

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE

FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH  
ZDROJOV

KATEDRA ENVIRONMENTALISTIKY A ZOOLOGIE

Sezónna zmena dynamiky anorganických foriem dusíka

v pôde v závislosti na spôsobe hospodárenia

Autoreferát dizertačnej práce

Ing. Martin Kantor

Nitra 2006

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
FAKULTA AGROBIOLOGIE A POTRAVINOVÝCH  
ZDROJOV

Katedra environmentalistiky a zoológie

**Sezónna zmena dynamiky anorganických foriem dusíka  
v pôde v závislosti na spôsobe hospodárenia**

Autoreferát dizertačnej práce  
na získanie vedecko-akademickej hodnosti philosophiae doctor  
vo vednom odbore: 41-01-9  
Všeobecná rastlinná výroba

Ing. Martin Kantor

Nitra 2006

Dizertačná práca bola vypracovaná v externej forme doktorandského štúdia na Katedre environmentalistiky a zoológie Fakulty agrobiológie a potravinových zdrojov Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre.

Doktorand: Ing. Martin Kantor  
Katedra environmentalistiky a zoológie  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vedúci dizertačnej práce: doc. Ing. Peter Ondrišík, PhD.  
Katedra environmentalistiky a zoológie  
FAPZ SPU v Nitre

Oponenti: prof. RNDr. Pavol Bielek, DrSc.  
Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy Bratislava

prof. Ing. Otto Ložek, CSc.  
Katedra výživy rastlín, FAPZ  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Ing. Timotej Miština, CSc.  
Výskumný ústav rastlinnej výroby, SCPV, Piešťany

Autoreferát bol rozoslaný dňa .....

Stanovisko k dizertácii vypracovala Katedra environmentalistiky a zoológie FAPZ SPU v Nitre.

Obhajoba doktorandskej práce sa koná dňa ..... o ..... h pred komisiou pre obhajobu dizertačných prác vedného odboru 41-01-9 Všeobecná rastlinná výroba na Fakulte agrobiológie a potravinových zdrojov SPU v Nitre.

Miesto konania: Katedra environmentalistiky a zoológie  
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov  
Slovenská poľnohospodárska univerzita  
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra

Miestnosť: .....

S dizertačnou prácou sa možno oboznámiť na dekanáte Fakulty agrobiológie a potravinových zdrojov SPU v Nitre.

Predsedkyňa komisie pre obhajoby vo vednom odbore 41-01-9

prof. Ing. Magdaléna Lacko-Bartošová, CSc.  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

## Abstrakt

V priebehu dvoch po sebe nasledujúcich vegetačných období (2003/2004 a 2004/2005) bola na výskumno-experimentálnej báze Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre – Dolná Malanta sledovaná dynamika anorganických foriem dusíka, ako aj vplyv spôsobu obrábania pôdy, variantu hnojenia pôdy, hĺbky odberu pôdných vzoriek, dátumu odberu pôdných vzoriek, vegetačného obdobia a vplyv faktorov prostredia (vlhkosť pôdy a teplota pôdy) na obsahy amónneho, dusičnanového a anorganického ( $\text{N-NH}_4^+$  +  $\text{N-NO}_3^-$ ) dusíka v pôde. Z hodnotenia dynamiky sledovaných foriem dusíka v pôde vyplýva, že amónny dusík v pôde nepodlieha výrazným zmenám, nakoľko bol zistený jeho pomerne nízky variačný koeficient (24,04 %). Dynamika dusičnanového dusíka bola v porovnaní s amónnym dusíkom výraznejšia, čo potvrdzuje aj vysoká hodnota variačného koeficientu (140,99 %). Dynamika anorganického dusíka bola vzhľadom na vyšší variačný koeficient (82,48 %) taktiež výrazná, avšak veľkou mierou ovplyvnená dynamikou dusíka dusičnanového. Zo štatistických výsledkov vyplýva, že na hladine významnosti  $\alpha = 0,01$  mali na obsahy amónneho dusíka v pôde vplyv tri sledované faktory a to variant hnojenia pôdy, dátum odberu pôdných vzoriek a vegetačné obdobie. Na obsahy dusičnanového dusíka mali taktiež štatisticky vysoko preukazný vplyv tri sledované faktory, ktorými boli hĺbka odberu pôdných vzoriek, dátum odberu pôdných vzoriek a vegetačné obdobie. V prípade anorganického dusíka mal štatisticky vysoko preukazný vplyv na jeho obsahy iba dátum odberu pôdných vzoriek a štatisticky preukazný vplyv ( $\alpha = 0,05$ ) hĺbka odberu pôdných vzoriek. Z hodnotenia korelačných vzťahov vyplýva, že vlhkosť a teplota pôdy nemali štatisticky vplyv na obsahy amónneho dusíka v pôde. V prípade dusičnanového a anorganického dusíka bol zistený mierny (+) pozitívny vplyv vlhkosti pôdy a význačný (++) negatívny vplyv teploty pôdy na obsahy týchto foriem dusíka v pôde. Vo vzťahu  $\text{N-NH}_4^+$  –  $\text{N-NO}_3^-$  bol zistený mierny (+) pozitívny vplyv, vo vzťahu  $\text{N-NH}_4^+$  –  $\text{N}_{\text{an}}$  bol zistený význačný (++) pozitívny vplyv a veľmi tesný (++++) pozitívny vplyv bol zistený vo vzťahu  $\text{N-NO}_3^-$  –  $\text{N}_{\text{an}}$ .

*Kľúčové slová:* dusík amónny, dusík dusičnanový, dusík anorganický, dynamika dusíka, hospodárenie na pôde, vlhkosť pôdy, teplota pôdy

## Abstract

Inorganic nitrogen forms dynamic as well as tillage system, fertilizer variant, depth of soil samples taking, date of soil samples taking, vegetation period and environmental factors (soil moisture and soil temperature) effect to ammonium, nitrate and inorganic ( $\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$ ) nitrogen contents in the soil were investigated on research-experimental base of Slovak University of Agriculture in Nitra during the two consecutive vegetation periods (2003/2004 and 2004/2005). Dynamic of ammonium nitrogen in soil is not significantly changeable as its relatively low variation coefficient (24,04 %) was determined. Dynamic of nitrate nitrogen compared with ammonium nitrogen was more marked which is confirmed by its high variation coefficient (140,99 %). Dynamic of inorganic nitrogen was also marked with high variation coefficient (82,48 %), but significantly effected by nitrate nitrogen dynamic. Three observed factors – fertilizer variant, date of soil samples taking and vegetation period influenced ammonium nitrogen contents in the soil at significance level  $\alpha = 0,01$ . Contents of nitrate nitrogen were also statistically high significantly influenced by three observed factors – the depth of soil samples taking, the date of soil samples taking and vegetation period, but statistically high significant effect of date of soil samples taking and statistically significant effect ( $\alpha = 0,05$ ) of depth of soil samples taking were determined in the case of inorganic nitrogen contents. Soil moisture and temperature had no statistical effect on ammonium nitrogen contents in soil. Soft (+) positive effect of soil moisture and dominating (++) negative effect of soil temperature were determined in the case of nitrate and inorganic nitrogen contents in soil. Ammonium and nitrate nitrogen together had soft (+) positive effect, dominating (++) positive effect was determined in  $\text{N-NH}_4^+ - \text{N}_{\text{an}}$  relationship and very near (++++) positive relationship was determined between nitrate and inorganic nitrogen.

*Key words:* ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, inorganic nitrogen, nitrogen dynamic, soil management, soil moisture, soil temperature

# Obsah

<b>1 Cieľ práce</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Materiál a metódy</b> .....	<b>7</b>
2.2 Vyhodnotenie výsledkov .....	8
<b>3 Výsledky a diskusia</b> .....	<b>9</b>
3.1 Hodnotenie dynamiky obsahov amónneho, dusičnanového a anorganického dusíka v pôde .....	9
3.1.1 Hodnotenie dynamiky obsahov amónneho dusíka v pôde .....	9
3.1.2 Hodnotenie dynamiky obsahov dusičnanového dusíka v pôde ...	10
3.1.3 Hodnotenie dynamiky obsahov anorganického dusíka v pôde....	11
3.2 Štatistické hodnotenie obsahov amónneho, dusičnanového a anorganického dusíka v pôde .....	11
3.2.1 Štatistické hodnotenie obsahov amónneho dusíka v pôde.....	11
3.2.2 Štatistické hodnotenie obsahov dusičnanového dusíka v pôde ..	12
3.2.3 Štatistické hodnotenie obsahov anorganického dusíka v pôde ...	13
3.3 Hodnotenie korelačných vzťahov .....	14
<b>4 Záver</b> .....	<b>15</b>
<b>5 Použitá literatúra</b> .....	<b>17</b>
<b>6 Zoznam publikovaných prác autora</b> .....	<b>19</b>

## Úvod

Dusík patrí medzi najdôležitejšie rastlinné živiny, a to nielen pre jeho dominantný význam pri formovaní úrody, ale aj z toho dôvodu, že jeho aplikácia prináša so sebou množstvo problémov, ktoré sa pri ostatných priemyselných hnojivách prejavujú v oveľa menšej miere. Aj z tohto dôvodu je dusík stále v centre pozornosti poľnohospodárov i ekológov.

Anorganických, vo vode rozpustných, rastlinám prístupných foriem dusíka je viacero, avšak z aspektu výživy pestovaných plodín majú rozhodujúci význam dve formy, dusičnanová a amónna. Prekurzorom dusičnanového dusíka je amónny dusík (proces nitrifikácie) a prekurzorom amónneho dusíka je organický dusík (proces mineralizácie). Obsahová hladina oboch foriem je parametrom výrazne menlivým, determinovaným mineralizačno-imobilizačnými procesmi, odberom N rastlinami, zrážkovou činnosťou, teplotou, spôsobom obrábania pôdy a inými faktormi.

Dusík ovplyvňuje kvalitu a kvantitu rastlinnej produkcie viac ako ostatné živiny. Je neoddeliteľnou súčasťou aminokyselín, ktoré tvoria bielkoviny a enzýmy vo všetkých živých organizmoch, vrátane rastlín. Obklopuje atóm horčíka v chlorofyle, ktorý púta slnečnú energiu a umožňuje tvorbu sacharidov z  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$ . Kolobeh dusíka cez vzduch, pôdu a vodu je vysoko komplexný a jeho poznanie a využitie je vo výžive rastlín veľmi dôležité.

Dusík sa v pôde v rámci svojho kolobehu prirodzene obnovuje. Nedostatok hlavných živín, teda aj dusíka, sa rýchlo odráža na úrovni rastlinnej produkcie. Jeho dodatkový prísun je potrebný pri získavaní vyšších úrod (intenzifikácii), kedy prirodzená zásoba dusíka nestačí na dosiahnutie cieľových výnosov.

Aj z ekologického hľadiska má dusík významné postavenie. Vyplýva to z možnosti jeho zvýšenej kumulácie v pôde a vode. V minulosti sa pri pestovaní rastlín používali stále vyššie dávky dusíkatých hnojív, aj napriek poznaniu, že najväčšia časť tohto dusíka nebude rastlinami využitá na tvorbu úrody. Snahou všetkých pracovníkov v poľnohospodárstve, ako aj v poľnohospodárskej vede, je udržať hlavnú formu anorganického dusíka v biosfére - dusičnany - pokiaľ možno v nízkych koncentráciách, aby sa znížilo nebezpečenstvo ich akumulácie v životnom prostredí a tým aj možnosť ohrozenia zdravia a života ľudí i zvierat.

Napriek v súčasnosti nízkym vstupom dusíka do pôdy, vo forme dusíkatých hnojív, neprestáva trvať záujem poľnohospodárov o tento biogénny prvok, najmä z pohľadu ekonomiky pestovania, ako aj z hľadiska trvalo udržateľného rozvoja poľnohospodárstva.

Problematika riešená v tejto dizertačnej práci je súčasťou čiastkovej úlohy č. 02 s názvom „*Dynamika anorganického dusíka v pôde v závislosti od agroklimatických podmienok a pestovateľských zásahov*“ grantového projektu VEGA 1/1344/04 s názvom „*Vplyv racionalizácie pestovateľských systémov na úrodový potenciál plodín pre podmienky trvalo udržateľného rozvoja*“.

## 1 Cieľ práce

Dynamika jednotlivých frakcií anorganického dusíka môže byť ovplyvnená obrábaním, hnojením, pôdno-ekologickými a klimatickými podmienkami, najmä teplotou a vlhkosťou, ktorých variabilita v priebehu vegetačného obdobia mení hladinu  $N_{an}$  v pôde. Na základe týchto poznatkov sme cieľ dizertačnej práce rozdelili do nasledovných bodov:

1. získať názory rôznych domácich i zahraničných autorov na problematiku sledovaných anorganických foriem dusíka ( $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ ) v pôde;
2. na základe agrochemických rozborov pôdy sledovať:
  - vplyv rôznych spôsobov základného obrábania pôdy (stredne hlboká orba, tanierovanie), s cieľom porovnať vplyv konvenčnej a minimalizačnej technológie obrábania pôdy na obsahy a dynamiku sledovaných foriem anorganického dusíka v pôde, s ohľadom na zabezpečenie optimalizácie materiálno-technických vstupov pri pestovaní sledovanej plodiny (pšenica letná f. ozimná),
  - vplyv rôznych variantov hnojenia (nehnojený variant, variant priemyselných hnojív, variant priemyselných hnojív so zapracovaním pozberových zvyškov predplodiny) na obsahy a dynamiku sledovaných foriem anorganického dusíka v pôde, s ohľadom na zabezpečenie dostatočnej dusíkatej výživy pestovanej plodiny pri dodržaní ekologickej únosných množstiev dusíka vyplývajúcich z Nitrátovej smernice,
  - vplyv vegetačného obdobia, teploty a vlhkosti pôdy, hĺbky odberu pôdnych vzoriek a dátumu odberu pôdnych vzoriek na obsahy a dynamiku sledovaných foriem anorganického dusíka v pôde, ako základných prírodných, príp. antropogénnych faktorov ovplyvňujúcich tieto obsahy;
3. vyhodnotiť získané výsledky tabuľkovo, graficky a štatisticky;
4. z vyhodnotených výsledkov navrhnúť optimálne odporúčania pre vedu a prax.

## 2 Materiál a metódy

Problematika dizertačnej práce bola sledovaná na výskumno-experimentálnej báze ŠPU Nitra – Dolná Malanta, ktorá je vzdialená cca 5 000 m od areálu ŠPU v Nitre. Dynamika a obsahy anorganických foriem dusíka v pôdnom profile boli sledované v dvoch vegetačných obdobiach (2003/2004 a 2004/2005) pšenice letnej f. ozimnej (odroda Bonita – stupeň S 3), pričom ako predplodina bola použitá ďatelina lúčna.



V pokuse boli použité dva spôsoby základného obrábania pôdy:

- *B1 – konvenčné obrábanie pôdy* – stredne hlboká orba (0,20-0,25 m),
- *B2 – minimalizačné obrábanie pôdy* – tanierovanie (0,10-0,15 m).

V rámci každého spôsobu zák. 7 obrábania pôdy boli použité tri varianty hnojenia:

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

Na hnojenie dusíkom bol vo variantoch PH a PH + ZV použitý liadok amónny s dolomitom (LAD). Fosfor bol pridaný vo forme trojitého superfosfátu (v roku 2003) a jednoduchého superfosfátu (v roku 2004) a na hnojenie draslíkom sa v roku 2004 (v roku 2003 sa draslíkom nehnojilo) použila draselná soľ (60 %).

Pokus bol pre oba spôsoby základného obrábania pôdy založený metódou kolmo delených blokov (rozdelené na 4 časti), pričom varianty hnojenia boli v rámci jednotlivých spôsobov obrábania pôdy náhodne rozmiestnené. Týmto postupom sa eliminoval vplyv heterogenity pôdy.

Vzorky pôdy boli odoberané zo všetkých štyroch opakovaní v rámci jednotlivých variantov hnojenia pri oboch spôsoboch základného obrábania pôdy. Z odobraných vzoriek pôdy bola následne spracovaná priemerná vzorka.

Odbery vzoriek pôdy sa uskutočňovali v dvojtýždňových intervaloch (v prípade nepriaznivého počasia v najbližšom možnom termíne) z hĺbok:

- 0,0-0,3 m,
- 0,3-0,6 m.

V odobraných vzorkách pôdy boli stanovené obsahy anorganických foriem dusíka (vo výluhoch 1 %  $K_2SO_4$ ) nasledovnými metódami:

- $N-NO_3^-$  - kolorimetricky s kyselinou fenol 2,4 disulfónovou,
- $N-NH_4^+$  - kolorimetricky s Nesslerovým činidlom.
- *Postup stanovenia vlhkosti pôdy:* na stanovenie vlhkosti pôdných vzoriek bola použitá gravimetrická metóda.
- *Postup stanovenia teploty pôdy:* na stanovenie teploty pôdy bol použitý teplomer typu MULTI-T Modul 87K – Fisher Scientific.

## 2.2 Vyhodnotenie výsledkov

Štatistické analýzy sme uskutočnili matematicko-štatistickými metódami použitím programu Statgraphics Plus 5.0 (Anděl, 1985; Stehlíková et Škulecová, 1999), prípadne programom MS Excel. Pre všetky sledované ukazovatele sme vypočítali základné 8 ické charakteristiky jednotlivých súborov hodnôt. Medzi základné štatistické charakteristiky boli zaradené: aritmetický priemer, medián, modus, rozptyl, smerodajná odchýlka, štandardná chyba, minimum, maximum, rozpätie a variačný koeficient. Následne sme vykonali testovanie normality súborov pomocou chi-kvadrát ( $\chi^2$ ) testu dobrej zhody. Podľa výsledkov tohto testu sme uskutočnili ďalšie štatistické analýzy. Ak súbor na základe tohto testu nevykazoval normálne rozdelenie, podrobili sme ho transformácii odmocninovou ( $\sqrt{x+1}$ ), prípadne logaritmickou (+LOG) metódou použitím programu MS Excel. V prípade, že súbor pred alebo po transformácii mal normálne, resp. LOG-normálne rozdelenie, na porovnanie údajov základného súboru sa použila analýza rozptylu a na testovanie štatistických rozdielov v obsahoch jednotlivých foriem dusíka v rámci jednotlivých sledovaných faktorov Scheffého test na 95 %-nej ( $\alpha = 0,05$ ) a 99 %-nej ( $\alpha = 0,01$ ) hladine významnosti. V súbore, ktorý nemal normálne rozdelenie ani po transformácii, alebo pri hodnotení ktorého analýza rozptylu negarantovala korektné výsledky, sa na porovnanie údajov základného súboru pri každom sledovanom faktore použila jednofaktorová (neparametrická) analýza rozptylu – Kuskal-Wallisov test s testovaním kritických hodnôt rozdielov v obsahoch jednotlivých foriem dusíka, v rámci jednotlivých sledovaných faktorov, pomocou Dunnovho testu na oboch hladinách významnosti. V oboch prípadoch boli sledovanými zdrojmi premenlivosti spôsob obrábania pôdy, variant hnojenia, vegetačné obdobie, hĺbka a dátum odberu pôdnych vzoriek.

Na vyhodnotenie vzájomných korelačných vzťahov medzi sledovanými ukazovateľmi ( $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $N_{an}$ ) sme použili Spermanov koeficient korelácie. Keďže obsahy sledovaných ukazovateľov v pôde sú ovplyvňované aj faktormi prostredia, určili sme taktiež korelačné vzťahy medzi týmito ukazovateľmi a vlhkosťou a teplotou pôdy, ako aj korelačné vzťahy medzi faktormi prostredia navzájom.

V práci sme taktiež využili grafické vyhodnotenie výsledkov pomocou oboch vyššie uvedených programov.

## 3 Výsledky a diskusia

### 3.1 Hodnotenie dynamiky obsahov amónneho, dusičnanového a anorganického dusíka v pôde

#### 3.1.1 Hodnotenie dynamiky obsahov amónneho dusíka v pôde

V prípade amónneho dusíka môžeme konštatovať, že jeho dynamika bola vo všetkých kombináciách sledovaných faktorov (spôsob obrábania pôdy, variant hnojenia pôdy, hĺbka odberu pôdnych vzoriek, vegetačné obdobie) vyrovnaná. Tieto tvrdenia sú podporované pomerne úzkym rozpätím obsahov  $\text{N-NH}_4^+$ , nakoľko bol zaznamenaný nižší obsah na úrovni 2,21 mg · kg<sup>-1</sup> pôdy a maximálny obsah na úrovni 4,24 mg · kg<sup>-1</sup> pôdy. Malý rozdiel medzi minimom a maximom amónneho dusíka v pôde sa odrazil tak v hodnote jeho priemerného obsahu (4,24 mg · kg<sup>-1</sup> pôdy), ako aj v hodnote variačného koeficientu (24,04 %). Pomerne nízky variačný koeficient je taktiež potvrdením, že dynamika amónneho dusíka v pôde nepodliehala výrazným zmenám.

Uvedené tvrdenia sú v súlade s výsledkami viacerých autorov (Ložek et al., 1991; Ondrišík, 1998; Soon et al., 2001; Ondrišík et Urminská, 2003; Crandall et al., 2005), ktorí taktiež konštatujú, že amónny dusík si v pôde zachováva vyrovnanú dynamiku a nezaznamenáva výrazné výkyvy svojich obsahov.

### 3.1.2 Hodnotenie dynamiky obsahov dusičnanového dusíka v pôde

V prípade dusičnanového dusíka možno konštatovať výraznejšiu dynamiku v pôde v porovnaní s dusíkom amónnym. Toto konštatovanie podporuje aj hodnota zisteného variačného koeficientu tejto formy dusíka (140,99 %), hodnota minimálneho (0,76 mg · kg<sup>-1</sup> pôdy) a maximálneho (79,49 mg · kg<sup>-1</sup> pôdy) obsahu v pôde. V dynamike  $\text{N-NO}_3^-$  sme vo viacerých kombináciách sledovaných faktorov zistili vzájomnú podmienenosť medzi jesenným a jarným maximom v pôde. V prípade ak sa dosiahlo výrazné jesenné maximum, jarné už bolo menej výrazné. Tento vzťah sa však uplatňoval v prvej sledovanej hĺbke odberu pôdnych vzoriek (0,0-0,3 m). Naopak v druhej hĺbke (0,3-0,6 m) bola zistená skôr dominancia maxima jarného. Nazdávame sa, že v tomto vzťahu však svoju úlohu zohralo aj vyplavovanie dusičnanového dusíka do nižších vrstiev pôdy, v dôsledku ktorého sa dusičnanový dusík z prvej sledovanej hĺbky, kde predstavoval jesenné maximum, presunul v priebehu zimného, resp. skorého jarného obdobia do druhej sledovanej hĺbky, kde spôsobil nástup maxima jarného. V ďalšom priebehu vegetácie bolo zaznamenané zníženie obsahov dusičnanového dusíka, ktoré boli vo väčšine prípadov nižšie než zistené obsahy dusíka amónneho.

Bielek (1998) vysvetľuje vysoký obsah  $\text{N-NO}_3^-$  v pôde v jarnom období zvýšením aktivity mineralizácie a nitrifikácie a jeho nedostatočným príjmom rastlinami, depresiu od mája do júla zdôvodňuje zasa vysokým odberom rastlinami a nedostatkom vlhky pre nitrifikačné procesy a zvýšenie obsahov dusičnanov v jesennom období naopak vplyvom zlepšenia vlhkostných pomerov, možnosťou mineralizácie pozberových zvyškov a slabším, resp. žiadnym odberom rastlinným krytom. K podobným záverom dospeli aj Bízik

(1989), Števlíková et Kopčanová (1996), Ondrišík (1998), Stemmer et al. (1999), Šoltysová et Kováč (2001) a Bízík et Zápotočný (2002).

### **3.1.3 Hodnotenie dynamiky obsahov anorganického dusíka v pôde**

10

V prípade anorganického dusíka ( $N_{an} = N-NH_4^+ + N-NO_3^-$ ) možno konštatovať výraznú podobnosť jeho dynamiky s dynamikou dusíka dusičnanového. O tejto podobnosti svedčí aj rozpätie medzi minimálnym obsahom (3,73 mg · kg<sup>-1</sup> pôdy) a maximálnym obsahom (86,76 mg · kg<sup>-1</sup> pôdy)  $N_{an}$ . Priemerný obsah anorganického dusíka za celé pokusné obdobie dosiahol hodnotu 9,42 mg · kg<sup>-1</sup> pôdy a vysoká hodnota variačného koeficientu (82,48 %) taktiež svedčí o jeho výraznej dynamike v pôde.

V prácach Šoltysovej (1998a) a Šoltysovej et Kotorovej (1999) sa zhodne zaznamenal maximálny obsah anorganického dusíka v májových dátumoch odberu pôdnych vzoriek. Toto zistenie nesúhlasí so závermi našej dizertačnej práce, nakoľko maximum anorganického dusíka bolo zaznamenané v jesenných, prípadne v skorých jarných dátumoch odberu pôdnych vzoriek.

K podobným výsledkom dospela aj Hanáčková (1997), ktorá pri pestovaní pšenice letnej f. ozimnej zistila najvyššie obsahy anorganického dusíka v marcových odberoch pôdnych vzoriek a to vo všetkých variantoch hnojenia pôdy (0; PH; PH + ZV).

## **3.2 Štatistické hodnotenie obsahov amónneho, dusičnanového a anorganického dusíka v pôde**

### **3.2.1 Štatistické hodnotenie obsahov amónneho dusíka v pôde**

Zo štatistických výsledkov vyplýva, že jedným zo sledovaných faktorov, ktorý mal štatisticky vysoko preukazný vplyv na obsahy amónneho dusíka v pôde je variant hnojenia. Preukazné rozdiely ( $\alpha = 0,01$ ) boli v obsahoch amónneho dusíka zistené medzi variantmi hnojenia 0 a PH, ale taktiež medzi variantmi hnojenia 0 a PH + ZV. Z týchto štatistických výsledkov vidieť priamy vplyv hnojenia na zvyšovanie obsahu amónneho dusíka v pôde, prípadne i na priebeh mineralizačných procesov, najmä pri variante PH + ZV.

Tieto tvrdenia podporuje aj konštatovanie Balíka et al. (2003), ktorí vo svojej práci uvádzajú, že aplikácia priemyselných hnojív zvyšuje mineralizáciu pôdnej organickej hmoty, čo vedie k zvýšeniu jednotlivých foriem anorganického dusíka v pôde. Podobný názor zdieľajú aj Ivanič et al. (1994).

Štatisticky vysoko preukazný vplyv na obsahy amónneho dusíka v pôde bol zistený aj v prípade dátumu odberu pôdnych vzoriek. Na základe štatistickej analýzy (Scheffého test) boli jednotlivé dátumy odberu pôdnych

vzoriek rozdelené do dvoch skupín, medzi ktorými sa zistili štatistické rozdiely. Do prvej skupiny sú zaradené dátumy odberu pôdnych vzoriek č. 1 až 5, teda ide o všetky jesenné, resp. zimné mesiace (koniec septembra až koniec novembra), v ktorých sa uskutočňovali odbery počas vegetačného obdobia pšenice letnej f. ozimnej a do druhej skupiny sú zaradené dátumy odberu č. 6 až 15, ktoré spadajú do jarných a letných mesiacov, čiže do obdobia od polovice až konca marca do konca júla (zber pšenice). Celkové priemerné obsahy amónneho dusíka v prvej skupine sa pohybovali v rozmedzí 4,96 mg . kg<sup>-1</sup> pôdy až 5,39 mg . kg<sup>-1</sup> pôdy a v druhej skupine predstavovali hodnoty 3,13-4,24 mg . kg<sup>-1</sup> pôdy.

Porovnateľné výsledky týkajúce sa vplyvu dátumu odberu pôdnych vzoriek na obsahy N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> zistil aj Ondrišík (2001), pričom ako autor ďalej uvádza, nezanedbateľný podiel na tom mali aj meniace sa klimatické podmienky v priebehu vegetácie. Naše tvrdenia sú taktiež totožné s výsledkami Ondrišíka et Černého (2002).

Posledným sledovaným faktorom so štatistickým vplyvom ( $\alpha = 0,01$ ) na obsahy amónneho dusíka v pôde je vegetačné obdobie. Tento výsledok bol zistený aj napriek tomu, že medzi oboma sledovanými vegetačnými obdobiami (2003/2004 a 2004/2005) bol v priemerných obsahoch N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> zistený len veľmi malý rozdiel (0,22 mg . kg<sup>-1</sup> pôdy).

Ondrišík (2001) a Ondrišík et Urminská (2003) vo svojich prácach potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv vegetačného obdobia na obsahy amónneho dusíka v pôde, pričom to Ondrišík (2001) opäť dáva do súvisu s priebehom klimatických podmienok.

K podobným výsledkom dospeli aj Ložek et al. (1991) a Ondrišík et al. (2002), avšak autori zistili vplyv vegetačného obdobia na obsahy N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> v pôde len pri hladine významnosti  $\alpha = 0,05$ .

V prípade spôsobu obrábania pôdy a hĺbky odberu pôdnych vzoriek nebol zistený žiadny štatistický vplyv na obsahy amónneho dusíka v pôde.

### **3.2.2 Štatistické hodnotenie obsahov dusičnanového dusíka v pôde**

Prvým sledovaným faktorom, ktorý štatisticky ovplyvnil obsahy dusičnanového dusíka v pôde bola hĺbka odberu pôdnych vzoriek. Zistil sa vplyv tohto faktora na hladine významnosti  $\alpha = 0,01$ . Výskyt štatistických rozdielov bolo možné očakávať aj vzhľadom na značný rozdiel v priemerných obsahoch dusičnanového dusíka v pôde medzi oboma sledovanými hĺbkami odberu pôdnych vzoriek. V prvej hĺbke (0,0-0,3 m) dosiahol priemerný obsah hodnotu 6,52 mg . kg<sup>-1</sup> pôdy, kým v druhej hĺbke (0,3-0,6 m) bol podstatne nižší a dosiahol hodnotu 3,81 mg . kg<sup>-1</sup> pôdy. Možno teda konštatovať, že v hlbších a menej prevzdušnených pôdnych vrstvách je obsah dusičnanového dusíka nižší aj v dôsledku nižšej intenzity nitrifikačných procesov, pričom významnú úlohu môže v tomto prípade zohrávať aj hĺbka zapracovania

pozberových zvyškov, ktoré sú po zapracovaní uložené prevažne v prvej sledovanej hĺbke (0,0-0,3 m).

K podobným záverom dospeli vo svojich prácach aj Ondrišík et Urminská (2003) a Kantor (2004).

Ďalším sledovaným faktorom, ktorý mal štatisticky vysoko preukazný vplyv na obsahy dusičnanového  $\text{N}$  v pôde je dátum odberu pôdnych vzoriek. Podobne ako v prípade anorganického dusíka boli dátumy odberu pôdnych vzoriek aj pri dusičnanovom dusíku rozdelené na základe štatistickej analýzy (Dunnov test) do dvoch skupín. Medzi dátumami odberu zaradenými v prvej skupine a tými, ktoré sú zaradené v druhej skupine boli zistené štatistické rozdiely. Do prvej skupiny sú zaradené dátumy odberu pôdnych vzoriek číslo 1 až 7 a do druhej skupiny dátumy odberu číslo 8 až 15. Celkové priemerné obsahy  $\text{N-NO}_3^-$  v prvej skupine dátumov odberu predstavovali hodnoty v rozmedzí 4,98  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy až 10,93  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy. V druhej skupine dátumov odberu pôdnych vzoriek boli celkové priemerné obsahy  $\text{N-NO}_3^-$  podstatne nižšie a predstavovali hodnoty od 1,45  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy až do 3,37  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy. Zo sezónneho hľadiska môžeme dátumy odberu v prvej skupine začleniť do jesenných, zimných a skorých jarných mesiacov (koniec septembra až začiatok apríla), v ktorých sa uskutočňovali odbery pôdy počas vegetačného obdobia pšenice letnej f. ozimnej. Dátumy odberov v druhej skupine sú začlenené do neskorých jarných a letných mesiacov, teda od konca apríla do konca júla, kedy nastal zber pestovanej pšenice.

K rovnakým štatistickým výsledkom v prípade dátumu odberu pôdnych vzoriek dospeli vo svojich prácach aj Ondrišík et al. (2002) a Kantor (2005).

Vysoko preukazný vplyv na obsahy  $\text{N-NO}_3^-$  v pôde možno konštatovať aj v prípade vegetačného obdobia. Priemerné obsahy dusičnanového dusíka vo vegetačnom období 2003/2004 (7,25  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy) a 2004/2005 (3,09  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy) taktiež potvrdzujú správnosť týchto štatistických výsledkov. Z uvedených priemerných obsahov vyplýva, že rozdiel medzi nimi bol značný a predstavoval hodnotu 4,16  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy.

K rovnakým výsledkom dospeli aj viacerí autori, ktorí sledovali vplyv vegetačného obdobia na obsahy dusičnanového dusíka v pôde. Na hladine významnosti  $\alpha = 0,01$  konštatovali vplyv tohto sledovaného faktora Ondrišík et Černý (2002) a Ondrišík et al. (2002). Vo svojom ďalšom pokuse potvrdil vplyv vegetačného obdobia na obsahy  $\text{N-NO}_3^-$  v pôde aj Ondrišík (2001), avšak autor zistil tento vplyv na hladine významnosti  $\alpha = 0,05$ . Súhlasne s predchádzajúcimi autormi konštatujú vo svojej práci vplyv vegetačného obdobia na  $\text{N-NO}_3^-$  v pôde aj López-Bellido et López-Bellido (2001).

V prípade spôsobu obrábania pôdy a variant hnojenia pôdy sa štatistický vplyv na pôdny dusičnanový dusík nezistil.

### **3.2.3 Štatistické hodnotenie obsahov anorganického dusíka v pôde**

Zo štatistického hodnotenia vplyvu jednotlivých sledovaných faktorov vyplýva, že na hladine významnosti  $\alpha = 0,01$  vplýval na obsahy anorganického dusíka v pôde len dátum odberu pôdnych vzoriek. Na základe výsledkov štatistickej analýzy (Dunnov test) môžeme rozdeliť jednotlivé dátumy odberu pôdnych vzoriek do dvoch skupín podľa štatistických rozdielov, ktoré boli medzi nimi zistené, podobne ako v p 13 amónneho a dusičnanového dusíka. Rozdelenie jednotlivých dátumov o v prípade anorganického dusíka je identické s dusíkom dusičnanovým, čo znamená, že do prvej skupiny sú zaradené dátumy odberu pôdnych vzoriek číslo 1 až 7 a do druhej skupiny dátumy odberu číslo 8 až 15. Zistené celkové priemerné obsahy  $N_{an}$  sa v prvej skupine dátumov odberu pohybovali v intervale  $9,37 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy, v 7. dátume odberu, až  $16,30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy v 2. dátume odberu pôdnych vzoriek. V druhej skupine dátumov odberu sa celkové priemerné obsahy anorganického dusíka pohybovali v hodnotovo nižšom intervale. Najnižší celkový priemerný obsah bol v tejto skupine dátumov odberu zistený v 12. dátume, kde dosiahol hodnotu  $5,11 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy a najvyšší v 8. dátume odberu pôdnych vzoriek, kde dosiahol hodnotu  $6,70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy. Rozdelenie jednotlivých dátumov odberu v oboch vyššie uvedených skupinách je zo sezónneho hľadiska rovnaké ako v prípade dusičnanového dusíka.

Vo svojich výskumoch Šoltysová (1998) a Šoltysová et Kotorová (1999) na základe výsledkov taktiež konštatujú, že pri obsahu anorganického dusíka v pôde sa prejavuje kvantitatívna, ale aj kvalitatívna sezónnosť.

Ďalším sledovaným faktorom, ktorý štatisticky ovplyvnil obsahy anorganického dusíka v pôde je hĺbka odberu pôdnych vzoriek. Vplyv tohto sledovaného faktora však bol zistený len na hladine významnosti  $\alpha = 0,05$ . Štatisticky preukazné rozdiely zistené v obsahoch anorganického dusíka medzi oboma hĺbkami sú v súlade aj so zistenými celkovými priemernými obsahmi tejto formy dusíka v prvej (0,0-0,3 m,  $10,79 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy) a druhej (0,3-0,6 m,  $8,04 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy) sledovanej hĺbke odberu pôdnych vzoriek. Z porovnania rozdielov medzi celkovými priemernými obsahmi anorganického dusíka ( $2,75 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy) a dusičnanového dusíka ( $2,71 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy) zistenými v oboch sledovaných hĺbkach odberu pôdnych vzoriek môžeme konštatovať, že aj v tomto prípade bol anorganický dusík významnou mierou ovplyvnený práve dusíkom dusičnanovým, nakoľko hodnoty týchto rozdielov sú takmer rovnaké. Svedčí o tom aj výskyt štatistických rozdielov, ktoré sa v prípade hĺbky odberu pôdnych vzoriek zistili len pri dusičnanovom a anorganickom dusíku.

Šoltysová vo svojich viacerých prácach (1997, 1998) na základe výsledkov taktiež zastáva názor, že obsah anorganického dusíka v pôde je ovplyvňovaný aj hĺbkou odberu pôdnych vzoriek.

V prípade spôsobu obrábania pôdy, variantu hnojenia pôdy a vegetačného obdobia sa ich vplyv na obsahy  $N_{an}$  v pôde nepotvrdil.

### 3.3 Hodnotenie korelačných vzťahov

Zo zistených nízkych hodnôt Spermanových korelačných koeficientov vo vzťahu  $\text{N-NH}_4^+$  – vlhkosť pôdy (-0,0198) a  $\text{N-NH}_4^+$  – teplota pôdy (-0,1635) možno konštatovať, že vlhkosť a teplota pôdy nemali štatistický vplyv na obsahy amónneho dusíka. Medzi amónnym a dusičnanovým dusíkom však bol zistený mierny (+) pozitívny vplyv. 14 potvrdzuje celkový Spermanov korelačný koeficient s hodnotou 0,370. V prípade vzťahu  $\text{N-NH}_4^+$  –  $\text{N}_{\text{an}}$  bol zistený význačný (++) pozitívny vplyv s celkovým Spermanovým korelačným koeficientom 0,6418.

Vzhľadom na štatisticky nepreukazný vplyv spôsobu obrábania a variantu hnojenia pôdy na obsahy  $\text{N-NO}_3^-$ , poukazujú Ondříšek et al. (2002) na fakt, že obsahy tejto formy dusíka v pôde závisia najmä od klimatických podmienok. Na základe hodnotenia korelačných vzťahov môžeme potvrdiť mierny (+) pozitívny vplyv vlhkosti pôdy na obsahy  $\text{N-NO}_3^-$  (0,3336). V prípade teploty pôdy bol zistený význačný (++) negatívny vplyv (-0,5798) na obsahy spomínanej formy dusíka v pôde, avšak ten možno dať do súvisu s vplyvom teploty pôdy na jej vlhkosť. Na základe hodnotenia korelačného vzťahu teplota pôdy – vlhkosť pôdy platí, že zvyšujúcou sa teplotou pôdy klesala jej vlhkosť [vysoký (+++) negatívny vplyv teploty pôdy na vlhkosť pôdy; celkový Spermanov korelačný koeficient: -0,7303], ktorá je nevyhnutná pre priebeh nitrifikačných procesov, čím v pôde dochádzalo k znižovaniu obsahov dusičnanového dusíka.

V prípade hodnotenia korelačných vzťahov anorganického dusíka môžeme konštatovať takmer identické výsledky ako v prípade dusičnanového dusíka, nakoľko bol zistený mierny (+) pozitívny vplyv vlhkosti pôdy (0,3170) a význačný (++) negatívny vplyv teploty pôdy (-0,5509) na obsahy anorganického dusíka v pôde. Tento význačný (++) negatívny vplyv teploty pôdy na obsahy pôdneho  $\text{N}_{\text{an}}$  možno dať opäť do súvisu s vplyvom teploty pôdy na vlhkosť pôdy ako je spomenuté v prípade dusičnanového dusíka, nakoľko zvyšujúca sa teplota pôdy znižovala jej vlhkosť, čím sa obmedzovali podmienky pre priebeh nitrifikačných procesov a vznik  $\text{N-NO}_3^-$ , ktorý sa významnou mierou podieľal na obsahu  $\text{N}_{\text{an}}$  v pôde. O tom taktiež svedčí veľmi tesný (++++) pozitívny vplyv  $\text{N-NO}_3^-$  na  $\text{N}_{\text{an}}$  s celkovým Spermanovým korelačným koeficientom 0,9049.

## 4 Záver

### *Amónny dusík*

Z hodnotenia dynamiky amónneho dusíka v pôde možno konštatovať, že za celé pokusné obdobie nepodliehali jeho obsahy výrazným zmenám a ich dynamika bola vyrovnaná.

Zo štatistického hodnotenia obsahov  $\text{N-NH}_4^+$  vyplýva, že na hladine významnosti  $\alpha = 0,01$  mali na obsahy tejto formy dusíka zo všetkých



sledovaných faktorov vplyv tri faktory a to variant hnojenia, dátum odberu pôdnych vzoriek a vegetačné obdobie. Štatistický vplyv ostatných sledovaných faktorov (spôsob obrábania a hĺbka odberu pôdnych vzoriek) sa neprejavil ani na hladine významnosti  $\alpha = 0,05$ .

V prípade hodnotenia korelačných vzťahov medzi obsahmi amónneho dusíka a zistenými hodnotami faktorov prostredia (vlhkosť pôdy a teplota pôdy) možno konštatovať, že žiadnych faktorov nemal štatisticky preukazný vplyv na obsahy tejto forma v pôde.

### **Dusičnanový dusík**

V dynamike dusičnanového dusíka možno konštatovať výraznejšie zmeny jeho obsahov v pôde v porovnaní s dusíkom amónnym. Vo viacerých kombináciách sledovaných faktorov (spôsob obrábania pôdy, variant hnojenia pôdy, hĺbka odberu pôdnych vzoriek) sme v prípade dynamiky  $\text{N-NO}_3^-$  zistili vzájomnú podmienenosť medzi jesenným a jarným maximom v pôde. Ak sa dosiahlo výrazné jesenné maximum, jarné už bolo menej výrazné. Tento vzťah sa však uplatňoval v prvej sledovanej hĺbke odberu pôdnych vzoriek (0,0-0,3 m). Naopak v druhej hĺbke (0,3-0,6 m) bola zistená skôr dominancia maxima jarného.

Zo štatistického hodnotenia obsahov dusičnanového dusíka vyplýva štatisticky vysoko preukazný vplyv ( $\alpha = 0,01$ ) troch sledovaných faktorov a to hĺbky odberu pôdnych vzoriek, dátumu odberu pôdnych vzoriek a vegetačného obdobia. V prípade ostatných sledovaných faktorov (spôsob obrábania pôdy a variant hnojenia pôdy) nebol zistený ich štatistický vplyv na obsahy  $\text{N-NO}_3^-$  v pôde ani na hladine významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Na základe hodnotenia korelačných vzťahov medzi obsahmi dusičnanového dusíka a hodnotami vlhkosti a teploty pôdy možno konštatovať, že vlhkosť pôdy vplývala na obsahy  $\text{N-NO}_3^-$  mierne (+) pozitívne a teplota pôdy význačne (++) negatívne. Z hodnotenia korelačných vzťahov ďalej vyplýva, že medzi obsahmi amónneho a dusičnanového dusíka bol mierny (+) pozitívny vplyv.

### **Anorganický dusík**

V prípade dynamiky anorganického dusíka možno konštatovať výraznú podobnosť s dynamikou dusíka dusičnanového.

Zo všetkých sledovaných faktorov bol štatisticky vysoko preukazný vplyv ( $\alpha = 0,01$ ) na obsahy anorganického dusíka v pôde zistený len pri dátume odberu pôdnych vzoriek a štatisticky preukazný vplyv ( $\alpha = 0,05$ ) bol zistený v prípade hĺbky odberu pôdnych vzoriek. Ostatné sledované faktory (spôsob obrábania pôdy, variant hnojenia pôdy a vegetačné obdobie) obsahy  $\text{N}_{\text{an}}$  v pôde štatisticky neovplyvnili.

Z hodnotenia korelačných vzťahov vyplýva, že na obsahy anorganického dusíka v pôde mala vlhkosť pôdy mierny (+) pozitívny vplyv a teplota pôdy význačný (++) negatívny vplyv. Vo vzťahu  $\text{N-NO}_3^- - \text{N}_{\text{an}}$  bol zistený veľmi

tesný (++++) pozitívny a vo vzťahu  $N-NH_4^+ - N_{an}$  význačný (++) pozitívny vplyv.

Z pohľadu ekonomiky pestovania majú najväčší význam obrábanie a hnojenie pôdy, ktoré predstavujú najvýznamnejšiu položku vstupov do výroby. V dizertačnej práci sme bližšie sledovali vplyv rôznych spôsobov obrábania pôdy (stredne hlboká orba – P1 a tanierovanie – B2), pričom zo štatistického hľadiska nebol zistený vplyv sledovaného faktora na obsahy jednotlivých foriem dusíka ( $N-NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $N_{an}$ ) v pôde. Z priemerných obsahov všetkých sledovaných foriem dusíka zistených pri oboch spôsoboch obrábania pôdy vyplýva, že pri použití minimalizačného obrábania pôdy – tanierovania, boli tieto obsahy vyššie v porovnaní so stredne hlbokou orbou. S týmto zistením súvisia aj vyššie úrody pšenice letnej f. ozimnej, ktoré boli pri použití spôsobu obrábania pôdy B2 – tanierovania zistené (okrem kombinácie sledovaných faktorov B2, PH + ZV, 2004/2005). Z týchto zistených skutočností preto možno odporučiť, aby sa v záujme najrentabilnejšieho hospodárenia využívalo minimalizačné obrábanie pôdy tanierovaním. Keďže výsledky dizertačnej práce sú získané z dvoch po sebe nasledujúcich vegetačných období (2003/2004 a 2004/2005), bude potrebné vyhodnotiť vplyv minimalizačného obrábania pôdy na obsahy jednotlivých foriem dusíka v nej aj z dlhodobého hľadiska a tak určiť najoptimálnejšie riešenie, spôsob, prípadne kombináciu spôsobov obrábania pôdy.

Variant hnojenia pôdy ako ďalší sledovaný faktor, ktorý výrazne ovplyvňuje ekonomiku pestovania mal štatistický vplyv len na obsahy amónneho dusíka. Napriek tomu môžeme konštatovať vzostupný trend priemerných obsahov v prípade všetkých sledovaných foriem dusíka v pôde od variantu hnojenia 0 – kontrolný variant bez hnojenia až po maximálne priemerné obsahy zistené vo variante priemyselných hnojív so súčasným zapracovaním pozberových zvyškov predplodiny – PH + ZV. Z týchto skutočností vyplýva priaznivý vplyv hnojenia priemyselnými, ale aj organickými hnojivami na zvyšovanie obsahu dusíka v pôde.

## 5 Použitá literatúra

**ANDĚL, J. 1985.** Matematická štatistika. Praha : Státní nakladatelství technické literatury. 1985, 346 s.

**BALÍK, J. – ČERNÝ, J. – TLUSTOŠ, P. – ZITKOVÁ, M. 2003.** Nitrogen balance and mineral nitrogen content in the soil in a long experiment with maize under different systems of N fertilization. In: *Plant, Soil and Environment*, vol. 49, 2003, no. 12, p. 554-559.

**BIELEK, P. 1998.** *Dusík v poľnohospodárskych pôdach Slovenska*. Bratislava : VÚPÚ. 1998, 256 s. ISBN 80-85361-44-2.

**BÍZIK, J. 1989.** *Podmienky optimalizácie výživy rastlín dusíkom*. Bratislava : VEDA (vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied). 1989, 189 s. ISBN 80-224-

0041-6.

**BÍZIK, J. – ZÁPOTOČNÝ, V. 2002.** Význam diagnostiky obsahu dusíka v pôde pre výživu rastlín. In: *Naše pole*, roč. VI, 2002, č. 2, s. 8-9.

**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.

**HANÁČKOVÁ, E. 1997.** Význam vania pohybu dusíka v pôde pri pestovaní poľných plodín z hľadiska hrany životného prostredia. In: *Medzinárodný seminár ENVIRO Nit. – 25. apríla 1997*. Nitra : SPU, 1997, s. 179-184.

**IVANIČ, J. – PAČUTA, V. – MAJERNÍK, F. 1994.** Vplyv pomaly pôsobiacich dusíkatých hnojív na zmeny obsahu anorganických frakcií dusíka v pôde a odbere dusíka rastlinami tabaku v priebehu vegetácie. In: *Acta fytotechnica*, Nitra : VŠP, roč. 49, 1994, s. 19-26. ISBN 80-7137-153-X.

**KANTOR, M. 2004.** Vplyv troch spôsobov obrábania pôdy na zmeny obsahov anorganického dusíka pod kukuricou siatou. In: *X. Medzinárodná konferencia študentov a doktorandov, FAPZ SPU Nitra, 22. apríl 2004*. Nitra : SPU, 2004, s. 73-74.

**KANTOR, M. 2005.** Dynamika anorganických foriem dusíka v pôde pri pestovaní kukurice siatej (*Zea Mays L.*). In: *XI. medzinárodná vedecká konferencia študentov a doktorandov, FAPZ SPU Nitra, 20. apríl 2005*. Nitra : SPU, 2005, s. 18.

**LÓPEZ-BELLIDO, R. J. – LÓPEZ-BELLIDO, L. 2001.** Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean conditions: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. In: *Field Crop Research*, vol. 71, 2001, p. 31-46.

**LOŽEK, O. – BÍZIK, J. – FECENKO, J. 1991.** Dynamika anorganického dusíka v pôde a jej vplyv na úrodu a kvalitu jarného jačmeňa. In: *Rostlinná výroba*, roč. 37, 1991, č. 5, s. 441-451.

**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. 2001.** Obsah anorganických foriem dusíka v pôde pod monokultúrou kukurice. In: *Poľnohospodárstvo*, roč. 47, 2001, č. 12, s. 913-922.

**ONDRIŠÍK, P. – ČERNÝ, I. 2002.** Changes in the content of inorganic nitrogen in the soil during the growing season of winter wheat in dependence on fertilisation. In: *Acta fytotechnica et zootechnica*, roč. 5, 2002, č. 3, s. 64-67.

**ONDRIŠÍK, P. – GALUŠČÁKOVÁ, E. – FRIDRICHOVÁ, M. 2002.** Vplyv spôsobu obrábania a hnojenia na obsah anorganického dusíka v pôde pod pšenicou letnou f. ozimnou. In: *Aktuálne problémy riešené v agrokomplexe*. Nitra : SPU, 2002, s. 158-161. ISBN 80-8069-126-6.

**ONDRIŠÍK, P. – URMINSKÁ, J. 2003.** Dynamika anorganického dusíka v pôde pod pšenicou letnou f. ozimnou v závislosti na agrotechnických opatreniach. In: *Aktuálne problémy riešené v agrokomplexe*. Nitra : SPU, 2003,

s. 132-137. ISBN 80-8069-295-5.

**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.

**STEHLÍKOVÁ, B. – ŠKULECOVÁ, M. 1999.** *Statgraphics*. Nitra : SPU. 1999, 171 s. ISBN 80-7137-570-5.

**STEMMER, M. – VON LÜTZOW 18 – KANDELER, E. et al. 1999.** The effect of maize straw placement on mineralization of C and N in soil particle size fractions. In: *European Journal of Agronomy*, vol. 50, 1999, p. 73-85.

**ŠOLTYSOVÁ, B. 1997.** Vzťahy medzi dynamikou pôdneho dusíka a technologickou kvalitou jarného jačmeňa. In: *Jačmeň – výroba a zhodnotenie : Odborný seminár s medzinárodnou účasťou*. Nitra : SPU, 1997, s. 116-118. ISBN 80-7137-360-5.

**ŠOLTYSOVÁ, B. 1998.** Mobilita a distribúcia prístupných foriem dusíka v závislosti na diferenčnom spracovaní pôdy. In: *Zborník vedeckých prác Oblastného výskumného ústavu agroekológie v Michalovciach, 14*. Michalovce : Oblastný výskumný ústav agroekológie, 1998, s. 15-25.

**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, s. 197-200. ISBN 80-902436-3-0.

**ŠOLTYSOVÁ, B. – KOVÁČ, L. 2001.** Vplyv hnojenia na zmeny obsahu anorganického dusíka v pôde a niektoré kvalitatívne parametre sušiny trávneho porastu. In: *Zborník vedeckých prác Oblastného výskumného ústavu agroekológie v Michalovciach, 17*. Michalovce : Oblastný výskumný ústav agroekológie, 2001, s. 131-139. ISBN 80-968675-0-4.

**ŠTEVLÍKOVÁ, T. – KOPČANOVÁ, E. 1996.** Transformácia dusíka v pôde pri rôznych systémoch obrábania. In: *Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie „AF a vývoj poľnohospodárstva na Slovensku“ : environmentálne problémy súčasného poľnohospodárstva. Sekcia c*. Nitra : VŠP, 1996, s. 173-176. ISBN 80-7137-276-5.

## 6 Zoznam publikovaných prác autora

**GALUŠČÁKOVÁ, E. – ONDRIŠÍK, P. – KANTOR, M. 2006.** Vplyv spôsobu hnojenia a obrábania na obsah anorganických foriem dusíka v pôde pod jačmeňom jarným. In: *Agrochémia*, vol. X. (46), 2006, č. 3, s. 8-12.

**GALUŠČÁKOVÁ, E. – ONDRIŠÍK, P. – KANTOR, M. – URMINSKÁ, J. 2006.** Sezónne zmeny anorganických foriem dusíka v pôde Prírodnej rezervácie Žitavský luh. In: *Zem v pasci? I. ročník medzinárodnej vedeckej konferencie, Analýza zložiek životného prostredia, 26.-28. apríl 2006, Hotel Polianka Krpáčovo*. s. 181-194.

**KANTOR, M. 2002.** Resorpcia ťažkých kovov rôznymi plodinami v okolí

chemických podnikov. In: *VIII. Medzinárodná vedecká konferencia študentov a doktorandov, FAPZ SPU Nitra, 18. apríl 2002*. Nitra : SPU, 2002, s. 110-111.

**KANTOR, M. 2003.** Resorpcia ťažkých kovov rôznymi plodinami v okolí chemických podnikov – Chemko Strážske. In: *I. Vedecká konferencia študentov a doktorandov, FBP SPU Nitra, 10. apríl 2003*. Nitra : SPU, 2003, s. 29-30.

**KANTOR, M. 2004.** Vplyv troch spôsobov obrábania pôdy na zmeny obsahov anorganického dusíka pod kukuricou. In: *X. Medzinárodná konferencia študentov a doktorandov, FAPZ SPU Nitra, 22. apríl 2004*. Nitra : SPU, 2004, s. 73-74.

**KANTOR, M. 2004.** Zhodnotenie sezónnych zmien obsahov anorganického dusíka v pôde Prírodnej rezervácie Žitavský luh. In: *X. Medzinárodná konferencia študentov a doktorandov, FAPZ SPU Nitra, 22. apríl*. Nitra : SPU, 2004, s. 74-75.

**KANTOR, M. – ONDRIŠÍK, P. – URMINSKÁ, J. 2004.** Dynamika anorganických foriem dusíka v pôde v závislosti na spôsobe obrábania pôdy. In: *Aktuálne problémy riešené v agrokomplexe, 19. november 2004* [CD-ROM]. Nitra : SPU, 2004. ISBN 80-8069-488-6.

**KANTOR, M. 2005.** Dynamika anorganických foriem dusíka v pôde pri pestovaní kukurice siatej (*Zea Mays L.*). In: *XI. Medzinárodná vedecká konferencia študentov a doktorandov, FAPZ SPU Nitra, 20. apríl 2005*. Nitra : SPU, 2005, s. 18.

**KANTOR, M. – ONDRIŠÍK, P. 2005.** Dynamic of inorganic nitrogen forms in the soil of Natural Reservation Žitavský luh. In: *Folia Oecologica – v tlači*.

**KANTOR, M. – ONDRIŠÍK, P. 2005.** Vplyv obrábania, hnojenia a klimatických faktorov na dynamiku anorganických foriem dusíka v pôde. In: *Konferencia Enviro FZKI SPU Nitra 2005, Zborník príspevkov* [CD-ROM]. Nitra : SPU, 2005.

**KANTOR, M. – ONDRIŠÍK, P. 2005.** Influence of cultivate interventions and climatic factors on dynamic of inorganic nitrogen forms in the soil. In: *JCEA – Journal of Central European Agriculture – v tlači*.

**KANTOR, M. – ONDRIŠÍK, P. – GALUŠČÁKOVÁ, E. 2006.** Vplyv pestovateľských zásahov a klimatických faktorov na dynamiku anorganických foriem dusíka v pôde. In: *Agrochémia*, vol. X. (46), 2006, č. 2, s. 3-8.

**ONDRIŠÍK, P. – KANTOR, M. 2004.** Zmeny v obsahu anorganického dusíka v pôde Prírodnej rezervácie Žitavský luh. In: *Aktuálne problémy riešené v agrokomplexe, 19. november 2004* [CD-ROM]. Nitra : SPU, 2004. ISBN 80-8069-488-6.

**ONDRIŠÍK, P. – KANTOR, M. – URMINSKÁ, J. 2004.** Vplyv obrábania na zmeny obsahu anorganického dusíka v pôde pod kukuricou. In: *Aktuálne problémy riešené v agrokomplexe, 19. november 2004* [CD-ROM]. Nitra : SPU, 2004. ISBN 80-8069-488-6.

**ONDRIŠÍK, P. – URMINSKÁ, J. – KANTOR, M. 2004.** The dynamics of inorganic nitrogen in the soil during the growing season of winter wheat as

dependent on agrotechnical measures. In: *Acta fytotechnica et zootechnica*, roč. 7, 2004, č. 1, s. 14-19.

