

Acta fytotechnica et zootechnica 2  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2012, s. 47 – 51

## VPLYV RÔZNYCH SPÔSOBOV OBRÁBANIA A HNOJENIA PÔDY NA DYNAMIKU ANORGANICKÉHO DUSÍKA V PÔDE

### THE EFFECT OF DIFFERENT SOIL TILLAGE AND FERTILIZATION METHODS ON THE DYNAMICS OF INORGANIC NITROGEN IN SOIL

Peter ONDRIŠÍK, Monika SOVIŠOVÁ, Jana URMINSKÁ

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

The aim of the experiment was to study the effect of different soil cultivation and fertilization methods on changes of nitrate, ammonium and inorganic nitrogen content in soil (Haplic Luvisol) during the monitored vegetation periods (2008/2009 – 2010/2011). This experiment was established on experimental bases of Slovak University of Agriculture in Nitra – Dolná Malanta on winter wheat (*Triticum aestivum*), varieties Verita and Bonita, with red clover as its before crop. The average concentrations of ammonium nitrogen and nitrate nitrogen were  $4.41 \text{ mg.kg}^{-1}$  and  $3.97 \text{ mg.kg}^{-1}$  respectively during the whole research period. Soil tillage system did not have significant influence on changes of inorganic nitrogen forms, however, fertilization had significant influence on changes of ammonium nitrogen. The highest values of nitrogen were recorded by disk tillage (B3 –  $8.61 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) and in the treatment with fertilizations together with plowed crop residues (PZ –  $8.72 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). The weather conditions during vegetation periods strongly influenced the changes of nitrate nitrogen in soil.

**Keywords:** nitrate nitrogen, ammonium nitrogen, fertilization, soil tillage, winter wheat

Zaťaženie ekosystémov dusíkom a snaha o jeho maximálne využitie, resp. pokles jeho negatívnych účinkov na živé systémy je otázkou nepretržitého záujmu na celom svete. Nedostatok hlavných živín, teda aj dusíka, sa rýchlo odráža na úrovni rastlinnej produkcie. Jeho dostatočný prísun je potrebný pri získavaní vyšších úrod (intenzifikácii), kedy prirodzená zásoba dusíka nestačí na dosiahnutie cieľových úrod.

Aplikácia dusíkatých hnojív prináša so sebou nie len výhody, ale aj množstvo problémov, ktoré vyvolávajú čoraz väčšiu pozornosť. Preto medzi hlavné záujmy nielen ekológov, ale aj poľnohospodárov, patrí udržanie nízkej koncentrácie dusičnanov – hlavná forma anorganického dusíka – z dôvodu toxicity pre človeka i zvieratá.

Rôzni autori poukazujú na to, že dynamika C a N je ovplyvnená obrábaním, a to rôznymi spôsobmi napr. zmenou pôdnej štruktúry (Kristensen et al., 2000; Six et al., 2004; Daiber et al., 2008; Das et al., 2009), faktormi kontrolujúcimi procesy premien pôdneho dusíka (Matson et al., 1998; Davidson et al., 2000; Garcia-Montiel et al., 2001; Dolan et al., 2006; Dong, 2009). Redukciou orby sa zvyšuje mikrobiálna biomasa a jej aktivita v porovnaní s povrchom pôd v prípade klasickej orby (Von Lützw et al., 2002; Feng et al., 2003; Spedding et al., 2004, Freppaz et al., 2006), čo sa môže prejavovať vyššou imobilizáciou prístupného dusíka následkom zvýšenej koncentrácie pozberových zvyškov na povrchu pôdy.

Cieľom predkladanej práce bolo zistiť vplyv rôznych spôsobov základného obrábania pôdy a hnojenia na dynamiku a obsahy sledovaných foriem anorganického dusíka v pôde, s ohľadom na zabezpečenie optimalizácie materiálo-technických vstupov pri pestovaní pšenice letnej f. ozimnej.

#### Materiál a metódy

Na výskumno-experimentálnej báze SPU Nitra – Dolná Malanta vzdialenej cca 5 000 m od areálu SPU v Nitre bola sledovaná dynamika anorganických foriem dusíka v pôde počas troch vegetačných období (2008/2009, 2009/2010, 2010/2011) pše-

nice letnej f. ozimnej (odroda Verita a Bonita). Jej predplodinou bola ďatelina lúčna. Charakteristika pokusnej lokality, klimatické pomery sú uvedené v práci Sovišová (2012).

V pokuse boli použité tri spôsoby základného obrábania pôdy:

- **B1 variant** – konvenčné obrábanie pôdy – stredne hlboká orba (do 0,25 m),
- **B2 variant** – plytká orba – (do 0,15 m)
- **B3 variant** – minimalizačné obrábanie pôdy – tanierovanie (do 0,12 m).

V rámci každého variantu obrábania pôdy boli aplikované tri spôsoby hnojenia:

- **0 – bez hnojenia** – kontrola;
- **PH – hnojenie priemyselnými hnojivami** – racionálne hnojenie (bilančné) na základe obsahu  $N_{an}$  v pôde a požiadaviek pšenice letnej f. ozimnej na úrodu 6 t;
- **PZ – hnojenie priemyselnými hnojivami + pozberové zvyšky predplodiny** – racionálne hnojenie (bilančné) na základe obsahu  $N_{an}$  v pôde a požiadaviek pšenice letnej f. ozimnej na úrodu 6 t a so súčasným zapracovaním pozberových zvyškov predplodiny.

Ako priemyselné dusíkaté hnojivo sa vo variantoch PH a PZ použil liadok amónny s vápencom. Pokus bol založený metódou kolmo delených blokov (rozdelené na štyri časti), pričom jednotlivé spôsoby hnojenia boli v rámci variantov obrábania pôdy náhodne rozmiestnené. Cieľom tohto postupu bolo eliminovať vplyv heterogenity pôdy.

Vzorky pôdy boli odoberané zo všetkých štyroch opakovaní v rámci jednotlivých variantov obrábania pôdy a spôsobov hnojenia.

Odbery vzoriek pôdy boli uskutočňované v dvojtyždňových intervaloch z hĺbok:

- 0,0 – 0,3 m,
- 0,3 – 0,6 m.

V odobraných vzorkách pôdy sa okamžite stanovili obsahy anorganických foriem dusíka (vo výluhoch 1 %  $K_2SO_4$ ) nasledovnými metódami (Benko et al., 1976):

- $N-NO_3^-$  – kolorimetricky s kyselinou fenol 2,4-disulfónovou,
- $N-NH_4^+$  – kolorimetricky s Nesslerovým činidlom.

Získané údaje sme vyhodnotili matematicko-štatistickými metódami použitím programov Statgraphics Plus 5.0 a MS Excel. Súborov získaných hodnôt sme testovali na normalitu ( $\chi^2$  test). Vzhľadom k tomu, že žiaden z testovaných súborov nemal normálne rozdelenie, následne boli podrobené transformácii odmocninovou ( $\sqrt{x+1}$ ), prípadne logaritmickej funkciou  $\log x$ . Avšak ani po týchto úpravách žiaden zo súborov nemal normálne rozdelenie, preto sa na porovnanie údajov základných súborov použila neparametrická analýza rozptylu (Kruskal-Wallisov test) s testovaním kritických hodnôt rozdielov obsahov jednotlivých foriem dusíka, v rámci jednotlivých sledovaných faktorov, Dunnov test na hladinách významnosti  $\alpha = 0,05$  a  $\alpha = 0,01$ . Sledovanými nezávisle premennými boli spôsob obrábania pôdy, variant hnojenia, vegetačné obdobie, hĺbka a dátum odberu pôdnych vzoriek.

## Výsledky a diskusia

V priebehu pokusného obdobia bola dynamika amónneho dusíka v kombinácii sledovaných faktorov (spôsob obrábania pôdy, variant hnojenia pôdy, hĺbka odberu pôdnych vzoriek, vegetačné obdobie) vyrovnaná (tab. 1). Toto tvrdenie je podporené aj úzkym intervalom hodnôt amónneho dusíka, a to 0,30 – 11,80 mg.kg<sup>-1</sup> pôdy (tab. 2). Danému intervalu zodpovedá aj pomerne nízka hodnota variačného koeficientu (30,22%), ktorá len potvrdzuje, že amónny dusík nepodliehal výraznejším zmenám. Takmer identickú hodnotu variačného koeficientu (29,60 %) zistil Ondrišík et al. (2004).

K rovnakému záveru dospeli viacerí autori (Ondrišík, 1998; Soon et al., 2001; Ondrišík, Urminská, 2005; Crandall et al., 2005; Xu et al., 2009), ktorí tiež konštatujú vyrovnanú dynamiku

amónnej formy dusíka v pôde. Keďže amónna mikroflóra je širokospektrálna, procesy jeho tvorby a premeny v pôdach nie sú výraznejšie ovplyvnené vonkajšími faktormi.

Najvyššiu hodnotu amónneho dusíka sme zaznamenali pri obrábaní B3 (tanierovanie), rozdiely obsahov pri jednotlivých spôsoboch obrábania však boli minimálne (B1 – 3,90 mg.kg<sup>-1</sup> pôdy, B2 – 3,92 mg.kg<sup>-1</sup> pôdy, B3 – 4,08 mg.kg<sup>-1</sup> pôdy) (tab. 1). Z vyššie uvedených údajov je zreteľné, že spôsob obrábania pôdy nemal vplyv na koncentráciu amónnej formy dusíka v pôde, čo potvrdilo aj štatistické hodnotenie, kde vplyv spôsobu obrábania pôdy nebol štatisticky zistený (tab. 3). Najvyšší obsah amónneho dusíka vo variante s tanierovaním pravdepodobne súvisí so zhoršenými aeračnými podmienkami pre nitrifikáciu v tomto variante.

Na hladine významnosti  $\alpha = 0,05$  však bol potvrdený vplyv hnojenia. Pomocou Dunnovho testu boli zistené rozdiely medzi kontrolným variantom a variantmi PH a PZ, avšak medzi variantmi PH a PZ neboli zistené štatistické rozdiely. Ondrišík, Urminská (2005), Kantor (2006), Ňaršanská (2009) sledovali vplyv viacerých faktorov na dynamiku amónnej formy dusíka, pričom poukázali na štatisticky vysoko preukazný vplyv variantu hnojenia pôdy na obsah amónneho dusíka. Avšak iní autori, napr. Sondhia (2008), Tian et al. (2010) nepotvrdili vo svojich prácach štatisticky významný vplyv hnojenia na koncentráciu amónneho dusíka v pôde. Toto len potvrdzuje skutočnosť, že dynamika amónneho dusíka v pôde je viac ovplyvnená pôdno-klimatickými podmienkami ako agrotechnickými faktormi.

Štatisticky vysoko preukazný vplyv na obsahy amónneho dusíka v pôde mali dva sledované faktory, a to dátum odberu pôdnych vzoriek a vegetačné obdobie. Na základe štatistickej analýzy (Dunnov test) boli zistené rozdiely medzi jesennými a jarnými odbermi pôdnych vzoriek, ako aj medzi jarnými

**Tabuľka 1** Obsah anorganických foriem dusíka za celé obdobie experimentu v mg.kg<sup>-1</sup>

Parametre (1)	Priemerný obsah, mg.kg-1 (2)			
	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N <sub>an</sub>	
Obrábanie (3)	B1(4)	3,90	4,41	8,31
	B2(5)	3,92	4,28	8,20
	B3(6)	4,08	4,52	8,61
Hnojenie (7)	0(8)	3,77	4,20	7,97
	PH(9)	4,04	4,38	8,42
	PZ(10)	4,07	4,65	8,72
Hĺbka (11)	0-0,3m	4,05	5,23	9,28
	0,3-0,6 m	3,89	3,58	7,47
Vegetačné obdobie (12)	2008/2009	4,74	3,73	8,47
	2009/2010	3,66	4,77	8,43
	2010/2011	3,51	4,52	8,03
Dátum odberu (13)	1	4,47	8,12	12,59
	2	4,54	8,99	13,53
	3	4,54	9,34	13,88
	4	3,54	4,29	7,83
	5	4,86	2,21	7,07
	6	3,77	2,06	5,83
	7	3,65	3,13	6,78
	8	3,07	2,24	5,31
	9	3,59	2,02	5,61
	10	4,09	3,40	7,49
	11	3,80	3,76	7,56
	12	3,71	3,35	7,06

**Table 1** Content of inorganic nitrogen during the whole experiment period in mg.kg<sup>-1</sup>

(1) parameters, (2) mean content, mg.kg<sup>-1</sup>, (3) cultivation, (4) conventional tillage, (5) reduced tillage, (6) disk tillage), (7) fertilization, (8) without fertilization, (9) industrial fertilization (10) fertilizations together plowed crop residues (11) depth of sampling, (12) vegetation period, (13) date of sampling

**Tabuľka 2** Základné štatistické charakteristiky nameraných hodnôt (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a N<sub>an</sub>)

Štatistické charakteristiky(1)	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N <sub>an</sub>
n (2)	648	648	648
x (3)	4,41	3,97	8,54
s (4)	3,76	1,20	4,40
X <sub>min.</sub> (5)	0,67	0,30	2,55
X <sub>max.</sub> (6)	21,76	11,18	28,00
V in % (7)	85,18	30,22	25,45

**Table 2** Basic statistic of N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N<sub>in</sub> values

(1) statistical characteristics, (2) number of observations, (3) average in mg.kg<sup>-1</sup>, (4) standard deviation, (5) minimum in mg.kg<sup>-1</sup>, (6) maximum in mg.kg<sup>-1</sup>, (7) coefficient of variation

**Tabuľka 3** Analýza variancie N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a N<sub>an</sub>

Parameter (1)	Zdroj variability (2)	Hodnota testovacej štatistiky (3)	Signifikantná hladina (4)
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	spôsob obrábania (5)	1,2119	0,5455
	variant hnojenia (6)	3,9637	0,1378
	hĺbka odberu (7)	27,8442	1,31.10 <sup>7++</sup>
	dátum odberu (8)	314,805	0,0000 <sup>++</sup>
	vegetačné obdobie (9)	12,951	0,0015 <sup>++</sup>
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	spôsob obrábania (5)	1,6969	0,1786
	variant hnojenia (6)	9,1203	0,0105 <sup>+</sup>
	hĺbka odberu (7)	1,4182	0,2337
	dátum odberu (8)	146,300	0,0000 <sup>++</sup>
	vegetačné obdobie (9)	192,639	0,0000 <sup>++</sup>
N <sub>an</sub>	spôsob obrábania (5)	1,9844	0,3708
	variant hnojenia (6)	5,192	0,0746
	hĺbka odberu (7)	18,8646	0,0000 <sup>++</sup>
	dátum odberu (8)	366,893	0,0000 <sup>++</sup>
	vegetačné obdobie(9)	4,5152	0,1046

P > 0,05-; P < 0,05 > 0,01<sup>+</sup>; P < 0,01<sup>++</sup>

**Table 3** Analysis of variance of N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and N<sub>in</sub> values

(1), parameter (2), source of variability (3), test statistics (4), significant level (5), cultivation (6), fertilization (7), depth of sampling (8), sampling date, (9) vegetation period

a letnými odbermi. K podobným záverom dospeli vo svojich prácach v rovnakých pôdno-ekologických podmienkach aj Kantor (2006) a Ňaršanská (2009).

Dynamika dusičnanového dusíka mala výraznejšiu dynamiku v priebehu pokusného obdobia ako amónny dusík. Svedčí o tom aj interval hodnôt 0,67 – 21,76 mg.kg<sup>-1</sup> pôdy a variačný koeficient 85,18 %, ktorý bol takmer 2-násobne vyšší ako v prípade amónneho dusíka (tab. 1). Obsahy N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> v priebehu sledovaných vegetačných období mali priemernú hodnotu 4,41 mg.kg<sup>-1</sup> pôdy. Vyššie koncentrácie sme zaznamenali v jesennom období. Naopak, viaceri autorov považuje za výraznejšie jarné maximum (Bielek, 1998; Dolan et al., 2006; Malhi et al, 2006).

Vyššie obsahy dusičnanového dusíka v jesenných mesiacoch sú dôsledkom priaznivejších vlhkostných podmienok, ako aj mineralizácie pozberových zvyškov a takmer nulového odberu rastlinným krytom, naproti tomu nízke koncentrácie v jarno-letnom období sú spôsobené vysokým odberom rastlinami a nedostatkom vlhky pre nitrifikačné procesy (Ondrišík et al., 2004; Spagni, Marsili-Libelli, 2009).

Zo štatistického hodnotenia (tab. 3) vyplýva, že spôsob obrábania pôdy nemal štatisticky preukazný vplyv na obsah dusičnanového dusíka v pôde. Potvrdzujú to aj priemerné hodnoty obsahov dusičnanového dusíka namerané pri jednotlivých spôsoboch obrábania pôdy: B1 (4,41 mg.kg<sup>-1</sup> pôdy), B2 (4,28 mg.kg<sup>-1</sup> pôdy), B3 (4,52 mg.kg<sup>-1</sup> pôdy).

K rovnakým záverom dospeli viacerí autori (Smatana et al., 1997; Šoltysová, 1998; Galuščáková, 2007). Avšak autori Šoltysová, Kotorová (1999), Dolan et al. (2006), Papini et al. (2007) a Migunova et al. (2008) poukázali na vplyv rôznych spôsobov obrábania pôdy na obsah a dynamiku dusičnanového dusíka v pôde.

Mai et al. (2010) zistili nižšie hodnoty dusičnanového dusíka v pôde pri použití tanierovania v porovnaní s pravidelnou orbou, čo nekorešponduje s našimi výsledkami a ani s výsledkami Lim et al. (2010). Vyššie koncentrácie dusičnanového dusíka v variante s redukovaným obrábaním môžu súvisieť s akumuláciou mladej organickej hmoty na povrchu pôdy, ktorá sa ľahšie mineralizuje, najmä vo vhodných klimatických podmienkach.

Aj keď podľa štatistických výsledkov (tab. 3) hnojenie nemalo štatisticky významný vplyv na obsah dusičnanového dusíka, obsah dusičnanového dusíka v pôde bol mierne ovplyvnený hnojením s najvyšším obsahom vo variante PZ (4,65 mg.kg<sup>-1</sup>). Naše výsledky korešpondujú s výsledkami Ondrišík, Černý (2002), ktorí tiež nezistili štatistický vplyv na obsahy dusičnanového dusíka v pôde, ale vzostup obsahov danej formy dusíka bol badateľný pri variante s priemyselnými hnojivami. Naopak Reddy et al. (2003) a Liu et al. (2012) zistili zvýšenie obsahu dusičnanového dusíka vplyvom hnojenia priemyselnými a organickými hnojivami.

Štatisticky vysoko preukazný vplyv na koncentrácie dusičnanového dusíka bol zistený pri troch sledovaných faktoroch,

a to hĺbka odberu pôdných vzoriek, dátum odberu a vegetačné obdobie. Aj táto skutočnosť potvrdzuje komplexnosť premien dusíka v pôdnom prostredí a výraznejší vplyv pôdno-klimatických faktorov na dynamiku a obsah anorganických foriem dusíka v porovnaní s antropogénnymi faktormi.

### Záver

Zo štatistického hľadiska sme nezistili preukazný vplyv spôsobu obrábania pôdy na obsah sledovaných foriem dusíka. Zistené priemerné koncentrácie anorganického dusíka boli najvyššie pri treťom spôsobe obrábania pôdy B3 – tanierovanie (8,61 mg.kg<sup>-1</sup>).

Hnojenie malo vplyv iba na obsahy amónneho dusíka, kde boli zistené štatisticky preukazné rozdiely medzi nehnojeným a hnojenými variantmi. Napriek tomu môžeme konštatovať rastúci trend priemerných koncentrácií anorganického dusíka od variantu hnojenia 0 po variant PZ (7,97 – 8,72 mg.kg<sup>-1</sup>). Z vyššie uvedeného vyplýva pozitívny vplyv hnojenia priemyselnými, ako aj organickými hnojivami, na nárast obsahu dusíka v pôde.

Hodnotenie dynamiky anorganických foriem dusíka poukázalo na výrazné jesenné maximum, z čoho vyplýva, že v tomto období sa v pôde vyskytuje dostatok živín (dusíka) pre počiatkový rast pšenice.

Na základe našich výsledkov, ako aj dlhodobých pokusov v danej lokalite, možno ako najvhodnejšiu kombináciu odporučiť minimalizačné obrábanie s hnojením podľa skutočnej potreby živín pre danú pestovanú plodinu a súčasným zaoraním pozberových zvyškov. Pri praktickom použití minimalizačného obrábania však treba zobrať do úvahy vyššie náklady na pesticídy, ako aj možnosť zhutnenia podorničia.

### Súhrn

V poľnom pokuse počas vegetačného obdobia pšenice letnej f. ozimnej (2008/2009 – 2010/2011) sme sledovali vplyv pestovateľských zásahov (hnojenie a obrábanie pôdy) na zmeny obsahov anorganických foriem dusíka na hnedozemných zosprašovaných prolúviálnych sedimentoch. Pokus bol realizovaný na Experimentálnej báze SPU Nitra – Dolná Malanta na pšenici letnej f. ozimnej odrôd Verita a Bonita s ďatelinou lúčnou ako predplodinou. Priemerná koncentrácia počas troch vegetačných období bola u amónneho dusíka 3,97 mg.kg<sup>-1</sup> a u dusičnanového dusíka 4,41 mg.kg<sup>-1</sup>. Obrábanie nemalo štatisticky preukazný vplyv na obsahy anorganických foriem dusíka, zatiaľ čo hnojenie malo preukazný vplyv na obsah amónneho dusíka. Najvyššie koncentrácie anorganického dusíka boli pri spôsobe obrábania pôdy tanierovaním (B3 – 8,61 mg.kg<sup>-1</sup>) a vo variante s aplikáciou priemyselných hnojív so súčasným zaoraním pozberových zvyškov (PZ – 8,72 mg.kg<sup>-1</sup>). Najväčší vplyv na zmeny obsahu anorganického dusíka mali poveternostné podmienky v priebehu vegetačných období.

**Kľúčové slová:** dusičnanový dusík, amónny dusík, hnojenie, obrábanie pôdy, pšenica letná f. ozimná

### Podakovanie

Práca vznikla s podporou projektov VEGA 1/0152/08 s názvom „Systémy hospodárenia na pôde, ich vplyv na produkčnú schopnosť pôdy pre udržanie racionálnej produkcie plodín“ a VEGA 1/0816/11 s názvom „Produkčný proces poľných plodín pri rôznych systémoch obrábania pôdy, aplikácie priemyselných hnojív a zvyškov rastlín s ohľadom na zachovanie a zvyšovanie úrodnosti pôdy“.

### Literatúra

- BENKO, V. – BÍŽIK, J. – FECENKO, J. – IVANIČ, J. – MASARYK, Š. – VNUK, L. 1976. Praktikum agrochémie. Bratislava : Príroda, 1976. 176 s.
- BIELEK, P. 1998. Dusík v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. Bratislava : VÚPÚ. 1998, 256 s. ISBN 80-85361-44-2.
- CRANDALL, S. M. – RUFFO, M. L. – BOLLERO, G. A. 2005. Cropping system and nitrogen dynamics under a cereal winter cover crop preceding corn. In: Plant and Soil, vol. 268, 2005, p. 209 – 219
- DAIBER, A. – WENZEL, P. – OELZE, M. – MÜNZEL, T. 2008. New insights into bioactivation of organic nitrates, nitrate tolerance and cross-tolerance. In: Clinical Research in Cardiology, vol. 97, 2008, no. 1, p. 12 – 20
- DAS, P. – SA, J. – KIM, K. – JEON, E. 2009. Effect of fertilizer application on ammonia emission and concentration levels of ammonium, nitrate, and nitrite ions in a rice field. In: Environmental Monitoring and Assessment, vol. 154, 2009, no. 1 – 4, p. 275 – 282
- DAVIDSON, E. A. – VERCHOT, L. V. 2000. Testing the hole-in-the-pipe model of nitric and nitrous oxide emissions from soils using the TRAGNET database. In: Global Biogeochemistry Cycles, vol. 14, 2000, p. 1035 – 1043.
- DOLAN, M. S. – CLAPP, C. E. – ALLMARAS, R. R. – BAKER, J. M. – MOLINA, J. A. E. 2006. Soil organic carbon and nitrogen in a Minnesota soil as related to tillage, residue and nitrogen management. In Soil and Tillage Research, vol. 89, 2006, p. 221 – 231.
- DONG, W. – HU, CH. – CHEN, S. – ZHANG, Y. 2009. Tillage and residue management effects on soil carbon and CO<sub>2</sub> emission in a wheat – corn double-cropping system. In: Nutrient Cycling in Agroecosystems, vol. 83, 2009, no. 1, p. 27 – 37
- FENG, Y. – FENG, A. C. – MOTTA, D. W. – REEVES, C. H. – BURMESTER, E. – OSBORNE, J. A. 2003. Soil microbial communities under conventional-till and no-till continuous cotton systems. In Soil Biology and Biochemistry, 2003, no. 35, p. 1693 – 1703.
- FREPPAZ, M. – WILLIAMS, B. L. – EDWARDS, A. C. – SCALENGHE, R. – ZANINI, E. 2006. Labile nitrogen, carbon, and phosphorus pools and nitrogen mineralization and immobilization rates at low temperatures in seasonally snow-covered soils. In: Biology and Fertility of Soils, vol. 43, 2006, no. 5, p. 519 – 529.
- GALUŠČÁKOVÁ, L. 2007. Vplyv pestovateľských zásahov na zmeny obsahu anorganického dusíka v pôde : dizertačná práca. Nitra : SPU, 2007. 197 s.
- GARCIA-MONTIEL, D. C. – STEUDLER, P. A. – PICCOLO, M. C. – MELILLO, J. M. – NEILL, C. – CERRI, C. C. 2001. Controls on soil nitrogen oxide emissions from forest and pasture in the Brazilian Amazon. In Global Biogeochemistry Cycles, vol. 15, 2001, p. 1021 – 1030.
- KÁNTOR, M. 2006. Sezónna zmena dynamiky anorganických foriem dusíka v pôde v závislosti na spôsobe hospodárenia: dizertačná práca. Nitra : SPU, 2006. 212 s.
- KRISTENSEN, H. L. – MCCARTY, G. W. – MEISINGER, J. J. 2000. Effects of soil structure disturbance on mineralization of organic soil N. In Soil Science Society of America Journal, 2000, no. 64, p. 371 – 378.
- LIM, S. – KWAK, J. – LEE, S. – LEE, D. – PARK, H. 2010. Compost type effects on nitrogen leaching from Inceptisol, Ultisol, and Andisol in a column experiment. In Journal of Soils and Sediments, 2010, vol. 10, no. 8, p. 1517 – 1526.
- LIU, Y. Y. – HAYNES, R. J. 2012. Effect of synthetic dairy factory effluent containing different acids (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub> and CH<sub>3</sub>COOH) on soil microbial and chemical properties and nutrient leaching. In Biology and Fertility of Soils, [online], roč. 48, 2012, [cit. 2012-05-07]. Dostupné na: <http://www.springerlink.com/content/5p1321516462x36w/>. ISSN 1432-0789.
- MAI, V. T. – VAN KEULEN, H. – ROETTER, R. 2010. Nitrogen Leaching in Intensive Cropping Systems in Tam Duong District, Red River Delta of Vietnam. In Air, & Soil Pollution, vol. 210, 2010, no. 1 – 4, p. 15 – 31.
- MALHI, S.S., LEMKE, R.L., WANG, Z., FARRELL, R., CHHABRA, B.S., 2006. Tillage, nitrogen and crop residue effects on crop yield and nutrient uptake, soil quality and greenhouse gas emissions. In Soil Till Res, vol. 90, 2006, no. 1 – 2, p. 171 – 183, ISSN 0167-1987

- MATSON, P. A. – NAYLOR, R. – ORTIZ-MONASTERIO, I. 1998. Integration of environmental, agronomic and economic aspects of fertilizer management. In *Science*, vol. 280, 1998, p. 112 – 115.
- MIGUNOVA, E. S. 2008. Contribution of D.I. Mendeleev to agrochemistry and soil science. In *Eurasian Soil Science*, 2008, vol. 41, no. 12, p. 1335 – 1339.
- ŇARŠANSKÁ, M. 2009. Vplyv agrotechnických opatrení na dynamiku anorganických foriem dusíka v pôde : dizertačná práca. Nitra : SPU. 146 s.
- ONDRIŠÍK, P. 1998. Dynamika a migrácia minerálnych zlúčenín dusíka v pôdnom profile a možnosti ich regulácie: habilitačná práca. Nitra : VŠP, 1998, 160 s.
- ONDRIŠÍK, P. – ČERNÝ, I. 2002. Changes in the content of inorganic nitrogen in soil during the growing season of Winter wheat. In *Acta fytotechnica et zootechnica*, roč. 5, 2002, č. 3, s. 64 – 67.
- ONDRIŠÍK, P. – URMINSKÁ, J. – KANTOR, M. 2004. The dynamic of inorganic nitrogen in the soil during the growing season of winter wheat in dependence on agrotechnical measures. In: *Acta fytotechnica et zootechnica*, vol. 7, 2004, no. 1, p. 14 – 19. ISSN 1335-8X
- ONDRIŠÍK, P. – Urminská, J. 2005. Dynamika anorganického dusíka v pôde v závislosti od agrotechnických opatrení. In: *Polnohospodárstvo*, roč. 51, 2005, č. 8
- PAPINI, R. – VALBOA, G. – PIOVANELLI, C. – BRANDI, G. 2007. Nitrogen and phosphorus in a loam soil of central Italy as affected by 6 years of different tillage systems. In *Soil and Tillage Research*, 92, 2007, p. 175 – 180.
- REDDY, K. S. – SINGH, M. – TRIPATHI, A. K. et al. 2003. Changes in amount of organic and inorganic fractions of nitrogen in an eutrochrept soil after long-term cropping with different fertilizer and organic manure inputs. In *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, vol. 166, 2003, p. 232 – 238.
- SIX, J. – OGLE, S. – BREIDT, F. – CONANT, R. – MOSIER, A. – PAUSTIAN, K. 2004. The potential to mitigate global warming with no-tillage management is only realized when practiced in the long term. In *Global Change Biology*, vol. 10, 2004, p. 155 – 160.
- SONDHIA, S. 2008. Persistence of metsulfuron-methyl in wheat crop and soil. In *Environmental Monitoring and Assessment*, 2008, vol. 147, no. 1 – 3, p. 463 – 469.
- SOON, Y. K. – CLAYTON, G. W. – RICE, W. A. 2001. Tillage and Previous Crop Effects on Dynamics of Nitrogen in a Wheat-Soil System. In *Agronomy Journal*, vol. 93, 2001, p. 842 – 849.
- SOVIŠOVÁ, M. 2012. Dynamika anorganických foriem dusíka v pôde v závislosti od spôsobu hospodárenia. Dizertačná práca. Nitra : SPU, 2012, 164 s.
- SMATANA, J. 2001. Obrábanie a dynamika anorganického dusíka pôdy v ekologickej a integrovanej sústave hospodárenia na pôde. In *Journal of Central European Agriculture*, vol. 2, 2001, no. 3 – 4, p. 251 – 262.
- SPAGNI, A. – MARSILI-LIBELLI, S. 2009. Nitrogen removal via nitrite in a sequencing batch reactor treating sanitary landfill leachate. In *Biore-source Technology*, 100, 2009, p. 609 – 614.
- SPEEDING, T. A. – HAMEL, C. – MEHUYS, G. R. – MADRAMOOTOO, C. A. 2004. Soil microbial dynamics in maize-growing soil under different tillage and residue management systems. In *Soil Biology and Biochemistry*, 2004, no. 36, p. 499 – 512.
- ŠOLTYSOVÁ, B. 1998. Sezónne zmeny pôdných živín v závislosti na diferencovanom spôsobe spracovania pôdy. In: *Trvalo udržateľný rozvoj poľnohospodárskej výroby na regionálnej úrovni. 2. diel. Zborník referátov z vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou Michalovce, 12. – 13. novembra 1998. Michalovce : Oblastný výskumný ústav agroekológie*, 1998, s. 315 – 320.
- ŠOLTYSOVÁ, B. – KOTOROVÁ, D. 1999. The various soil tillage and content of available nitrogen in soil profile. In *Contemporary state and perspectives of the agronomical practices after year 2000. Proceeding of international conference Brno, 29. 8. – 2. 9. 1999. Brno : Czech Branch of ISTRO*, 1999, p. 197 – 200. ISBN 80-902436-3-0.
- TIAN, Y. – LIU, J. – ZHANG, X. – GAO, L. 2010. Effects of summer catch crop, residue management, soil temperature and water on the succeeding cucumber rhizosphere nitrogen mineralization in intensive production systems. In *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2010, vol. 88, no. 3, p. 429 – 446
- VON LÜTZOW, M. – LEIFELD, J. – KAINZ, M. – KÖGEL-KNABNER, I. – MÜNCH, J. C. 2002. Indications for soil organic matter quality in soils under different management. In *Geoderma*, 2002, no. 105, p. 243 – 258.
- XU, H. – CHEN, S. B. – BISWAS, D. K. – LI, Y. G. – JIANG, G. M. Photosynthetic and yield responses of an old and a modern winter wheat cultivars to short-term ozone exposure. In *Photosynthetica*, 2009, vol. 47, no. 2, p. 247 – 254

---

**Kontaktná adresa:**

Peter Ondrišík, Katedra environmentalistiky a zoológie, FAPZ SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: peter.ondrisik@uniag.sk

---