík (N_{biol} v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) $\pm$ smerodajná odchýlka.....	76
Obr. 15 Lineárna závislosť obsahu N_{biol} od N_t (A) ($n=45$, $P<0,01$) a N_{biol} od C_{mic} (B) ($n=45$, $P>0,05$) po aplikácii maštalného hnoja a digestátu	77
Obr. 16 Lineárna závislosť obsahu N_{biol} od obsahu C_{hwe} ($n=45$, $P>0,05$) po aplikácii maštalného hnoja a digestátu	78
Obr. 17 Vplyv aplikácie maštalného hnoja a digestátu na nitrifikáciu $\text{NO}_3^- \text{-N}$ (v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) $\pm$ smerodajná odchýlka	80
Obr. 18 Intenzita produkcie $\text{CO}_2\text{-C}$ [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{pôdy}\cdot\text{deň}^{-1}$] po aplikácii Azoteru a/alebo digestátu	82

Obr. 19 Kumulatívne hodnoty produkcie CO ₂ -C [μg.g ⁻¹ pôdy] po aplikácii Azoteru a/alebo digestátu	83
Obr. 20 Lineárna závislosť produkcie CO ₂ -C od C _{mic} (n=20, P<0,01) po aplikácii Azoteru a/alebo digestátu	84
Obr. 21 Lineárna závislosť produkcie CO ₂ -C od C _{mic} /C _{org} (n=20, P<0,001) po aplikácii Azoteru a/alebo digestátu	84
Obr. 22 Vplyv aplikácie Azoteru a/alebo digestátu na metabolický kvocient	85
Obr. 23 Intenzita produkcie CO ₂ -C [μg.g ⁻¹ pôdy.deň ⁻¹] po aplikácii kompostu, digestátu a dnového sedimentu	86
Obr. 24 Kumulatívne hodnoty produkcie CO ₂ -C [μg.g ⁻¹ pôdy] po aplikácii kompostu, digestátu a dnového sedimentu.....	88
Obr. 25 Lineárna závislosť produkcie CO ₂ -C od C _{mic} (n=35, P<0,05) po aplikácii kompostu, digestátu a dnového sedimentu.....	89
Obr. 26 Lineárna závislosť produkcie CO ₂ -C od C _{mic} /C _{org} (n=35, P<0,05) po aplikácii kompostu, digestátu a dnového sedimentu.....	89
Obr. 27 Vplyv aplikácie kompostu, digestátu a dnového sedimentu na metabolický kvocient	90

Zoznam tabuliek

Tab. 1 Vybrané štúdie ukazovateľov pôdnej kvality.....	19
Tab. 2 Relatívna citlivosť vybraných mikrobiologických a biochemických parametrov pre odhad pôdnej kvality založený na dlhodobých pôdnych analýzach zo 49 rôznych antropogénne ovplyvnených európskych pôd (Filip, 2002)	20
Tab. 3 Enzýmy s katalyzovanými reakciami v pôdnom prostredí (Šarapatka, 2002)	25
Tab. 4 Potenciálne vplyvy anorganických a organických vstupov na pôdne organizmy (upravené podľa Bünemanna <i>et al.</i> , 2006)	29
Tab. 5 Charakteristika preparátov mikrobiálneho pôvodu používaných na Slovensku (Ondrášek <i>et al.</i> , 2007; Bartalová, 2011)	35
Tab. 6 Zastúpenie mikroorganizmov v maštal'nom hnoji	41
Tab. 7 Zastúpenie mikroorganizmov v digestáte aplikovanom do pôdy v rokoch 2001 a 2003	41
Tab. 8 Zastúpenie ťažkých kovov v digestáte aplikovanom do pôdy v poľnom pokuse a ich medzná hodnota.....	42
Tab. 9 Fyzikálno-chemické parametre digestátu aplikovaného do pôdy v laboratórnom pokuse	46
Tab. 10 Fyzikálno-chemické parametre pôdy použitej v laboratórnom pokuse	47
Tab. 11 Fyzikálno-chemické a mikrobiologické parametre kompostu aplikovaného do pôdy v laboratórnom pokuse.....	49
Tab. 12 Fyzikálno-chemické a mikrobiologické parametre digestátu aplikovaného do pôdy v laboratórnom pokuse.....	49
Tab. 13 Fyzikálno-chemické a mikrobiologické parametre dnového sedimentu aplikovaného do pôdy v laboratórnom pokuse	50
Tab. 14 Zastúpenie ťažkých kovov v digestáte, komposte a dnovom sedimente (doplnené podľa Bazsó, 2011)	50
Tab. 15 Test fytotoxicity v pôde, komposte, digestáte a dnovom sedimente.....	50
Tab. 16 Zastúpenie fyziologických skupín mikroorganizmov [KTJ.g ⁻¹ suš. pôdy] po aplikácii maštal'ného hnoja a digestátu	59
Tab. 17 Podiel baktérií, mikroskopických húb a aktinomycét (%) po aplikácii maštal'ného hnoja a digestátu	61
Tab. 18 Priemerné hodnoty a percentuálne zastúpenie mikrobiálnej biomasy (C _{mic} v µg.g ⁻¹) a mikrobiálneho kvocientu (C _{mic} /C _{org} v %) ±smerodajná odchýlka po aplikácii Azoteru a/alebo digestátu.....	65
Tab. 19 Priemerné hodnoty a percentuálne zastúpenie mikrobiálnej biomasy (C _{mic} v µg.g ⁻¹) a mikrobiálneho kvocientu (C _{mic} /C _{org} v %)±smerodajná odchýlka po aplikácii kompostu, digestátu a dnového sedimentu	70

Tab. 20 Vplyv termínu odberu vzoriek na dehydrogenázovú aktivitu mikroorganizmov (DHA v $\mu\text{g TPF}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) $\pm$ smerodajná odchýlka po aplikácii maštalného hnoja a digestátu	72
Tab. 21 Vplyv termínu odberu vzoriek na biologicky uvoľniteľný dusík (N_{biol} v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) $\pm$ smerodajná odchýlka po aplikácii maštalného hnoja a digestátu	75
Tab. 22 Vplyv termínu odberu vzoriek na nitrifikáciu NO_3^- -N (v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) $\pm$ smerodajná odchýlka po aplikácii maštalného hnoja a digestátu	79
Tab. 23 Hodnoty Paersonovho korelačného koeficientu pri rozdielnych hodnotách pH po hnojení maštalným hnojom a digestátom.....	80
Tab. 24 Priemerné hodnoty respirácie mikroorganizmov (v $\mu\text{g CO}_2\text{-C}\cdot\text{g}^{-1}\text{pôdy}\cdot\text{deň}^{-1}$) $\pm$ smerodajná odchýlka po aplikácii Azoteru a/alebo digestátu	82
Tab. 25 Priemerné hodnoty respirácie mikroorganizmov (v $\mu\text{g CO}_2\text{-C}\cdot\text{g}^{-1}\text{pôdy}\cdot\text{deň}^{-1}$) $\pm$ smerodajná odchýlka po aplikácii kompostu, digestátu a dnového sedimentu.....	87

Zoznam skratiek a značiek

ATP	adenozíntrifosfát
BPEJ	bonitované pôdno-ekologické jednotky
CaCl_2	chlorid vápenatý
CaCO_3	uhličitan vápenatý
$\text{CO}_2\text{-C}$	uhlík z oxidu uhličitého
C_{mic}	uhlík mikrobiálnej biomasy
$C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$	mikrobiálny kvocient vyjadrujúci percentuálne zastúpenie uhlíka biomasy mikroorganizmov v organickom uhlíku
C_{hwe}	horúcou vodou extrahovateľný uhlík
C_{org}	organický uhlík
C_{ox}	oxidovateľný organický uhlík
DHA	dehydrogenázová aktivita
DMSO	dimethylsulfoxid
ECe	elektrická vodivosť
ESP	obsah výmenného sodíka v sorpčnom komplexe pôdy
EÚ	Európska únia
FDHA	aktivita enzýmov hydrolyzujúcich fluoresceíndiacetát
FK	fulvokyseliny
G^+ baktérie	grampozitívne baktérie
HCl	kyselina chlorovodíková
HK	humínové kyseliny
KH_2PO_4	dihydrogénfosforečnan draselný
KOH	hydroxid draselný
KTJ	kolónie tvoriace jednotku
KVK	kationová výmenná kapacita
MgSO_4	síran horečnatý
NaCl	chlorid sodný
N_{biol}	biologicky uvoľniteľný dusík
$\text{NH}_4^+\text{-N}$	amónny kation
$\text{NO}_3^-\text{-N}$	dusičnanový anión
N_t	celkový dusík
PAU	polycyklické aromatické uhl'ovodíky
PCA	principal component analysis (analýza hlavných komponentov)
PCB	polychlórované bifenyly
PGPM	plant-growth promoting microorganisms (mikroorganizmy podporujúce rast rastlín)
pH/ CaCl_2	výmenná pôdna reakcia (s chloridom vápenatým)
pH/ H_2O	aktívna pôdna reakcia
pH/KCl	výmenná pôdna reakcia (s chloridom draselným)
POC	pôdny organický uhlík

PR	potenciálna respirácia
PVK	plná vodná kapacita
qCO ₂	metabolický kvocient
qD	kvocient úbytku uhlíka
SAP	sodíkový adsorpčný pomer

Úvod

V priebehu posledných rokov 20. storočia nastali zmeny vo všeobecnom chápaní dôležitosti pôdy ako environmentálneho prvku a potreby udržiavať alebo zlepšovať pôdne vlastnosti. V tomto období sa viac do povedomia začal dostávať názor, že pôda nie je nevyčerpatelným zdrojom, a ak sa nevhodne využíva a nesprávne obhospodaruje, môže za relatívne krátky čas dochádzať k jej strate a veľmi obmedzenej možnosti jej regenerácie a obnovy. Kvalita a zdravie poľnohospodárskej pôdy teda patria k atribútom, ktorým je potrebné aj v Slovenskej republike, historicky sa zaoberajúcej poľnohospodárstvom, venovať dostatočne veľkú pozornosť.

Pri posudzovaní pôdnej kvality sa berie do úvahy celý súbor indikátorov, ku ktorým patria ukazovatele zamerané na sledovanie fyzikálnych, chemických a biologických vlastností pôdy. Niektoré parametre pôdy sú pomerne stabilné a výrazne sa nemenia alebo nie sú pri nich časovo dostatočne rýchlo rozpoznateľné prejavy vplyvu pôsobenia určitých faktorov. Biologická zložka pôdy však jednoznačne patrí k parametrom, ktorá dostatočne citlivo reaguje na zmeny prostredia. V biologických a biochemických procesoch prebiehajúcich v pôde je mikrobiálna aktivita veľmi dôležitá, pretože priamo ovplyvňuje transformáciu živín nielen rozkladom, ale aj syntézou organických látok. V pôde mikroorganizmy vystupujú ako najdôležitejší činitelia pôdotvorného procesu podieľajúci sa na zvetrávaní hornín a minerálov v biochemických procesoch. Rovnako nezastupiteľná je úloha mikroorganizmov z hľadiska degradácie xenobiotík, kde plnia detoxikačnú a hygienickú funkciu.

Medzi najdôležitejšie indikátory kvality pôdy patrí z mikrobiologických parametrov sledovanie biomasy pôdnych mikroorganizmov, pôdnej respirácie, enzymatickej aktivity a aktivity mikroorganizmov v procesoch kolobehov prvkov. Tieto sa samozrejme v súčasnosti dopĺňajú o ďalšie, využívajúce molekulárne metódy, umožňujúce sledovať diverzitu mikrobiálnych spoločenstiev.

Mikrobiálne spoločenstvá v pôde môžeme obohatiť a stimulovať prítomnosťou ľahko uvoľniteľných živín a uhlíkatých komponentov, pri ktorých sa okrem organických a minerálnych hnojív odporúča aplikovať rôzne vedľajšie produkty. Väčšina poľnohospodárskych fariem dnes pracuje na princípe bezodpadového hospodárstva, ktoré využíva uzatvorený systém pôda - krmivo - zviera - exkrementy - pôda. Takto sa súčasťou fariem stávajú kompostéry a bioplynové stanice spracovávajúce nevyužívané vedľajšie produkty, ktoré je potom možné vo forme kompostu a digestátu (vedľajší produkt z bioplynových staníc) aplikovať do pôdy. Rovnako môžeme do

poľnohospodárskej pôdy aplikovať dnové sedimenty z vodných tokov a nádrží, samozrejme za predpokladu, že koncentrácia rizikových látok je v nich nižšia ako sú zákonmi určené medzné hodnoty a tieto hodnoty nie sú prevýšené ani po ich aplikácii.

Na podporovanie produkčnej kapacity pôdy môžeme používať aj biologické preparáty obsahujúce mikroorganizmy, ktoré majú pozitívny vplyv nielen na pôdu, ale i úrodu plodín a kvalitu rastlinnej produkcie, so znížením nákladov na použitie priemyselných hnojív. Sú vhodné predovšetkým pri ekologickom a organickom spôsobe hospodárenia na pôde. Cieľom práce bolo v poľných podmienkach a laboratórnych podmienkach Katedry mikrobiológie sledovať vplyv hnojenia maštalným hnojom, digestátom, kompostom, dnovým sedimentom a biologickým preparátom na vybrané biologické indikátory kvality a zdravia pôdy.

Jana Maková
Vplyv hnojenia na vybrané biologické indikátory
kvality a zdravia pôdy

Vydavateľ: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vydanie: prvé

Rok vydania: 2015

Náklad: 100 ks

AH-VH: 7,57-7,75

Neprešlo redakčnou úpravou vo Vydavateľstve SPU.

ISBN 978-80-552-1414-6