

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA NITRA
FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH ZDROJOV

118562

DYNAMIKA DUSÍKA V PÔDE V ZÁVISLOSTI OD
AGROTECHNICKÝCH OPATRENÍ

2010

Bc. Gabriela Kobellová

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
NITRA
FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH ZDROJOV**

**DYNAMIKA DUSÍKA V PÔDE V ZÁVISLOSTI OD
AGROTECHNICKÝCH OPATRENÍ**

Diplomová práca

Študijný program:	Udržateľné poľnohospodárstvo a rozvoj vidieka
Študijný odbor:	6.1.1 Všeobecné poľnohospodárstvo
Školiace pracovisko:	Katedra environmentalistiky a zoológie
Školiteľ:	Doc. Ing. Peter Ondrišík, PhD

Nitra 2010

Bc. Gabriela Kobellová

Čestné vyhlásenie

Podpísaná Gabriela Kobellová týmto prehlasujem, že som predloženú diplomovú prácu na tému „Dynamika dusíka v pôde v závislosti od agrotechnických opatrení,, vypracovala samostatne s použitím uvedenej literatúry. Diplomová práca bezprostredne naväzuje na moju bakalársku prácu.

Som si vedomá zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre dňa 03.03. 2010

.....

Bc. Gabriela KOBELLOVÁ

Pod'akovanie

Veľmi pekne ďakujem vedúcemu diplomovej práce Doc. Ing. Petrovi Ondrišíkovi, PhD., za pomoc pri vypracovávaní diplomovej práce, za poskytnutie odborných rád, pripomienok, metodické usmernenie a za jeho milý prístup.

Ďakujem tiež p. Ing. M. Fridrichovej za pomoc pri analytickom rozbere.

Moje veľké pod'akovanie patrí mojim rodičom, ktorí ma podporovali počas celého štúdia.

ABSTRAKT

Premeny dusíka v pôde sú rozhodujúcim úrodotvorným faktorom, a preto je dôležité tieto procesy poznať a citlivo ovplyvňovať v prospech človeka a jeho životného prostredia. Zvyšovanie úrod poľnohospodárskych plodín je možné dosiahnuť nielen použitím vyšších dávok živín, ale aj ich racionálnou aplikáciou.

Cieľom práce bolo zhrnúť poznatky o dynamike anorganických foriem dusíka v pôde pod pšenicou letnou f. ozimnou a jednotlivých faktorov vplývajúcich na jeho zmeny a zanalyzovať obsah dusičnanového a amónneho dusíka v pôdných vzorkách a stanoviť obsah anorganického dusíka. Vzorky pôdy boli odoberané v pravidelných dvojtýždňových intervaloch, počas celého vegetačného obdobia (2006/ 2007 a 2007/ 2008) a boli stanovované obsahy dusičnanového a amónneho dusíka a následne zisťovaný obsah anorganického dusíka. Pri vyhodnocovaní koncentrácie bol sledovaný vplyv viacerých faktorov: typ orby (B1- stredne hlboká orba; B2- plytká orba), hnojenie (0- nehnojená kontrola; PH- priemyselné hnojivá; PH+ PZ- priemyselné hnojivá+ pozberové zvyšky), hĺbka (0,0- 0,3 m; 0,3- 0,6 m) a termín odberu vo vegetačnom období. Na štatistické zhodnotenie obsahov jednotlivých foriem dusíka sme použili Tukey-ov test, ktorý bol najvhodnejší z hľadiska sledovaných faktorov.

Priemerný obsah dusičnanového dusíka v pôde za celé pokusné obdobie bol 3,76 mg. kg⁻¹. Minimálny obsah zistený za celé pokusné obdobie mal hodnotu 0,72 mg. kg⁻¹ a maximálny obsah dosiahol hodnotu 32,6 mg. kg⁻¹ pôdy. S týmto rozpätím súvisí aj vysoká hodnota variačného koeficientu, ktorá je 91,69 %, čo dokazuje výraznú dynamiku tejto formy dusíka. Štatisticky významné rozdiely v obsahoch dusičnanového dusíka pri 95% hladine významnosti a štatisticky vysoko významné rozdiely pri 99% hladine významnosti sa prejavili pri hĺbke odberu, dátume odberu a vegetačnom období. Štatistické rozdiely sa neprejavili pri hnojení a spôsobe obrábania pôdy.

Priemerný obsah amónneho dusíka v pôde za celé pokusné obdobie bol 5,01 mg. kg⁻¹. Minimálny obsah zistený za celé pokusné obdobie mal hodnotu 2,69 mg. kg⁻¹ a maximálny obsah dosiahol hodnotu 15,99 mg. kg⁻¹ pôdy. Variačný koeficient amónneho dusíka bol v porovnaní s dusičnanovým dusíkom nižší a dosiahol hodnotu 27,34 %. Štatisticky vysoko významný rozdiel obsahov amónneho dusíka sa prejavil pri hnojení. Štatisticky významné rozdiely sa prejavili pri vegetačnom období. Štatistické rozdiely sa neprejavili pri hĺbke, dátume odberu pôdných vzoriek a spôsobe obrábania pôdy.

Priemerný obsah anorganického dusíka v pôde za celé pokusné obdobie bol 8,77 mg. kg⁻¹. Minimálny obsah zistený za celé pokusné obdobie mal hodnotu 4,71 mg. kg⁻¹ a maximálny obsah dosiahol hodnotu 39,27 mg. kg⁻¹ pôdy. Variačný koeficient anorganického dusíka dosiahol hodnotu 42,65 %. Zo štatistických výsledkov vyplýva, že štatisticky vysoko významné rozdiely sa prejavili pri hĺbke a dátume odberu pôdných vzoriek. Štatisticky významné rozdiely v obsahoch anorganického dusíka sa prejavili pri hnojení. Štatistické rozdiely sa neprejavili pri vegetačnom období a spôsobe obrábania pôdy.

Kľúčové slová: dusičnanový dusík, amónny dusík, anorganický dusík, dynamika, hnojenie pôdy, obrábanie pôdy

ABSTRACT

Transformation of nitrogen in the soil is a decisive factor for crop production and therefore it is important for these processes to be known and positively influenced in favor of people and the environment. We can achieve an increase in agricultural crops not only using higher doses of nutrients but also their rational application.

The target was to summarize the findings on the dynamics of inorganic nitrogen forms in soil under summer wheat f. winter and various factors affecting the change and analyze the content of nitrate and ammonium nitrogen in the soil samples and determine the content of inorganic nitrogen. The soil samples were collected at regular intervals of two week periods throughout the growing season (2006/ 2007 a 2007/ 2008) and the levels of ammonium nitrate, nitrogen nitrate, and inorganic nitrate were determined. In assessing the impact of concentration several factors were studied: the type of tillage (B1- medium deep plowing; B2- shallow tillage), fertilization (0- unfertilized control; PH- industrial fertilizers; PH+ PZ- industrial fertilizers+ incorporation of post harvest residues) depth (0,0- 0,3 m; 0,3- 0,6 m) and date of harvesting in the vegetation period. For statistical evaluation of the contents of various forms of nitrogen, we used Tuke's test, which was best pursued in terms of factors.

The average content of nitrate nitrogen in the soil for the entire experiment was 3,76 mg. kg⁻¹. The minimum content found for the whole experiment amounted to 0,72 mg. kg⁻¹ and the maximum value reached 32,6 mg. kg⁻¹ of soil. This margin is related to the high value of the coefficient of variation, which is 91,69 %, which proves a significant dynamic of this form of nitrogen. Statistically significant differences in contents of nitrate nitrogen at the 95 % level of significance and statistically highly significant differences at 99 % level of significance accrued at a depth of sampling, sampling date and the growing season. Statistical differences are not shown in fertilization and tillage method.

The average content of ammonium nitrogen in the soil for the entire experiment was 5,01 mg. kg⁻¹. The minimum content for the entire experiment was 2,69 mg. kg⁻¹ and the maximum value reached 15,99 mg. kg⁻¹ of soil. The coefficient of variation of ammonium nitrogen compared to nitrate nitrogen was lower and reached 27,34 %. Statistically highly significant difference contents ammonium nitrogen was reflected in fertilization. Statistically significant differences were manifested in growing season.

Statistical differences are not shown in depth, sampling date of soil samples and method of tillage.

The average content of inorganic nitrogen in the soil for the entire experiment was 8,77 mg. kg⁻¹. The minimum content has a value 4,71 mg. kg⁻¹ for the entire experiment and the maximum value reached 39,27 mg. kg⁻¹ of soil. The coefficient of variation of inorganic nitrogen reached 42,65%. The statistical results show that a statistically highly significant differences occurred at depth and sampling date of soil samples. Statistically significant differences occurred at fertilization. Statistical differences are not shown in the growing season and tillage method.

Key words: nitrate nitrogen, ammonium nitrogen, inorganic nitrogen, dynamics, soil fertilization, soil tillage

Obsah

Obsah	8
Úvod	12
1 PREHEAD LITERATÚRY	13
1.1 Dusík	13
1.2 Zdroje dusíka	13
1.3 Formy dusíka	15
1.3.1 Organický dusík	15
1.3.2 Anorganický dusík	16
1.4 Kolobeh dusíka	17
1.5 Premeny dusíka v pôde	18
1.5.1 Biologická fixácia atmosférického dusíka	18
1.5.1.1 Asymbiotické viazanie vzdušného dusíka	19
1.5.1.2 Symbiotické viazanie vzdušného dusíka	20
1.5.2 Mineralizácia organických dusíkatých látok- Amonizácia	21
1.5.3 Nitrifikácia	23
1.5.3.1 Autotrófna nitrifikácia	23
1.5.3.2 Heterotrófna nitrifikácia	24
1.6 Imobilizácia dusíka	24
1.6.1 Biologická imobilizácia minerálneho dusíka	25
1.6.1.1 Imobilizácia dusíka mikroorganizmami	26
1.6.1.2 Imobilizácia dusíka rastlinami	27
1.6.2 Nebiologická imobilizácia minerálneho dusíka	27
1.7 Straty dusíka	28
1.7.1 Straty dusíka v plynnej forme	29
1.7.1.1 Volatilizácia amoniaku	29
1.7.1.2 Denitrifikácia	30
1.7.2 Straty dusíka vyplavovaním	31
1.7.3 Straty dusíka eróziou	32
1.7.4 Odber dusíka z pôdy rastlinami	33
1.8 Vplyv agrotechnických zásahov na dynamiku N_{an}	33
1.9 Vplyv hnojenia na dynamiku N_{an}	35

2 CIEĽ PRÁCE	37
3 MATERIÁL A METODIKA	38
3.1 Stanovenie dusičnanového dusíka N- NO₃⁻	39
3.2 Stanovenie amónneho dusíka N- NH₄⁺	40
4 VÝSLEDKY	42
4.1 Hodnotenie dynamiky obsahov amónneho, dusičnanového a anorganického dusíka v pôde v závislosti od sledovaných faktorov	42
4.1.1 Hodnotenie dynamiky N- NH ₄ ⁺ , N- NO ₃ ⁻ a N _{an} pri použití spôsobu obrábania pôdy B1 (stredne hlboká orba do 0,25 m) a variantu hnojenia 0 (nehnojená kontrola) v hĺbke 0,0- 0,3 a 0,3- 0,6 m	42
4.1.2 Hodnotenie dynamiky N- NH ₄ ⁺ , N- NO ₃ ⁻ a N _{an} pri použití spôsobu obrábania pôdy B1 (stredne hlboká orba do 0,25 m) a variantu hnojenia PH (NPK hnojivá) v hĺbke 0,0- 0,3 a 0,3- 0,6 m	45
4.1.3 Hodnotenie dynamiky N- NH ₄ ⁺ , N- NO ₃ ⁻ a N _{an} pri použití spôsobu obrábania pôdy B1 (stredne hlboká orba do 0,25 m) a variantu hnojenia PH+ PZ (NPK hnojivá+ pozberové zvyšky) v hĺbke 0,0- 0,3 a 0,3- 0,6 m	48
4.1.4 Hodnotenie dynamiky N- NH ₄ ⁺ , N- NO ₃ ⁻ a N _{an} pri použití spôsobu obrábania pôdy B2 (plytká orba do 0,20 m) a variantu hnojenia 0 (nehnojená kontrola) v hĺbke 0,0- 0,3 a 0,3- 0,6 m	50
4.1.5 Hodnotenie dynamiky N- NH ₄ ⁺ , N- NO ₃ ⁻ a N _{an} pri použití spôsobu obrábania pôdy B2 (plytká orba do 0,20 m) a variantu hnojenia PH (NPK hnojivá) v hĺbke 0,0- 0,3 a 0,3- 0,6 m	53
4.1.6 Hodnotenie dynamiky N- NH ₄ ⁺ , N- NO ₃ ⁻ a N _{an} pri použití spôsobu obrábania pôdy B2 (plytká orba do 0,20 m) a variantu hnojenia PH+ PZ (NPK hnojivá+ pozberové zvyšky) v hĺbke 0,0- 0,3 a 0,3- 0,6 m	56
4.2 Štatistické hodnotenie obsahov N- NH₄⁺, N- NO₃⁻, N_{an} v pôde	58
4.2.1 Štatistické hodnotenie dusičnanového dusíka v pôde	59
4.2.1.1 Hodnotenie vplyvu spôsobu obrábania pôdy na obsahy dusičnanového dusíka	60
4.2.1.2 Hodnotenie vplyvu variantu hnojenia pôdy na obsahy	

dusičnanového dusíka	60
4.2.1.3 Hodnotenie vplyvu hĺbky odberu pôdných vzoriek na obsahy dusičnanového dusíka	61
4.2.1.4 Hodnotenie vplyvu dátumu odberu pôdných vzoriek na obsahy dusičnanového dusíka	61
4.2.1.5 Hodnotenie vplyvu vegetačného obdobia na obsahy dusičnanového dusíka	62
4.2.2 Štatistické hodnotenie amónneho dusíka v pôde	63
4.2.2.1 Hodnotenie vplyvu spôsobu obrábania pôdy na obsahy amónneho dusíka	64
4.2.2.2 Hodnotenie vplyvu variantu hnojenia pôdy na obsahy amónneho dusíka	64
4.2.2.3 Hodnotenie vplyvu hĺbky odberu pôdných vzoriek na obsahy amónneho dusíka	65
4.2.2.4 Hodnotenie vplyvu dátumu odberu pôdných vzoriek na obsahy amónneho dusíka	65
4.2.2.5 Hodnotenie vplyvu vegetačného obdobia na obsahy amónneho dusíka	66
4.2.3 Štatistické hodnotenie anorganického dusíka v pôde	66
4.2.3.1 Hodnotenie vplyvu spôsobu obrábania pôdy na obsahy anorganického dusíka	68
4.2.3.2 Hodnotenie vplyvu variantu hnojenia pôdy na obsahy anorganického dusíka	68
4.2.3.3 Hodnotenie vplyvu hĺbky odberu pôdných vzoriek na obsahy anorganického dusíka	69
4.2.3.4 Hodnotenie vplyvu dátumu odberu pôdných vzoriek na obsahy anorganického dusíka	69
4.2.3.5 Hodnotenie vplyvu vegetačného obdobia na obsahy anorganického dusíka	70
5 DISKUSIA	71
5.1 Dusičnanový dusík v pôde	71
5.2 Amónny dusík v pôde	73

5.3 Anorganický dusík v pôde	74
6 ZÁVER	77
7 NÁVRH PRE VYUŽITIE POZNATKOV PRE PRAX	81
8 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	83

PRÍLOHY

ÚVOD

Poľnohospodárstvo má významné a nezastupiteľné postavenie z celosvetového i celospoločenského hľadiska. Poľnohospodárstvo je najrozsiahlejšou činnosťou človeka v prírode s pozitívnym i negatívnym vplyvom na kvalitu prírodného prostredia. Základnou podmienkou realizácie poľnohospodárskej výroby je jej primárna závislosť od pôdy. Pôda je nenahraditeľné a najväčšie prírodné bohatstvo ľudstva. Pôda je základný výrobný prostriedok v poľnohospodárstve. Veľmi dôležité pre zefektívnenie poľnohospodárskej výroby je určenie dávok hnojív na základe rozborov pôdy. Vhodnou aplikáciou minerálnych a organických hnojív zabezpečujeme potrebný obsah jednotlivých živín v pôde a následnú využiteľnosť rastlinami.

Dusík má vo výžive rastlín nezastupiteľné miesto. Dôležitosť dusíka vyplýva z jeho nevyhnutnosti pri tvorbe organickej hmoty a súčasne aj pri obžive obyvateľstva. Dusík je limitujúci faktor života na Zemi (súčasť bielkovín), súčasne však aj významný činiteľ zhoršovania kvality životného prostredia a nepriateľ zdravia zvierat a ľudí. Premeny dusíka v pôde sú rozhodujúcim úrodotvorným faktorom, a preto je dôležité tieto procesy poznať a citlivo ovplyvňovať v prospech človeka a jeho životného prostredia.

Zvyšovanie úrod poľnohospodárskych plodín je možné dosiahnuť nielen použitím vyšších dávok živín, ale aj ich racionálnou aplikáciou. Množstvo anorganického dusíka v pôde determinujú pôdne a klimatické podmienky, vegetačný kryt, spôsob exploatácie pôdy, aplikácia priamych a nepriamych hnojív. Zmeny v obsahu a formách dusíka v pôde však závisia nielen od hnojenia, ale aj od vlastností pôdy, ktoré podmieňujú mikrobiálne procesy mineralizácie a jeho imobilizácie v pôde. Preto je žiaduce prispôbiť hnojenie aj typu a druhu pôdy.

Prebytky dusíka predstavujú riziko nahromadenia dusičnanov a dusitanov v pôde a následne aj v rastlinách. Nadmerný obsah dusíka v poľnohospodárskych plodinách môže vyvolať rôzne choroby a otravy konzumentov, a preto je pre skvalitnenie výživy veľmi dôležité sledovať obsah dusíka v pôde.

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.

1 PREHĽAD LITERATÚRY

1.1 Dusík

Dusík je spolu s uhlíkom, kyslíkom a vodíkom základným stavebným prvkom a tvorí podstatnú časť živej hmoty (Torma, 2005).

Podľa Böhma (1988), je to jeden z najdôležitejších prvkov vo výžive rastlín. Rastliny ho prijímajú vo forme amoniaku alebo kyseliny dusičnej, len bôbovité rastliny sú schopné prostredníctvom hrčkotvorných baktérii využívať dusík v čistej forme z ovzdušia. Rastliny majú veľkú spotrebu dusíka, napríklad rodiaca jablň odčerpá z pôdy až 7 kg dusíka za rok. Preto rastliny treba pravidelne zásobovať dusíkom, samozrejme však dávkami úmernými ostatným dodávaným živinám.

Nedostatok N spôsobuje:

- nedostatočná tvorba vegetatívnych orgánov (bledozelená až žltá farba listov),
- hnednutie,
- menšie rozmery rastlín,
- malá listová plocha.

Nadbytok N spôsobuje:

- bujný rast vegetatívnych orgánov,
- krehkosť stebiel,
- slabé a oneskorené kvitnutie,
- nedostatočná tvorba a horšia kvalita plodov.

1.2 Zdroje dusíka

Celkové množstvo dusíka v prírode sa odhaduje na $2,17 \cdot 10^{17}$ ton, pričom viac ako 98 % z celkového obsahu dusíka na Zemi sa nachádza v litosfére. Celkový obsah dusíka v ornici sa pohybuje v rozpätí 0,05 – 0,55%. V reprezentatívnych pôdnych typoch Slovenska sa priemerné hodnoty celkového dusíka pohybujú od 0,11 do 0,23%, pričom najvyššie obsahy celkového dusíka sú v lužných pôdach, menej v černozemiach a najmenej v hnedozemiach, luvizemiach a regozemi. V jednotlivých pôdnych profiloch sú výrazné rozdiely v obsahoch celkového dusíka. Najviac dusíka je v humusovom horizonte v porovnaní s nižšie uloženými vrstvami pôdy.

Obsah celkového dusíka v pôde je pomerne stála hodnota, pretože dusík je v rozhodujúcej miere zabudovaný do organických zlúčenín, ktoré sú ťažko mikrobiologicky a chemicky rozložiteľné. Prevažná časť dusíka je viazaná na aromatické jadrá humínových kyselín, fulvokyselín, humínov a ďalších zložitých organických zlúčenín, a preto sa obsah celkového dusíka v pôde dáva do súvisu s obsahom oxidovateľného uhlíka. Zdrojom dusíka pre rastliny je dusík z priemyselných a organických hnojív, pôdnej organickej hmoty, fixácia dusíka symbiotickými a nesymbiotickými baktériami a taktiež elektrické výboje v atmosfére (Šoltysová, 2007).

Pôdna organická hmota tvorí zložku pôdy, ktorej súčasťou sú zvyšky rastlín a živočíchov, produkty ich čiastočnej premeny, pôdna biomasa a produkty jej metabolizmu. V pôde plní viacero funkcií. Okrem toho, že je zdrojom živín pre rastliny, zohráva dôležitú úlohu aj vo vzťahu k formovaniu dôležitých fyzikálnych, chemických a biologických vlastností pôdy. Jej množstvo v našich pôdach neustále ubúda, a preto je nevyhnutné využívať všetky jej zdroje. Jednou z možností je efektívne využitie potenciálu pozberových zvyškov rastlín. Ich množstvo zostávajúce na poli však závisí aj od použitej technológie zberu. Rastlinné zvyšky sú rôznorodé a môžu prevažovať drevnaté alebo bylinné časti, nadzemná alebo koreňová hmota, vegetatívne alebo generatívne orgány. Každá z týchto zložiek je rôzne odolná voči rozkladu. Chemické zloženie pozberových zvyškov jednotlivých poľnohospodárskych plodín je rôzne a môže výrazne zasiahnuť do procesov transformácie organických látok v pôde (Tobiašová, 2007).

Oxidy dusíka vytvorené v atmosfére sa prostredníctvom dažďa a pevného spádu dostávajú do pôdy a vody. A naopak, oxidy dusíka sa môžu uvoľňovať do atmosféry z pôdy a to v procese biologickej denitrifikácie, ako aj chemicky, rozkladom dusitanov v kyslých pôdach (Ondrišík, 1998).

Produkčné a ekologické funkcie dusíka v pôde sú spojené najmä s anorganickým dusíkom. Jeho najdôležitejším zdrojom v pôde sú mineralizačné procesy (amonizácia) s následnou možnou biologickou premenou (nitrifikácia). Do pôdy sa ďalej dostáva z ovzdušia (depozícia, biologická fixácia) a hnojením (Bizík, 1989; Bielek, 1998).

Podiel hlavných zdrojov dusíka na jeho celkovom vstupe do pôdy je nasledovný: priemyselné hnojivá 38,7% (0,0 až 53,2%), hnojivá zo živočíšnej výroby 29,2% (21,6 až 37,3%), atmosférická depozícia 17,6% (11,2 až 32,3%), biologická fixácia dusíka 12,4% (5,3 až 29,8%) (Bujnovský, 2000).

1.3 Formy dusíka

Dusík sa v pôde nachádza vo forme organickej a anorganickej. Z celkového dusíka obsiahnutého v pôde tvoria anorganické formy len 1- 2% a sú to najmä dusičnanový a amónny dusík. Práve tieto formy dusíka sú pre rastliny dobre prijateľné. Z organických foriem je dusík premieňaný na minerálnu formu prístupnú pre rastliny (Klimeková, Lehocká, 2008).

Zmeny v obsahu a formách dusíka v pôde závisia nielen od hnojenia, ale aj od vlastností pôdy, ktoré podmieňujú mikrobiologické procesy mineralizácie a imobilizácie dusíka v pôde. Anorganický dusík je hlavným zdrojom dusíkatej výživy rastlín. Vzhľadom na jeho pohyblivosť v pôdnom roztoku sa venuje zvýšená pozornosť dusičnanej (N- NO_3^-) a amoniakálnej forme dusíka (N- NH_4^+) (Jedlovská, Ondrišík, Pačuta, 2001).

1.3.1 Organický dusík

Organický dusík (98 – 99%) tvorí podstatnú časť z celkového dusíka v pôde. V pôde je tvorený rastlinnými a živočíšnymi zvyškami, biomasou mikroorganizmov (baktérie, riasy, mikroskopické huby, aktinomycéty, prvoky), produktami biologických a chemických premien organických dusíkatých látok a najmä humusom. Asi 24-50% organického dusíka tvoria proteíny a polypeptidy, 3 -10% nukleové kyseliny, 5 -10% aminosacharidy a asi 50% tzv. neidentifikované organické humusové látky (väčšinou kondenzáty aminokyselín a polyfenolov) (Hayes et al., 1989).

Organický dusík je základnou zložkou pôdneho humusu (Bedrna, 2006).

Humusové látky, sú látky vytvorené druhotne z primárnej organickej hmoty (odumreté telá organizmov a ich časti) činnosťou mikroorganizmov v zložitých procesoch pre rozklad humusotvorného substrátu je potrebné, aby bol prijateľný pre mikroflóru a obsahoval množstvo dusíka a minerálnych látok (Števlíková et al., 1994).

Už z dávnej minulosti sa traduje, že pôdy bohaté na humus sú úrodné a poskytujú vysoké úrody. Obsah humusu v pôde je nízky a často nepresahuje 1- 2%. Humus, jeho obsah a kvalita, priamo i nepriamo ovplyvňujú fyzikálne vlastnosti pôd a pôdnu úrodnosť, hlavne pôdnu štruktúru a vytváranie optimálnych podmienok pre príjem vody a živín. V prírodných podmienkach plní úlohu regulátora nevyhnutných pre rast rastlín. Najkvalitnejšie pôdy obsahujú spravidla najmenej humusu (Zaujec, 2007).

Dôkazom tohto tvrdenia je fakt, že v našich najúrodnejších černozemných pôdach sa vyskytuje iba okolo 2,5% humusu, zatiaľ čo kambizemné pôdy majú 5- 6% humusu. Jeho kvalita a tým aj úrodnosť pôd však ďaleko zaostáva za kvalitou humusu černozemí (Žák et al., 2007).

Podľa schopností podliehať mineralizácii, rozdeľujeme pôdny organický dusík na **hydrolyzovateľný** a **nehydrolyzovateľný**, ktorý len ťažko podlieha rozkladu a reprezentuje väčšinu organického dusíka v pôde (Bielek, 1998).

Zdrojom hydrolyzovateľného dusíka sú rastlinné a živočíšne zvyšky, biomasa mikroorganizmov, ich metabolity a všetky druhy organických hnojív. Nehydrolyzovateľný zvyšok tvoria stabilnejšie humusné látky zložitejších chemických väzieb, ktoré sú ťažko rozložiteľné mikroorganizmami ale i chemicky (Fecenko, Ložek, 2000).

1.3.2 Anorganický dusík

Podľa Bieleka (1998), predstavuje v pôde len malú časť celkového dusíka a jeho množstvo sezónne podlieha častým a rýchlym zmenám. Anorganické formy dusíka vznikajú aeróbnym rozkladom pôdnej organickej hmoty, z priemyselných hnojív a rastliny ich využívajú priamo. Kvalitatívne je pôdny anorganický dusík reprezentovaný nasledovnými hlavnými typmi zlúčenín:

- amoniakálny (N-NH_4^+) a dusičnanový (N-NO_3^-) dusík ako hlavné formy pôdneho minerálneho dusíka,
- dusitanový (N-NO_2^-) a oxidy dusíka (N_2O , NO , NO_2) vyskytujúce sa v pôde len prechodne,
- iné málo dôležité medzi produkty mikrobiálnych procesov, napr. hydroxylamín (NH_2OH), nitramid ($\text{N}_2\text{H}_2\text{O}_2$) a pod.,
- plynný molekulárny dusík (v pôdnom vzduchu) pôvodom z ovzdušia, alebo ako produkt denitrifikácie (nitrifikácie) v pôde.

Minerálny dusík sa v pôde môže nachádzať v štyroch základných stavoch:

1. V pôdnom vzduchu
2. V pôdnom roztoku
3. Sorbovaný v sorpčnom komplexe pôdy
4. Fixovaný v štruktúre pôdnych minerálov, alebo na pôdnu organickú hmotu

1.4 Kolobeh dusíka

Kolobeh dusíka v prírode bez zásahov človeka je pomerne jednoduchý, pozostáva z viazania molekulového dusíka atmosféry do organických a anorganických väzieb a zo spätného uvoľňovania z týchto väzieb do atmosféry. Atmosféra je najväčším rezervoárom molekulového dusíka (78%).

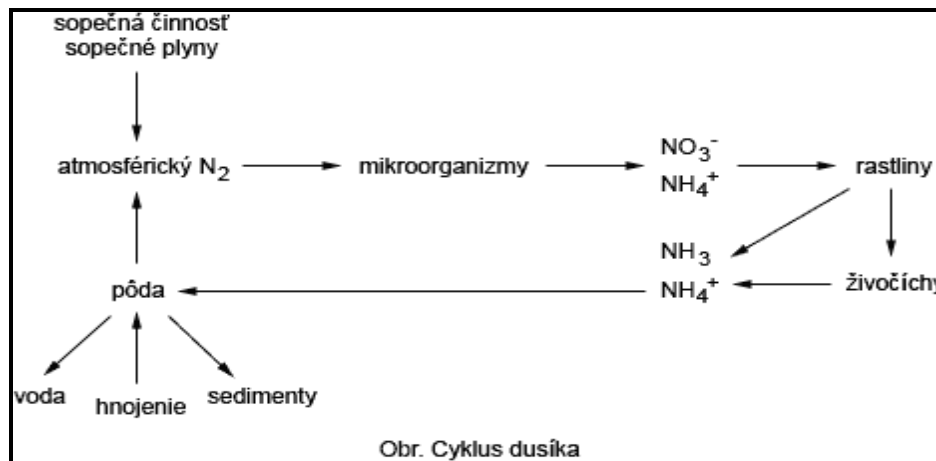
Postupne ako sa na našej planéte objavili prvé formy života, dusík sa v organizmoch biologicky viazal (aminokyseliny, bielkoviny, nukleové kyseliny a iné). To bol hlavný mechanizmus prechodu molekulového dusíka atmosféry do viazanej formy biosféry. Podľa súčasných poznatkov predstavuje tento prínos 60- 80. 10⁶ ton dusíka ročne. V atmosfére vznikali a vznikajú jednoduché anorganické zlúčeniny dusíka elektrickými, fotochemickými a ďalšími neznámymi mechanizmami. Tieto zlúčeniny sa s dažďovou vodou dostávajú na zemský povrch v množstve asi 10. 10⁶ ton za rok. Z týchto zložiek sa teda skladá planetárna bilancia prechodu atmosférického dusíka do biosféry. Z biosféry sa dusík uvoľňuje späť do atmosféry najmä denitrifikáciou ako molekulový dusík. Časť organicky viazaného dusíka zostáva v pôde vo forme humusu. Medzi viazaním N₂ a jeho spätným uvoľňovaním sa vytvorila určitá dynamická rovnováha (Števlíková et al., 2002).

Procesy viazania a uvoľňovania dusíka v jeho kolobehu charakterizuje celý rad mechanizmov podmienených činnosťou mikroorganizmov.

Rozdeľujeme ich do troch hlavných skupín:

- syntetické procesy, ktorými vznikajú organické dusíkaté látky (viazanie atmosférického dusíka, biologická sorpcia dusíka),
- rozkladné procesy, ktorými sa uskutočňuje mineralizácia organických dusíkatých látok (amonizácia),
- premeny minerálnych zlúčenín dusíka (nitrifikácia, denitrifikácia) (Marendiak et al., 1987).

Z ekologického hľadiska je mimoriadne dôležitý vyvážený a prirodzene stabilný obsah dusíka medzi pedosférou a atmosférou. Nepretržite prebiehajúca výmena dusíka medzi týmito prostrediami vývojovo nadobudla rovnováhu, zabezpečovanú rovnako intenzívnymi prirodzenými vstupmi atmosférického dusíka do pôdy a únikom pôdneho dusíka do atmosféry (Mariotti, 1982).



1.5 Premeny dusíka v pôde

Medzi najdôležitejšie premeny dusíka v pôde patria:

- biologická fixácia atmosférického dusíka,
- mineralizácia- amonizácia,
- nitrifikácia,
- imobilizácia.

1.5.1 Biologická fixácia atmosférického dusíka

Biologická fixácia vzdušného dusíka je premena (redukcia) vzdušného N_2 na NH_3 a jeho využitie mikroorganizmami výlučne prokaryotami, vybavenými špecializovaným enzýmom - nitrogenázou. Niektoré z fixátorov sú diazotrofné, t.j. sú schopné využívať ako zdroj dusíka vzdušný molekulový dusík a súčasne aj pôdne zdroje dusíka, zatiaľ čo iné môžu fixovať dusík iba v symbióze s eukaryotickými organizmami (Simonovičová, Pavličková, 2002).

Len málo druhov baktérii a siníc má enzýmový aparát, ktorý im umožňuje molekulový dusík zachytiť a použiť. Ostatná mikroflóra využíva viazaný dusík a to buď minerálny, alebo organický (rastliny výlučne minerálny a živočíchy organický) (Števlíková et al., 2002).

Množstvá dusíka vstupujúce do pôdy symbiotickou a asymbiotickou fixáciou sú hospodársky významné (Kováčik, 1997).

Kováčik (2001) uvádza, že pri pestovaní bôbových rastlín na kŕmne účely podstatná časť fixovaného dusíka nezostáva v pôde, ale je odnášaná úrodou, nadzemnou biomasou. Aká veľká je tá časť, ktorá zostáva v pôde, závisí najmä od spôsobu zberu.

1.5.1.1 Asymbiotické viazanie vzdušného dusíka

Viazanie vzdušného dusíka realizované mikroorganizmami, ktoré voľne žijú v pôde nazývame asymbiotickým viazaním dusíka. Asymbiotické viazanie vzdušného dusíka uskutočňujú voľne žijúce heterotrofné baktérie a autotrofné sinice, medzi ktorými majú najväčší význam rody *Azotobacter*, *Clostridium*, *Anabaena* a *Nostoc*.

Druh *Azotobacter chroococcum* je veľmi náročný na podmienky prostredia, preto je jeho podiel na celkovom množstve pôdnej mikroflóry malý. Je prísne aeróbný, preto sa vyskytuje len v dobre prevzdušnených a primerane vlhkých pôdach. Tieto podmienky splňajú najlepšie pôdy s hrudkovitou štruktúrou neutrálnej až slabo alkalickéj reakcie. V pôdach s pH nižším ako 5 sa prakticky nevyskytuje. V kyslých pôdach nefixuje atmosférický dusík, optimálna teplota je 25- 30°C.

Druh *Clostridium pasteurianum* patrí do skupiny prísne anaeróbných baktérii maslového kvasenia. Energiu potrebnú na púťanie N₂ (na 1g sacharidu viaže 2-8 mg N₂) získava skvasovaním sacharidov. Rozpätie pH v ktorom sa dobre vyvíja, je veľmi široké (4,5- 8,5). Veľmi dobre znáša vysoké nasýtenie pôdy vodou, optimum je 60-80%. Optimálna teplota je 25- 30°C. Baktérie rodu *Clostridium* sa nachádzajú vo vrchných vrstvách pôdy bohatých na organické látky. Malá náročnosť na prostredie umožňuje jeho všadeprítomnosť. V kyslých pôdach sú hlavným fixátorom N₂ , pretože ostatné nitrogénne baktérie chýbajú.

Významná je fixácia N₂ pri niektorých siniciach, najmä druhoch *Anabaena cylindrica* a *Nostoc calcicola*. Sinice, ktoré fixujú dusík, majú tri typy rozdielnych buniek: vegetatívne bunky, spóry a heterocysty. Vyskytujú sa na povrchu pôd, niekoľko cm pod jej povrchom, ale aj vo vodách.

Na rast a rozmnožovanie pozitívne pôsobí svetlo, vlhkosť, dostatok minerálnych živín, vhodné pH a prítomnosť kyslíka (Števlíková et al., 2002).

1.5.1.2 Symbiotické viazanie vzdušného dusíka

Symbiotická fixácia vzdušného dusíka závisí od výskytu konkrétnych rastlín, s ktorými nitrogénna mikroflóra žije v symbióze. Napriek tomu, že prostredníctvom nej sa v jednom roku nafixuje niekoľkonásobne viac dusíka ako asymbiotickou fixáciou, priemerné ročné obohatenie pôd o dusík symbiotickou fixáciou je porovnateľné s asymbiotickou. Niekedy je i nižšie. Závisí to od osevného postupu, od toho ako často sa na daný pozemok zaradi pestovanie rastlín žijúcich v symbióze s nitrogénou mikroflórou a akým spôsobom sú tieto rastliny využívané. Pri pestovaní bôbových rastlín na kŕmne účely podstatná časť z celkového biologicky viazaného (nafixovaného) N nezostáva v pôde vo forme pozberových zvyškov, ale je odnášaná úrodou, nadzemnou biomasou. Pri pestovaní rastlín na zelené hnojenie všetok biologicky fixovaný dusík ostáva v pôde (Dusík, 2006).

Števlíková et al. (2002) uvádza, že symbiotické viazanie N uskutočňuje celý rad nitrogénnych mikroorganizmov.

Podľa typu spolunažívania rozdeľujeme symbiózu na tieto typy:

1. **Nodulujúca symbióza-** spolužitie hrčkotvorných baktérii a rastlín čeľade *Fabaceae*, *Mimosaceae* a *Ceasalpiniaceae* s tvorbou hrčiek na koreňoch
2. **Nenodulujúca symbióza-** spolužitie siníc s niektorými eukaryotickými symbiontami, napr. s hubami a papraďami
3. **Asociatívna symbióza-** spolužitie baktérii a vyšších rastlín v oblasti rizosféry

Nitrogénne baktérie vytvárajú na koreňoch bôbových rastlín hrčky a žijú s nimi v symbióze. Zaraďujeme ich do rodu *Rhizobium* a označujeme ich ako hrčkotvorné baktérie. Hrčkotvorné baktérie prenikajú z pôdy do koreňov bôbových rastlín cez poškodené bunky epidermy alebo kôry (Simonovičová, Pavličková, 2002).

Podľa Števlíkovej et al. (2002) proces vnikania hrčkotvorných baktérii do koreňového pletiva pozostáva pri všetkých bôbových rastlinách z dvoch fáz:

1. Infekcie koreňových vláskov
2. Tvorby hrčiek

Na infekciu koreňového systému je potrebný očkovací preparát (inokulát) s vysokým obsahom životaschopných bakteriálnych buniek v priekoreňovej sfére. Pokiaľ sa očkuje (inokuluje) pôda, je potrebné, aby sa preparát zriedil s vodou (400- 500 l/ha),

postrekom aplikoval na povrch pôdy a kompaktorom zapravil do profilu hĺbky sejby semena (6- 10 cm). Tvorba hrčiek je dôsledkom infikovania cytoplazmy rastlinnej bunky kôrového pletiva rizóbiami, čo vyvoláva aktívne delenie infikovaných i neinfikovaných susedných buniek a tým tvorbu základného pletiva hrčky. Hrčkotvorné baktérie sú prísne aeróbne, preto vyžadujú dobre prevzdušené pôdy a dostatok vlhky. Pri dobrom prevzdušení pôdy sa hrčky tvoria nie len na podpovrchových koreňoch, ale aj na koreňoch uložených hlbšie. Optimálna teplota je 24- 25°C. Najvhodnejšia reakcia pôdy je neutrálna až slabo zásaditá. Sinice fixujú vzdušný dusík, vo voľnom stave sú schopné infikovať eukaryotické organizmy, vytvárať s nimi symbiózu, pričom si zachovávajú schopnosť viazania dusíka. Sinice môžu žiť v symbióze s machorastami, paprad'orastami a hubami (lišajník) (Števlíková et al., 2002).

Rhizobia poskytujú rastlinám 80 – 98% dusíka v prijateľnej forme, čo je výsledkom ich schopnosti premieňať vzdušný dusík na viazaný. Pri vysokej hladine minerálneho dusíka využívajú rastliny prednostne túto formu, zatiaľ čo tvorba hrčiek a ich účinnosť sa znižujú (Marendiak et al., 1987; Russelle, 2005).

V prepočte na poľnohospodárske pôdy Slovenska vstup dusíka cez symbiotickú fixáciu predstavuje 20- 30kg N/ ha/ rok (Bielek, 1997).

1.5.2 Mineralizácia organických dusíkatých látok- Amonizácia

Zdrojom organických dusíkatých látok v pôde sú rastlinné, živočíšne a mikrobiálne zvyšky, humusové látky, priemyselné a hospodárske organické hnojivá. Dusík v nich viazaný rastliny nevedia využiť. Pôsobením rôznych skupín heterotrofných mikroorganizmov sa tieto látky rozkladajú a dusík pôvodne viazaný organicky sa premieňa na minerálnu formu prístupnú rastlinám. Podľa hlavného konečného produktu- amoniaku sa tento proces nazýva **amonizácia** (Števlíková et al., 2002).

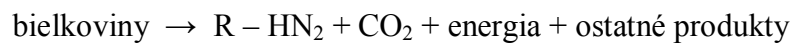
Malý et al. (2002) uvádza, že mineralizácia je biologický rozklad organických látok v pôde so sprievodným uvoľňovaním minerálneho dusíka v amónnej forme. Hnojenie, vlastnosti pôdy, spôsob obrábania a poveternostné podmienky, podmieňujú mikrobiálne procesy mineralizácie dusíka v pôde.

Orba zvyšuje mineralizáciu organickej hmoty, zatiaľ čo minimalizačná technológia, naopak, ju znižuje (Procházková et al., 2007).

Mineralizácia dusíka postupne klesá s hĺbkou pôdy (Bai et al., 2005).

Podľa Richtera (2002), mineralizácia organických zlúčenín v pôde je v podstate dvojestupňový rozklad pomocou mikroorganizmov:

1. aminizácia – rozklad bielkovín na amíny a aminokyseliny prostredníctvom proteolytických enzýmov a heterotrofných pôdných mikroorganizmov, pričom sa získava energia k ďalším metabolickým procesom:



2. amonizácia – vzniknuté amíny a aminokyseliny sa ďalej rozkladajú pomocou deaminizačných enzýmov a ďalších skupín heterotrofných mikroorganizmov na amoniak, pričom sa opäť uvoľňuje energia:



Za mineralizáciu sa teda považuje mikrobiálna premena organického dusíka na anorganické formy s konečným produktom NH_4^+ , ktorý sa nevyplavuje a rastlina ho dokáže prijímať (Marendiak, 1987).

Rýchlosť mineralizácie a uvoľnenie dusíka závisí od pomeru C: N rozkladajúceho sa materiálu. Ak je tento pomer širší ako 20, amoniak sa neuvoľňuje do prostredia a nehromadí sa, pretože ho mikroflóra zúčastnená na rozklade bezprostredne využíva na biosyntézu vlastnej plazmy. Rozkladom organickej hmoty dusík v pôde zostáva buď viazaný v živej plazme mikroorganizmov, alebo po ich odumretí sa organické dusíkaté látky stávajú štruktúrnymi jednotkami molekúl humusových látok (Števlíková et al., 2002).

Ročne sa v poľnohospodárskych pôdach SR (Slovenskej republiky) uvoľní asi 375 tisíc ton minerálneho dusíka. Hektár poľnohospodárskych pôd vytvorí ročne priemerne asi 162 kg minerálneho dusíka. Je to dôležitý princíp formovania produkčného potenciálu pôd z ich vlastných zdrojov (Bielek, 2000).

Odhaduje sa, že v podmienkach mierneho pásma sa ročne mineralizuje 1- 3% celkového pôdneho dusíka (Brady, 1990) a maximálna denná rýchlosť čistej mineralizácie môže byť až 3 - 4 kg N.ha⁻¹ (Jarvis et al., 1996).

1.5.3 Nitrifikácia

Amoniak, ktorý sa uvoľňuje mineralizáciou organických dusíkatých látok do prostredia, podlieha biologickej oxidácii- nitrifikácii (Števlíková et al., 2002).

Nitrifikácia je biologický proces, pri ktorom sa oxidujú redukované dusíkaté látky a prechodným uvoľňovaním dusitanov a ich následnou oxidáciou na dusičnany (Bielek, 1998).

Nitrifikácia je v mnohých pôdach a ekosystémoch kľúčovým procesom, pretože transformuje relatívne nepohyblivú formu NH_4^+ na veľmi pohyblivú formu NO_3^- (Peoples et al., 1995).

Nitrifikáciu uskutočňujú chemoautotrofné aj chemoheterotrofné mikroorganizmy, podľa čoho ju rozdelujeme na :

- Autotrofnú,
- Heterotrofnú (Števlíkova et al., 2002).

1.5.3.1 Autotrofná nitrifikácia

Tento typ nitrifikácie uskutočňujú špecializované autotrofné, striktné aeróbné nitrifikačné baktérie. Oxidujú amoniak pochádzajúci z mineralizácie organických dusíkatých látok pôdy, ale aj amoniak aplikovaný vo forme priemyselných hnojív. Autotrofná nitrifikácia má rozhodujúci podiel na oxidácii redukovaných anorganických zlúčenín dusíka. Prebieha v dvoch fázach: 1. fáza: **nitritácia**: nitritačné baktérie oxidujú amoniak na dusitany a 2. fáza: **nitratácia**: nitritačné baktérie oxidujú dusitany na dusičnany. Objem pórov v pôde reguluje množstvo pôdneho vzduchu, ale zároveň aj obsah vody v nich. Optimálna pôdna vlhkosť pre nitrifikačné baktérie a ich činnosť je 50- 70% plnej vodnej kapacity pôdy. S ubúdaním vody nitrifikácia klesá, ale baktérie si zachovávajú životnosť ďalej, dokonca v úplne suchej pôde. S pribúdaním vody v pôde sa znižuje obsah kyslíka a intenzita nitrifikácie opäť klesá. Dobrá nitrifikačná aktivita je znakom úrodných pôd. Na dynamiku nitrifikácie vplyvajú aj teploty. Jej rýchlosť klesá so znižujúcou sa teplotou. Optimum je pri 25- 30°C. Nitrifikácia má veľký ekologický význam. Dusičnany sa v pôde neviažu ne pôdny sorpčný komplex, sú dobre rozpustné vo vode. V pôde sa pohybujú s pôdnou vodou (roztokom). Pohyb dusičnanov v pôdnom profile má veľký význam pre dobré zásobovanie koreňov rastlín dusíkom (Števlíková et al., 2002).

Priemerný hektár poľnohospodárskych pôd SR (nehnojený dusíkom) priemerne znitrifikuje $42,7 \text{ kg N-NO}_3^- \cdot \text{ha}^{-1}$ za vegetačné obdobie (Bielek, 1998).

1.5.3.2 Heterotrofná nitrifikácia

Heterotrofná nitrifikácia bola dokázaná pri viac ako 100 druhoch baktérií, aktinomycét a húb. Uskutočňujú ju chemoheterotrofné mikroorganizmy. Základný mechanizmus získavania energie pre biosyntézu súvisí s oxidáciou organických látok, ktoré môžu byť okrem redukovaných zlúčenín (NH_3), tiež substrátom pre heterotrofnú nitrifikáciu (Števlíková, Kopčanová, 1994; Števlíková et al., 2002).

Pri oxidácii amoniaku nemusí prebehnúť kompletná nitrifikácia až na dusičnany (Marendiak et al., 1987).

V heterotrofnej nitrifikácii nevznikajú len dusičnany, ale proces sa často zastaví pri medzistupňoch ako sú nitrit, hydroxylamínové kyseliny, hydroxylamíny, ktoré sú nestále a toxické (Zaujec, Tobiášová et al., 2002).

Rýchlosť heterotrofnej nitrifikácie (v čistých kultúrach mikroorganizmov) tvorí len asi 0,1 - 1% rýchlosti autotrofnej nitrifikácie (Robertson, Kuenen, 1991).

1.6 Imobilizácia dusíka

Mineralizáciou organických dusíkatých látok a nitrifikáciou sa tvoria v pôde prístupné formy dusíka pre rastliny, amoniak a dusičnany. Toto sprístupňovanie nazývame tiež mobilizáciou dusíka. Minerálny dusík sa dostáva do pôdy aj nebiologickou cestou, a to hnojením priemyselnými hnojivami. Asimiláciu minerálnych foriem dusíka mikroflórou a jeho premeny až po zabudovanie do humusových látok nazývame imobilizácia.

Proces imobilizácie dusíka pozostáva z dvoch základných fáz:

1. Asimilácie minerálneho dusíka pôdnymi mikroorganizmami, pričom sa tvoria nové organické dusíkaté zlúčeniny
2. Mineralizácie bielkovín a iných dusíkatých zlúčenín odumretej mikróbovej plazmy

Imobilizácia dusíka má veľký agroekologický význam:

- znižuje sa množstvo dusíka prístupného pre rastliny,
- imobilizovaný dusík je chránený pred vyplavením a vyprchávaním,
- imobilizácia N_{an} podporuje uchovanie vyššieho podielu uhlíka substrátov v pôde a zvyšuje koeficient humifikácie (Števlíková et al., 2002).

Procesy imobilizácie minerálneho dusíka do organických foriem, ako aj procesy mineralizácie, prebiehajú v pôde súčasne. V súlade s teóriou vnútropôdneho cyklu dusíka je amónny dusík aktívnejší v procesoch imobilizácie heterotrofnou mikroflórou ako dusík dusičnanový a tento proces je aj biochemický principiálne odlišný (Ondrišík, 1998).

Bielek (1998) rozlišuje dva základné typy imobilizácie minerálneho dusíka v pôde:

- biologická imobilizácia,
- nebiologická imobilizácia.

1.6.1 Biologická imobilizácia minerálneho dusíka

Biologická imobilizácia je reprezentovaná mechanizmami enzymatickej konverzie minerálneho dusíka do organických dusíkatých štruktúr. Prebieha ako proces asimilácie minerálneho dusíka a to rastlinami a bohato zastúpenou pôdnou mikroflórou. Je to vlastne premena dusičnanového a amonného dusíka na organický dusík a jeho zabudovanie do tiel mikroorganizmov (Bielek, 1998).

Všeobecne ju možno vyjadriť (Ondrišík, 1987):



Biologická imobilizácia dusíka prebieha vo všetkých pôdach, ale jej rozsah je rozdielny. Priaznivé ekologické podmienky pre rozvoj mikroorganizmov (vlhkosť, teplota, pH) zvyšujú imobilizáciu, za predpokladu dostatku vhodných energetických zdrojov. Imobilizačné reakcie prebiehajú potom dostatočne rýchlo, ale remineralizácia pomaly a zdĺhavo.

1.6.1.1 Imobilizácia dusíka mikroorganizmami

Katióny NH_4^+ a anióny NO_3^- však neprijímajú len rastliny, ale slúžia ako zdroj výživy aj mnohým mikroorganizmom. Imobilizácia prebieha ako výsledok asimilácie minerálneho dusíka pôdnymi mikroorganizmami s naviazaním dusíka najskôr do štruktúry mikrobiálnej plazmy a postupným prechodom do pôdneho humusu (Ondrišík, 1998).

Mikroorganizmy využívajú minerálny dusík na syntézu vlastných organických látok, medzi ktorými majú najväčšie zastúpenie bielkoviny (Števlíková et al., 2002).

Základným predpokladom imobilizácie dusíka mikroorganizmami je prítomnosť a biologický rozklad organickej hmoty s nízkym obsahom dusíka, resp. širokým pomerom C:N (Bielek, 1998).

Podľa Kundlera (1976) je intenzita imobilizácie tým vyššia, čím:

- je ľahšie rozložiteľná organická hmota so širším pomerom C : N (>25:1) dodávaná do pôdy pozberovými zvyškami a koreňovou hmotou, najmä hnojenie slamou zvyšuje imobilizáciu,
- sú priaznivejšie životné podmienky pre imobilizačnú mikroflóru (zvlášť teplota a pH), pri nízkej teplote, nedostatku vlhky a kyslej reakcii pôdy je imobilizácia spomaľovaná.

Veľmi účinným imobilizačným substrátom je slama obilnín s vysokým obsahom celulózy. Slama obilnín obsahuje veľké množstvo bezdusíkatých zlúčenín; pomer C : N je veľmi široký, a to 80 – 130 : 1. Pri zaoraní slamy, resp. strniska sa vytvárajú podmienky pre rozsiahlu imobilizáciu minerálneho dusíka (Števlíková et al., 2002).

Podľa Jacquina a Vonga (1990) aplikácia slamy znižuje 1,5– 2 krát produkciu minerálneho dusíka.

Imobilizáciu anorganického dusíka v nemalej miere ovplyvňujú faktory vonkajšieho prostredia, aerácia, vlhkosť, teplota, pH a iné, ktoré môžu vytvoriť priaznivé alebo nepriaznivé podmienky pre rast, rozmnožovanie a aktivitu pôdnej mikroflóry. V aeróbnych podmienkach sa môže anorganický dusík imobilizovať 3– 6 krát rýchlejšie ako v podmienkach s nedostatkom kyslíka. Pri nízkej teplote, suchu a kyslej reakcii je imobilizácia spomaľovaná (Seget'ová, 1975).

1.6.1.2 Imobilizácia dusíka rastlinami

Imobilizácia dusíka rastlinami má spomedzi všetkých premien dusíkatých látok v prírode najväčšie spoločenské poslanie. Zdrojmi minerálneho dusíka môžu byť nielen prirodzene v pôde vyprodukované dusíkaté živiny, ale aj minerálny dusík imputovaný do pôdy vo forme hnojív (priemyselné, organické). Dusík prijímaný rastlinami je obyčajne dlhodobejšie naviazaný v porovnaní s imobilizáciou pôdnymi mikroorganizmami. K jeho uvoľneniu dochádza zväčša až po prirodzenom, resp. antropicky násilnom odumretí rastlín (zber úrody), teda až do okamihu, keď sa rastlinné telo stáva súčasťou pôdnej organickej hmoty zo všetkými sprievodnými procesmi jej premien (Bielek, 1998).

Príjem amoniaku je pre rastlinu z energetického hľadiska výhodnejší ako príjem dusičnanov z dôvodu jeho priameho využitia pri biosyntéze aminokyselín a nutnosti pedsyntéznej redukcie dusičnanov, ktorých redukcia je výrazne závislá od intenzity svetla (Kováčik, 1992).

Príjem N-NH_4^+ je vyšší v neutrálnych pôdach a nižší v kyslejších pôdach (Bízik, 1996).

Podľa Richtera (2002), teplota okolo 5°C je hranica pre príjem dusičnanového dusíka, zatiaľ čo amónny dusík prijímajú rastliny aj pri teplote nižšej.

Mineralizácia organických dusíkatých látok a imobilizácia N_m prebiehajú v pôde nepretržite a simultánne. Mineralizačno - imobilizačné vzťahy môžu byť v rovnováhe alebo jeden z nich môže prevládať. Existencia týchto vzťahov vytvára skutočnosť, že nie všetok dusík pochádzajúci z rozkladu organickej hmoty sa bude podieľať na dusíkovej výžive rastlín (Števlíková et al., 2002).

1.6.2 Nebiologická imobilizácia minerálneho dusíka

Podľa Bieleka (1998) predstavuje neenzymatické mechanizmy väzieb a premien minerálneho (predovšetkým amónneho) dusíka, ktoré principiálne prebiehajú tromi hlavnými spôsobmi:

- fixáciou amoniaku na ílové minerály,
- fixáciou amoniaku na organickú hmotu,
- inými fyzikálno-chemickými reakciami.

Jednou z možností udržania dusíka v pôde je fixácia NH_4^+ katiónov v medzimriežkových priestoroch expandujúcich vrstiev ílových minerálov. Fixované katióny NH_4^+ môžu byť vymenené katiónmi, ktoré expandujú mriežku (odtláčajú vrstvy) väčším polomerom (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , H^+), ale nie tými (s menším polomerom), ktoré ju sťahujú (K^+ , Rb^+ , Ca^+). Z ílových minerálov fixujúcich NH_4^+ sú to monmorillonit, illit a vermiculit. Fixácia sa uplatňuje viac v podornici ako v ornici (Bízik et al., 1990).

Zdrojom pre fixáciu je amoniak v pôdnom roztoku a vymeniteľný amoniak sorbovaný do sorpčného komplexu. Medzi rozpustným, vymeniteľným a fixovaným amoniakom sa v pôde vytvára rovnovážny stav. Zvyšovaním koncentrácie rozpustného amoniaku sa zvyšuje i obsah vymeniteľného a fixovaného amoniaku, čo sa však prejavuje v časovom posune. Všeobecne teda možno povedať, že narušením rovnováhy dochádza k jej postupnému obnovovaniu zmenou množstva amoniaku v jednotlivých frakciách (Kováčik, 1992).

Popri ílových mineráloch môže fixačne pôsobiť aj pôdna organická hmota (Bielek, 1998).

1.7 Straty dusíka

Podľa Bieleka (1998), majú za úlohu vyrovnávať bilancie obsahov dusíka medzi pôdou a ostatnými zložkami prírodného prostredia (najmä atmosférou, hydrosférou a biosférou). Súčasne sú obranným mechanizmom pôdy proti prípadnej vysokej kumulácii dusíka v pôde. Môžu tiež vyvolávať negatívne vplyvy (ekologické, ekonomické, zdravotné) a to najmä vtedy, keď sú akcelerované na ekonomicky, ekologicky a zdravotne neúnosné intenzity. Procesy strát dusíka z pôdy prebiehajú nepretržite.

K únikom dusíka z pôdy dochádza:

- odčerpávaním rastlinami,
- plynnými stratami,
- vyplavovaním a odnosom (erózia).

K stratám dusíka z pôdy dochádza cez kvapalnú a plynnú fázu (Fecenko, Ložek, 2000).

Straty dusíka z pôdy predstavujú vysoké hodnoty a dosahujú rôznu výšku, plynné straty 30– 40 kg, vyplavovanie 7– 10 kg, erózia pôdy 5– 10 kg a odber dusíka pestovanými rastlinami (v závislosti na výnose) 60– 70 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ (Torma, 2005).

1.7.1 Straty dusíka v plynnej forme

Sú založené na tvorbe a následnom unikaní plynných foriem dusíka z pôdy a to amoniaku (NH₃), ale najmä oxidov dusíka (NO, NO₂, N₂O) a plynného molekulárneho dusíka (N₂). Vedú k odovzdaniu časti pôdneho dusíka do ovzdušia s možnosťami jeho opätovného návratu do pôdy protichodnými mechanizmami (Bielek, 1998).

Straty dusíka cez plynnú fázu sú v priemere vyššie ako v kvapalnej fáze. Je to spôsobené tým, že zlúčeniny dusíka sú reaktívne, ľahko sa oxidujú alebo redukujú biologickou cestou (Fecenko, Ložek, 2000).

Plynné straty dusíka vznikajú ako dôsledok denitrifikácie (dusík sa uvoľňuje do ovzdušia vo forme oxidov dusíka a molekulárneho dusíka) a volatilizácie amoniaku. Straty dusíka v plynnej fáze predstavujú až 30 % dusíka dodaného z dusíkatých hnojív (Šoltysová, 2007).

1.7.1.1 Volatilizácia amoniaku

Amoniak je nepretržite tvorený v pôde mechanizmami biologického odbúravania pôdnej organickej hmoty, ale pochádza aj z aplikovaných hnojív (organických, minerálnych). Pretože je to plyn vyskytujúci sa bežne v atmosfére pri normálnych teplotách a tlakoch, je možné očakávať, že každé množstvo amoniaku prítomné v pôde, vode, hnojivách môže potenciálne volatilizovať do atmosféry. Amoniak má tiež veľmi silnú afinitu k rozpúšťaniu vo vode, čo je dôležitým regulačným mechanizmom jeho uvoľňovania do ovzdušia (Bielek, 1998).

Volatilizácia amoniaku je únik amoniaku z pôdneho prostredia do atmosféry. Dochádza k nej v ekologickom poľnohospodárstve pri aplikovaní vyšších dávok dusíkatých hnojív, najmä s amidovou, amoniakálnou a amónnou formou dusíka, pri oneskorenom zapracovaní organických i priemyselných hnojív do pôdy. Ich urýchlené zapracovanie znižuje straty amoniaku na minimum. Volatilizáciou môže z týchto hnojív uniknúť 5 – 25% dusíka (Fecenko, Ložek, 2000; Kováčik, 2001).

Závisí od:

- pH,
- sorpčnej kapacity pôdy,
- dusičnanového hnojenia: formy hnojív, dávky hnojiva, spôsobu aplikácie,
- klimatických podmienok,
- pestovanej plodiny.

Veľký vplyv má aj spôsob zapracovania hnojív. Povrchová aplikácia značne zvyšuje riziko volatilizácie amoniaku. Priemerné straty dusíka volatilizáciou sú na úrovni 9- 15 kg/ ha N za rok, pričom na nehnojených pôdach je to 9- 10 kg/ ha a na hnojených 10- 15 kg/ ha za rok (Bielek, 1997).

Zvýšenie teploty o 10°C zosilňuje volatilizáciu amoniaku 2 až 4-násobne (Bielek, 1984).

1.7.1.2 Denitrifikácia

Denitrifikáciu z biochemického hľadiska chápeme ako redukcii dusičnanov na zlúčeniny nižšieho oxidačného stupňa. Môžeme ju charakterizovať nasledovnou schémou:



Ak redukcii spôsobujú denitrifikačné mikroorganizmy, hovoríme o **biologickej denitrifikácii**. Ak je výsledkom chemických reakcií, hovoríme o **chemickej denitrifikácii**.

Biologická denitrifikácia: je enzymatický proces citlivý na pH. Optimum je v neutrálnej až slabo alkalickej oblasti. Z baktérii podieľajúcich sa na denitrifikácii sú to najmä rody *Achromobacter*, *Micrococcus* (Bartošová et al., 1995).

Biologickou denitrifikáciou sa môžu dusičnany redukovať buď na oxid dusný (N₂O), alebo elementárny dusík (N₂) (Fecenko, Ložek, 2000).

Ročné straty N biologickou denitrifikáciou sa pohybujú okolo 10- 20 kg/ ha N.

Chemická denitrifikácia: podmienkou je existencia dusitanov, ktoré sa však v pôde nehromadia, a preto chemická denitrifikácia neprebíha s vysokou intenzitou (Bartošová et al., 1995).

Podľa Fecenka et Ložeka (2000), prebieha len na základe chemických reakcií:

- dusitany sa priamo rozkladajú na elementárny dusík a vodu,
- kyselina dusitá reaguje s aminokyselinami, pričom vzniká N_2 ,
- čiastočný rozklad kyseliny dusitej za vzniku oxidu dusného,
- straty NH_3 z povrchu alkalických pôd.

Straty amoniaku sa dajú znížiť okamžitým zapracovaním hnojiva s NH_4 - formou do pôdy. Na celkových stratách dusíka cez plynnú fázu sa podieľa len 5- 10% (Bartošová et al., 1995).

Denitrifikácia je príčinou strát plynných foriem dusíka z pôdy do atmosféry, čo má negatívny ekonomický, ale aj ekologický dopad. Na druhej strane sa však procesy denitrifikácie javia aj biologicky nevyhnutnými, pretože umožňujú odstránenie nadbytku dusičnanov z pôdy a vodojemov, a tým znižujú úroveň dusičnanového zaťaženia prírodných vôd (Ondrišík, 1998).

1.7.2 Straty dusíka vyplavovaním

Straty dusíka cez kvapalnú fázu. Vyplavuje sa predovšetkým dusičnanový dusík. Vyplýva to z jeho relatívne dobrej rozpustnosti vo vode a vzhľadom na svoje fyzikálno-chemické vlastnosti nie je schopný v pôde sa špecificky sorbovať a tak chrániť pred vyplavením.

Faktory ovplyvňujúce vyplavovanie dusíka:

- pôda,
- hnojenie minerálnym a organickým dusíkom,
- závlaha,
- pestovaná plodina,
- sústava hospodárenia,
- obrábanie pôdy.

Pôda ovplyvňuje vyplavovanie dusíka svojimi fyzikálnymi, chemickými a biologickými vlastnosťami. Svojou štruktúrou a textúrou rozhoduje o intenzitách priesaku zrážkových, prípadne závlahových vôd a svojou retenčnou kapacitou bráni výtokom vody a v nej sa nachádzajúceho dusíka z pôdneho profilu (Bielek, 1998).

Amónny dusík tiež môže podliehať vyplavovaniu z pôdneho prostredia, ale fyzikálno-chemická povaha amónneho iónu mu umožňuje naviazať sa na pôdny sorpčný komplex, fixovať na ílové minerály a tak znehybňovať v pôdnom prostredí (Bielek, 1984).

Dusičnany sa najintenzívnejšie vyplavujú koncom zimného obdobia, v predjarí, jarnom období, keď je pôda bez vegetačného krytu. Ak sú podmienky pre horizontálny pohyb pôdneho roztoku, napr. na sklonených pozemkoch po výdatných zrážkach, dochádza k povrchovému splavovaniu dusičnanov do vodných tokov (Fecenko, Ložek, 2000).

Bielek (1984) uvádza, že za vyplavený dusík možno považovať ten, ktorý v pôdnom profile prekročil hĺbku 1 m.

Zvyšovanie dávok hnojív vedie k zvýšenej intenzite vyplavovania. Dôležitú úlohu tu má dávka dusíka, forma hnojiva a čas aplikácie (Bielek, 1998).

Hronec (2001) uvádza, že vyplavovanie dusíka je možné vtedy, keď zrážky prevládajú nad vyparovaním z pôdy alebo keď podzemné vody dostatočne vstupujú do pôdneho profilu (najmä na jar). Vyplavovanie prudko stúpa po prekročení dávky 100 kg N.ha⁻¹ v dusičnanej forme po aplikácii na jeseň.

Straty dusíka z pôdy vyplavovaním nie sú vysoké a dosahujú asi 1- 4 kg N/ha (Bielek, 1998).

1.7.3 Straty dusíka eróziou

Pri bilancovaní živín na hospodárstvach, ktoré sa rozkladajú na zvlnenom, kopcovitom teréne, je nutné kalkulovať aj s ich stratami formou povrchového zmyvu, vodnou eróziou (Bartošová et al., 1995).

Straty dusíka touto cestou môžu byť nízke ale aj vysoké. Vysoké straty môžu nastať vtedy, keď sa zmyv dostaví tesne po povrchovej aplikácii dusíkatých hnojív. Obrábanie pôdy je najdôležitejším opatrením ovplyvňujúcim straty dusíka odnosom. Intenzity vodnej a veternej erózie sú významne obmedzované rastlinným pokryvom, dobrou priepustnosťou pôd, vysokou retenčnou kapacitou pôd, ale aj všetkými známymi spôsobmi protieróznej ochrany pôdy. Každé obmedzenie erózie pôdy je súčasne obmedzením strát dusíka z pôdneho prostredia. Každé zníženie intenzity erózie je súčasne zvýšením efektívnosti pôdneho a hnojivového dusíka v produkčných funkciách

pôdneho pokryvu. Preto je protierózna ochrana jednou z najdôležitejších úloh pri ochrane pôdy a to najmä v krajinách so zvlneným terénom (Bielek, 1998).

V podmienkach nedostatočne chránených pôd pred vodnou eróziou sa môže ročne z jedného hektára odplaviť 52- 68 kg N. Ak sa však dôsledne dodržiavajú protierózne opatrenia, potom sa uvedené straty dusíka môžu znížiť na 7- 12 kg/ ha (Bartošová et al., 1995).

1.7.4 Odber dusíka z pôdy rastlinami

Dusík je dôležitým životným prvkom rastlín. Je základnou zložkou buniek. Rastliny prijímajú pôdny dusík vo forme dusičnanov a amoniaku. Je známy vyšší príjem dusíka v dusičnanovej oproti amoniakálnej forme. Ideálny je mierne prevažujúci obsah dusičnanov nad amoniakom v pôde. Optimálna koncentrácia dusičnanov v pôde je asi 100mg/ l pôdneho roztoku, resp. 15- 25 kg N/ ha v aktívnej zóne koreňov (Bielek, 1998).

Rastliny, ktoré sú odkázané na príjem anorganických foriem dusíka (NO_3^- a NH_4^+) z pôdneho roztoku odčerpávajú približne 0,4- 5% celkového N v pôde, čo sa pohybuje v rozmedzí 20- 100 kg N/ ha/ rok (Rajchard et al., 2002).

Bizík et al. (1996) poukazuje na najvyššiu účinnosť hnojenia dusíkom ak sa tento aplikuje pred začiatkom intenzívneho príjmu živín porastom. Účinnosť dusíkatého hnojiva závisí od pôdnych podmienok, druhu porastu a zásoby živín v pôde.

1.8 Vplyv agrotechnických zásahov na dynamiku N_{an}

Obrábaním pôdy sa nazývajú všetky operácie, pomocou ktorých sa mechanickým spôsobom menia vlastnosti orničnej vrstvy pôdy alebo rizosféry. Pri obrábaní pôdy sa vždy bezprostredne mení vnútorná stavba pôdy, jej pórovitosť, objemová hmotnosť, štruktúra a i., ktoré podstatne ovplyvňujú termodynamické vlastnosti, fyzikálne, chemické a biologické procesy v pôde a pôdne režimy (Cigľar et al., 1998).

Úlohou obrábania pôdy je sústrediť sa na rastliny (zvyšovať úrody plodín) a na pôdu (zvyšovať jej úrodnosť) (Demo, Bielek, 2000).

Obrábaním pôdy sa pomerne intenzívne ovplyvňuje činnosť mikroorganizmov, ktoré sa podieľajú na premenách dusíka v pôde.

Pri intenzívnejšom a hlbšom kyprení sa v pôde tvorí oveľa viac dusičnanov, ako na neobrobenej pôde alebo na pôde obrobenej len plytko. Veľké rozdiely sú aj medzi orbou a kyprením pôdy bez obracania. Na pôde po niekoľko rokov kyprenej bez obracania sa veľmi výrazne znižuje mobilizácia N. Nižšia intenzita obrábania pôdy, resp. sejba do neobrobenej pôdy veľmi významne znižujú intenzitu mineralizačných procesov a spôsobujú oneskorenie ich maximálnej úrovne (Smatana, Ciglar, 1995).

Orba zvyšuje mineralizáciu organickej hmoty, zatiaľ čo minimalizačné technológie, naopak ju znižuje. Pri minimalizačných technológiach sa obsah organickej hmoty zvyšuje predovšetkým vo vrchnej vrstve pôdy (0,0- 0,5 m). Zvyšovanie obsahu organickej hmoty nastáva rýchlejšie v nevápnených pôdach, ako dôsledok zníženej mikrobiálnej činnosti (Badalíková, Procházková, 2007).

Obilniny nemajú nijaké špecifické a zvláštne nároky na prípravu pôdy vzhľadom na to, že koreňová sústava sa z dvoch tretín rozprestiera v ornici do hĺbky 0,20– 0,25 m a tretina preniká pomerne hlboko do podorničia. Preto im všeobecne stačí stredne hlboká orba. Vyžadujú však primerane prirodzene uľahnutú pôdu, preto je potrebný časový odstup od orby po sejbu od 3 do 5 týždňov. Tento čas stačí na prípravu osivového lôžka pre ozimnú pšenicu. Pred prípravou osivového lôžka je možné aplikovať časť dusíkatých hnojív, ktoré sa touto predsejbovou kultiváciou zapravujú do pôdy (Demo et al., 1995).

Vplyv obrábania pôdy vystupuje pravdaže v interakčných vzťahoch s poveternostnými podmienkami, ktoré môžu viac-menej zastierať až eliminovať agrotechnické vplyvy na amonizáciu a nitrifikáciu. Dá sa predpokladať, že na ťažších pôdach vplyv agrotechniky cez prevzdušňovanie pôd bude ovplyvňovať procesy mineralizácie a nitrifikácie výraznejšie ako na pôdach ľahších. V dôsledku zvýšenej aerácie pôd sa hladina celkového dusíka v pôde znižuje (Demo, 1990).

Čím vyššie sú nároky na úrody, tým viac živín, teda i dusíka sa z pôdy exportuje, preto treba prirodzený cyklus dusíka obohatiť zdrojmi dodávanými zvonku, teda hnojením. Treba však správne pochopiť a určiť tok dusíka cez pôdu do rastlinnej produkcie, aby ho mohol porast v maximálnej možnej miere využiť zdravotne nezávadnú produkciu pri minimálnych stratách dusíka z pôdneho prostredia. Prevažná väčšina odborníkov sa zjednocuje v tom, že dusíkatým hnojením sa zvyšuje zastúpenie dusičnanov v pôdnom minerálnom dusíku (Bielek, 1984).

1.9 Vplyv hnojenia na dynamiku N_{an}

Optimálna výživa dusíkom je najdôležitejšie opatrenie, ktoré ovplyvňuje výnos a kvalitu zrna. Prehnojením, alebo nedostatočnou výživou dusíkom môžu nastať veľké straty. Pri prehnojení je nebezpečenstvo, že porast zahustne a poľahne a tým klesne výnos a zhorší sa kvalita. Pri vysokých dávkach dusíka je nebezpečenstvo zníženia výnosu zrna. Vtedy sa zvyšuje len výnos slamy. Pri nedostatočnej výžive dusíkom je tiež nízky výnos zrna a tiež nižšia kvalita.

Hnojenie pšenice dusíkom má vychádzať z nárokov a biologických zvláštností odrody, oševného postupu, úrodnosti pôdy, pôdnych podmienok. Pohyblivosť minerálnych foriem dusíka v pôde nedovoľuje vo väčšine prípadoch v našich podmienkach použiť dusíkaté hnojivá jednorázovo, takže sa musí celá dávka dusíka deliť. Vlastné hnojenie dusíkatých hnojív delíme do dvoch období:

- *základné hnojenie pred siatím* (na jeseň sa aplikuje maximálne 50- 75 % celkovej dávky dusíka vo forme síranu amónneho alebo močovina),
- *prihnojenie počas vegetácie* (hnojenie na list, využívame podklady o stave porastu- chemické analýzy rastlín).

U pšenice sú tri významné obdobia, kedy môžeme dusíkatými hnojivami významne zasiahnuť do vytvárania porastu. Sú to:

1. Skoro na jar po prezimovaní: regeneračné hnojenie dusíkom

Porast sa zahusťuje, zosiluje, urýchľuje sa jeho vývin.

2. Po odnožení a na začiatku steblovania: produkčné hnojenie dusíkom

Je to obdobie, kedy má pšenica zvýšené nároky na dusík. Dostatok dusíka môže priaznivo ovplyvniť počet zrn v klase. Za normálnych podmienok by sa mala hlavná dávka dusíka aplikovať v tomto období.

Hľadiská, podľa ktorých sa uprednostňuje dávka dusíka pre produkčné hnojenie:

- anorganické rozbory rastlín,
- stav porastu pšenice,
- úrodnosť pôdy,
- počasie.

Výsledky anorganických rozborov rastlín sa využívajú predovšetkým k optimalizácii hnojenia dusíkom, poskytujú však aj údaje o stave výživy fosforom, draslíkom, vápnikom a horčíkom. K produkčnému hnojeniu sa používa liadok amónny s vápencom.

3. Neskoršie prihnojenie v období klasenia: kvalitatívne hnojenie pšenice dusíkom

V tomto období je možné hnojením ovplyvniť hmotnosť 1000 semien, kvalitu zrna a predovšetkým obsah bielkovín. Účinnosť prihnojenia však závisí od počasia, ktoré nasleduje po prihnojení (Ivanič et al., 1979).

Pri kalkulácii hnojením dusíka je potrebné prihliadnuť k prísunu dusíka mineralizovaného z pôdy. Aplikovaná dávka dusíka sa pohybuje medzi 30- 60 kg/ ha, samozrejme v závislosti na odrode, pôdnych a poveternostných podmienkach a druhu použitého hnojiva (Pišanová, Růžek, 2007).

Hnojením treba nahradiť najmä také množstvo NPK, ktoré úrodou odčerpáme. Dôležitý je pomer dusíka k fosforu a draslíku. Pri pšenici sa podľa charakteru kultivarov aplikuje na hektár spolu 100 až 150 kg dusíka v čistých živinách (Špaldon et al., 1982).

2 CIEĽ PRÁCE

V prvej časti práce bolo našim cieľom zhrnúť všeobecné i aktuálne poznatky o význame dusíka v pôde, o jeho zdrojoch a formách, kolobehu dusíka, ako aj o vplyve agrotechnických zásahov a iných faktorov na dynamiku anorganického dusíka v pôde.

Hlavným cieľom predkladanej diplomovej práce je v experimentálnej časti zanalyzovať za vegetačné obdobie 2006/2007 a 2007/2008 vplyv niektorých agrotechnických zásahov, ako sú základné obrábanie a hnojenie, na dynamiku obsahu anorganických foriem dusíka v pôde v dvoch hĺbkach (0,0- 0,3 m a 0,3- 0,6 m) pod pšenickou letnou f.ozimnou.

Jednotlivé obsahy sledovaných foriem dusíka v pôdnych vzorkách sme samostatne porovnávali. Sledovali sme príslušný typ orby, hnojenia, hĺbky a termín odberu vo vegetačnom období.

Cieľom bolo tiež navrhnúť využitie získaných poznatkov z diplomovej práce a odporučiť ich do pestovateľskej praxe.

Naša práca bola súčasťou riešenia výskumného projektu VEGA 1/0152/08 Systémy hospodárenia na pôde, ich vplyv na produkčnú schopnosť pôdy pre udržanie racionálnej produkcie plodín.

3 MATERIÁL A METODIKA

Uvádzanú problematiku sme riešili na experimentálnej báze FAPZ SPU Nitra-Dolná Malanta.

Výskumno- experimentálna báza je lokalizovaná pri osade Dolná Malanta, vzdialená cca 5000 m ENE smerom od areálu školy. Geograficky sa územie nachádza v západnej časti Žitavskej pahorkatiny, ktorej charakteristický trojuholníkovitý tvar vymedzuje pohorie Tríbeč a rieky Nitra a Žitava. Lokalita výskumnej bázy má charakter roviny s nepatrným úklonom k juhu. Nadmorská výška dosahuje 175–180 m.

Výskumná báza sa nachádza na rozhraní sprašových sedimentoch Žitavskej pahorkatiny a svahových sedimentoch pohoria Tríbeč. Na základe doterajších prác bola urobená určitá generalizácia geologických pomerov územia akvartémy pokrývajúcej región výskumnej bázy bol označovaný ako eolitická spraš. Súčasný, detailnejší výsledky výskumu tento stav nepotvrdzujú.

Pokusná báza sa nachádza v teplej klimatickej oblasti na hnedozemných zosprašovaných prolúviálnych sedimentoch, kde priemerná teplota za vegetačné obdobie je 16,4 °C a priemerný ročný úhrn zrážok 561 mm.

Problematiku sme riešili vo vegetačnom období 2006/2007 a 2007/2008 v podmienkach poľného stacionárneho pokusu, založeného metódou dlhých pásov v štvornásobnom opakovaní na experimentálnej báze SPU v Nitre - Malanta. Ako priemyselné hnojivo sa na hnojenie porastu pšenice vo variante PH a PZ použije liadok amónny s vápencom.

Osevný postup bol nasledovný:

1. Hrach
2. Jačmeň
3. Kukurica
4. Ďatelina lúčna
5. Pšenica

Modelovou plodinou bola pšenica letná f. ozimná odr. Samantha.

V pokuse boli použité nasledovné spôsoby obrábania pôdy:

- B - 1** stredne hlboká orba- konvenčné obrábanie pôdy (do 0,25m)
B - 2 plytká orba (do 0,20 m)

V rámci každého obrábania pôdy sme použili tri varianty hnojenia:

- 0** - nehnojená kontrola
- PH** - bilančné hnojenie NPK hnojivami na priemernú úrodnú hladinu v závislosti od obsahu živín v pôde
- PH + pz.** - bilančné hnojenie NPK hnojivami na priemernú úrodnú hladinu v závislosti od obsahu živín v pôde + zaoranie pozberových zvyškov

Pôdne vzorky boli odoberané pôdnymi vrtákmi z dvoch hĺbok pôdneho profilu:

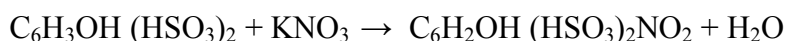
0,0 - 0,3m

0,3 - 0,6m

Vzorky pôdy sme odoberali v dvojtyždňových intervaloch v priebehu celého vegetačného obdobia. V odobratých vzorkách boli okamžite stanovené obsahy dusičnanového a amónneho dusíka a spočítaním obsahov sme dostali hodnotu anorganického dusíka. Opakovanie variantov bolo štvornásobné. Výsledky sme vyhodnotili tabuľkovo, graficky a štatisticky.

3.1 Stanovenie dusičnanového dusíka N- NO₃⁻

Kyselina fenol 2,4 - disulfónová sa ľahko nitruje v polohe 6 podľa rovnice:



Alkalický roztok kyseliny fenol 6 - nitro, 2,4 - disulfónovej je žltý, pričom intenzita sfarbenia závisí od obsahu NO₃⁻.

Chemikálie:

Kyselina fenol 2,4 disulfónová. Príprava: 25g čistého, predestilovaného fenolu sa rozpustí v 150ml koncentrovanej kyseliny. Potom sa pridá 75ml dymovej H₂SC₄. Sulfonácia fenolu prebieha zahrievaním obsahu banky pod spätným chladičom na vodnom kúpeli 6 hodín. Získaná kyselina fenol 2,4 - disulfónová sa uschová v tmavej fľaši.

Dusičnan draselný (KNO₃), štandardný roztok. Príprava: Naváži sa presne 0,7221 g čistého a suchého KNO₃ sa rozpustí vo vode v 1 l odmernej banke; 1ml obsahuje 0,1 mg N.

Hydroxid amónny (NH₄OH), roztok 6 M.

Pracovný postup:

Naváži sa 50g čerstvo odobratej pôdnej vzorky (súčasne sa stanoví v ďalšej navážke % vlhkosti) do 500ml banky a zaleje sa 250ml 1% K_2SO_4 . Obsah banky sa trepe 30 minút. Potom sa suspenzia filtruje skladaným filtrom. Filtrát musí byť číry. Z filtrátu odpipetujeme 40ml do porcelánovej misky a opatrne sa odparí, lebo dlhším ohrievaním môže dôjsť k stratám na dusičnanoch; na druhej strane si zas treba uvedomiť, že sa reakcia fenol 2,4 -disulfónovej kyseliny s dusičnanom neuskutočňuje za prítomnosti vody. Po vychladení sa pridajú 3ml fenoldisulfónovej kyseliny, odparok sa dôkladne tyčinkou rozotrie a nechá stáť 10 minút. Pridá sa 15ml studenej vody a mieša sa tyčinkou, kým sa všetok zbytok odparku nerozpustí. Potom sa pomaly pridáva 6 M NH_4OH až do alkalického reakcie, čo sa prejaví vznikom žltého sfarbenia a navyše sa pridá ešte 3ml NH_4OH . Roztok sa preleje do 100ml odmerných bánk, doplní sa vodou a intenzita sfarbenia sa meria kolorimetricky pri vlnovej dĺžke 420nm, alebo za použitia fialového filtra. Štandardné roztoky sa pripravujú obdobne odparením, ako je uvedené v postupe. Z nameranej extinkcie hľadanej koncentrácie dusičnanov a z kalibračnej krivky sa zistí obsah NO_3^- .

3.2 Stanovenie amónneho dusíka N- NH_4^+

Podstata stanovenia je, že Nesslerovo činidlo spôsobuje v alkalickom prostredí s amoniakom žlté sfarbenie, ktorého intenzita je úmerná množstvu amoniaku.

Chemikálie:

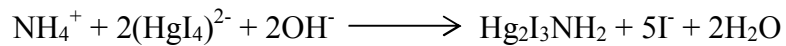
Nesslerovo činidlo (K_2HgI_4). Príprava: rozpustí sa 45,5g jodidu ortuťnatého (HgI_2) a 35g jodidu draselného (KI) v niekoľkých ml vody. Roztok sa preleje do 11 banky. Potom sa pridá 112g KOH a objem sa doplní asi na 800ml. Roztok sa dobre premieša, doplní vodou na 1 liter a nechá stáť niekoľko dní a celý roztok plávajúci na povrchu sa použije ku stanoveniu.

Vínan sodný ($Na_2C_4H_4O_6 \cdot H_2O$), roztok 10%.

Chlorid amónny (NH_4Cl), štandardný roztok (navážením 0,3819 g vysušeného NH_4Cl a rozpustením v 1 litri vody, 1 ml obsahuje 0,1 mg N).

Pracovný postup:

Z filtrátu sa odpipetuje 25 ml do 100 ml odmernej banky, pridajú sa 2 ml 10% vínanového roztoku. Potom sa pridá destilovaná voda (asi na objem 93ml), tesne pred meraním sa pridá 5ml Nesslerovho činidla a obsah sa rýchlo pretrepe. Vzniknuté oranžové sfarbenie zodpovedá komplexom podľa rovnice:



Hneď sa meria intenzita sfarbenia na kolorimetri pri svetelnej dĺžke vlny 420nm, (fialový filter). Súčasne sa pripraví štandardné roztoky a pomocou kalibračnej krivky sa analýza vyhodnotí.

4 VÝSLEDKY

V diplomovej práci sme hodnotili obsahy jednotlivých anorganických foriem dusíka v pôde.

Pre podrobnejšie spracovanie je táto kapitola rozdelená do nasledujúcich podkapitol:

- prvá podkapitola sa zaoberá hodnotením dynamiky anorganických foriem dusíka,
- druhá podkapitola je venovaná štatistickému vyhodnoteniu zistených výsledkov.

4.1 Hodnotenie dynamiky obsahov amónneho, dusičnanového a anorganického dusíka v pôde v závislosti od sledovaných faktorov

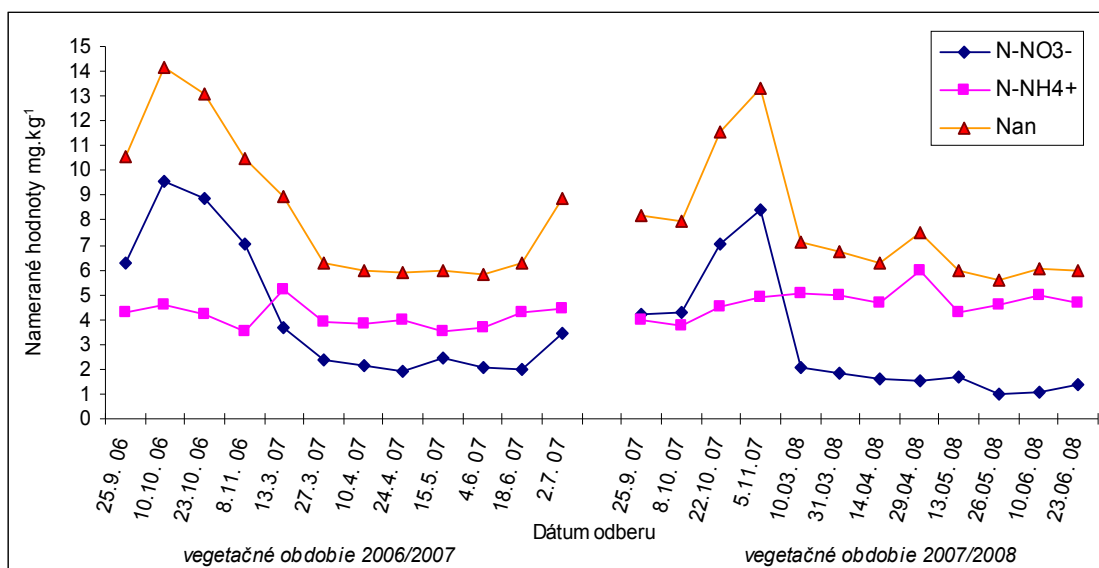
Dynamiku amónneho, dusičnanového a anorganického dusíka v pôde sme hodnotili na základe kombinácií sledovaných faktorov (spôsob obrábania pôdy, variant hnojenia pôdy, hĺbka odberu pôdnych vzoriek) počas dvoch vegetačných období (2006/2007 a 2007/2008).

Z použitého počtu sledovaných faktorov (dva spôsoby obrábania pôdy, tri varianty hnojenia pôdy, dve hĺbky odberu pôdnych vzoriek) vzniklo 12 kombinácií, ktoré sme v každej kombinácii vyhodnotili graficky pomocou programu MS Excel. Celkovo sme počas dvoch po sebe nasledujúcich vegetačných období pšenice letnej formy ozimnej vykonali 24 odberov pôdnych vzoriek.

4.1.1 Hodnotenie dynamiky N-NH_4^+ , N-NO_3^- a N_{an} pri použití spôsobu obrábania pôdy B1 (stredne hlboká orba do 0,25 m) a variantu hnojenia pôdy 0 (nehnojená kontrola), v hĺbke 0,0- 0,3 m a 0,3- 0,6 m

Prvou kombináciou sledovaných faktorov je spôsob obrábania pôdy B1 (stredne hlboká orba do 0,25 m), variant hnojenia 0 (nehnojená kontrola) a hĺbka odberu pôdnych vzoriek 0,0- 0,3 m. Dynamiku jednotlivých foriem dusíka v tejto kombinácii v oboch sledovaných vegetačných obdobiach pšenice znázorňuje Graf 1.

Graf 1 Dynamika N-NH_4^+ , N-NO_3^- a N_{an} pri spôsobe obrábania pôdy B1, variante hnojenia pôdy 0, v hĺbke 0,0- 0,3 m v oboch sledovaných vegetačných obdobiach



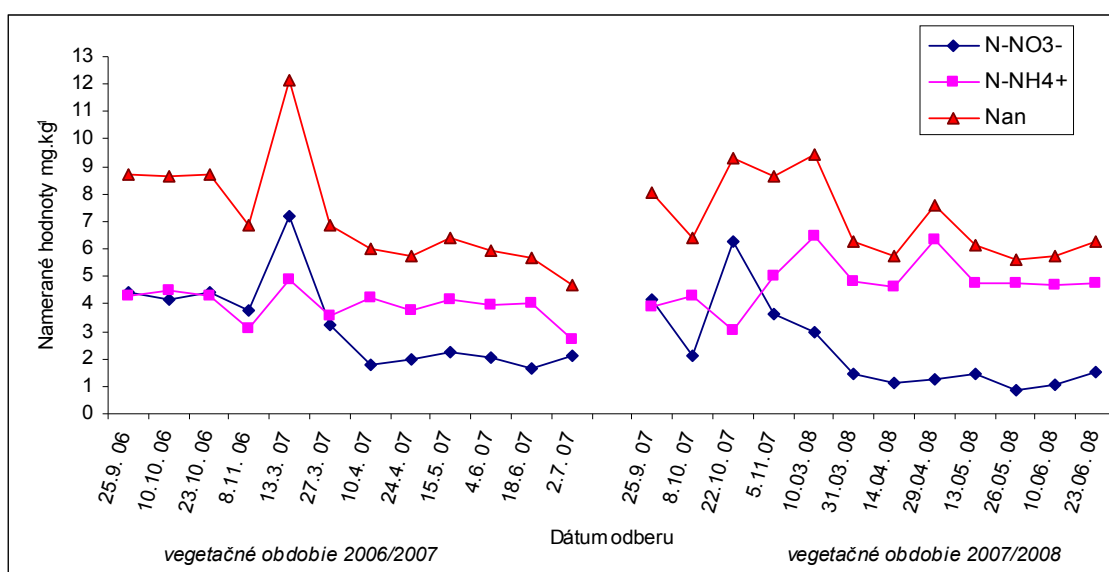
Obsah dusičnanového a anorganického dusíka mierne vystúpil od prvého odberu (25.9.2006) po druhý (10.10.2006). V druhom odbere prvého vegetačného obdobia sme zaznamenali najvyššie namerané hodnoty N-NO_3^- ($9,56 \text{ mg.kg}^{-1}$ pôdy) a N_{an} ($14,14 \text{ mg.kg}^{-1}$). Následne sme zaznamenali pokles všetkých troch foriem, pričom amónna forma dusíka dosiahla najnižšiu nameranú hodnotu (8.11.2006, $3,5 \text{ mg.kg}^{-1}$). Toto klesanie nameraných hodnôt pokračovalo až do 18.6.2007. V ďalšom období (od 18.6.2007 do 2.7.2007) bol zaznamenaný mierny vzostup obsahov jednotlivých foriem dusíka, pričom výraznejší vzostup nastal u dusičnanového dusíka.

Začiatkom druhého vegetačného obdobia (25.9.2007) si hodnoty dusíka zachovávali vyrovnaný trend, avšak od októbra (8.10.2007) sa množstvo dusičnanového dusíka ($8,39 \text{ mg.kg}^{-1}$) a anorganického dusíka ($13,3 \text{ mg.kg}^{-1}$) prudko zvýšilo, pričom tieto hodnoty boli dosiahnuté v mesiaci november (5.11.2007). Podobne ako v prvom vegetačnom období nastal aj v druhom vegetačnom období vzostup obsahov N-NO_3^- a N_{an} v poslednom novembrovom dátume (5.11.2007). Jesenné maximum dusičnanového a anorganického dusíka v druhom vegetačnom období bolo podobné ako v prvom. Od marca do apríla sa všetky hodnoty postupne znižovali. Koncom apríla nastalo mierne zvýšenie amónneho a anorganického dusíka, no v máji sa ich obsah následne znížil. V ďalšom období si obsahy sledovaných foriem dusíka zachovali vyrovnaný trend. Obsah dusičnanového dusíka ($0,96 \text{ mg.kg}^{-1}$) a anorganického dusíka bol najnižší v celom pokusnom období (26.5.2008) v rámci tejto kombinácie

sledovaných faktorov a tento stav sa zachoval až do posledného dátumu odberu pôdnych vzoriek.

Druhou kombináciou sledovaných faktorov je spôsob obrábania pôdy B1 (stredne hlboká orba do 0,25 m), variant hnojenia 0 (nehnojená kontrola) a hĺbka 0,3- 0,6 m. Dynamiku jednotlivých foriem dusíka v tejto kombinácii v oboch sledovaných vegetačných obdobiach pšenice znázorňuje Graf 2.

Graf 2 Dynamika N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ a N_{an} pri spôsobe obrábania pôdy B1, variante hnojenia pôdy 0, v hĺbke 0,3- 0,6 m v oboch sledovaných vegetačných obdobiach



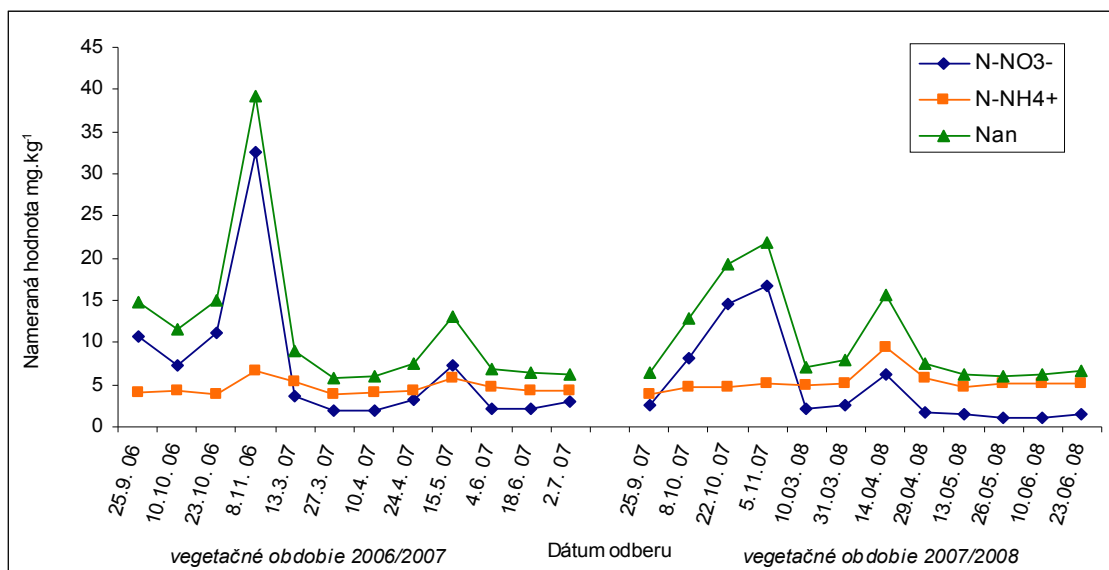
Dynamika sledovaných foriem dusíka v pôde sa v druhej hĺbke odberu pôdnych vzoriek (0,3-0,6m) pri použití rovnakého spôsobu obrábania (B1) a variantu hnojenia (0) pôdy odlišovala od vyššie charakterizovanej dynamiky v prvej sledovanej hĺbke odberu pôdnych vzoriek. Znázorňuje ju graf 2, z ktorého môžeme vidieť veľmi podobné obsahy anorganického a dusičnanového dusíka v prvých troch dátumoch odberu. Obsah dusičnanového a anorganického dusíka boli nižšie v porovnaní s hĺbkou 0,0-0,3m. Obsah amónneho dusíka mal približnú hodnotu v oboch sledovaných hĺbkach odberu pôdnych vzoriek. Maximálne hodnoty všetkých foriem dusíka v rámci prvého vegetačného obdobia (2006/2007) sa prejavili v marcovom dátume odberu (13.3.2007). Dosiahli hodnoty: N-NO₃⁻ 7,21 mg.kg⁻¹; N-NH₄⁺ 4,9 mg.kg⁻¹ a N_{an}- 12,11 mg.kg⁻¹ pôdy. Koncom marca klesli hodnoty jednotlivých foriem dusíka, avšak od 10.4.2007 si zachovali pomerne ustálené hodnoty až do konca prvého sledovaného vegetačného obdobia.

Začiatok (25.9.2007) druhého vegetačného obdobia 2007/ 2008 bol charakteristický hodnotami $4,17 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ N-NO}_3^-$ a $8,08 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ N}_{\text{an}}$. Po znížení obsahov dusičnanového a anorganického dusíka v druhom dátume odberu v ďalšom odbere (22.10.2007) stúpili obsahy N-NO_3^- a N_{an} na $6,29 \text{ mg.kg}^{-1}$ a $9,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ pôdy. V jarnom období (10.3.2008) bolo zaznamenané mierne zvýšenie obsahov anorganického dusíka ($9,44 \text{ mg.kg}^{-1}$), avšak u dusičnanového dusíka ($2,99 \text{ mg.kg}^{-1}$) došlo k znižovaniu jeho obsahov. Klesajúci trend si v ďalšom období zachovali všetky formy dusíka až do 14.4.2008. Čo sa týka amónneho dusíka na začiatku vegetačného obdobia dosiahol hodnotu $3,91 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ N-NH}_4^+$. V treťom dátume odberu (22.10.2007) sme zaznamenali pokles obsahov N-NH_4^+ na $3,01 \text{ mg.kg}^{-1}$, čo bola zároveň najnižšia zistená hodnota amónneho dusíka v období 2007/2008. Začiatkom jari sa zvyšoval obsah amónneho dusíka až na $6,45 \text{ mg.kg}^{-1}$ a teda dosiahol najvyššiu hodnotu. Dynamika anorganického dusíka kopírovala dynamiku amónneho dusíka. Posledné tri dátumy odberu pôdných vzoriek sú charakteristické vyrovnanými hodnotami až do konca obdobia 2007/2008.

4.1.2 Hodnotenie dynamiky N-NH_4^+ , N-NO_3^- a N_{an} pri použití spôsobu obrábania pôdy B1 (stredne hlboká orba do 0,25 m) a variantu hnojenia pôdy PH (NPK hnojivá), v hĺbke 0,0- 0,3 m a 0,3- 0,6 m

Treťou kombináciou sledovaných faktorov je spôsob obrábania pôdy B1 (stredne hlboká orba do 0,25 m), variant hnojenia PH (NPK hnojivá) a hĺbka 0,0- 0,3 m. Dynamiku jednotlivých foriem dusíka v tejto kombinácii v oboch sledovaných vegetačných obdobiach pšenice znázorňuje Graf 3.

Graf 3 Dynamika $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ a N_{an} pri spôsobe obrábania pôdy B1, variante hnojenia pôdy PH, v hĺbke 0,0- 0,3 m v oboch sledovaných vegetačných obdobiach



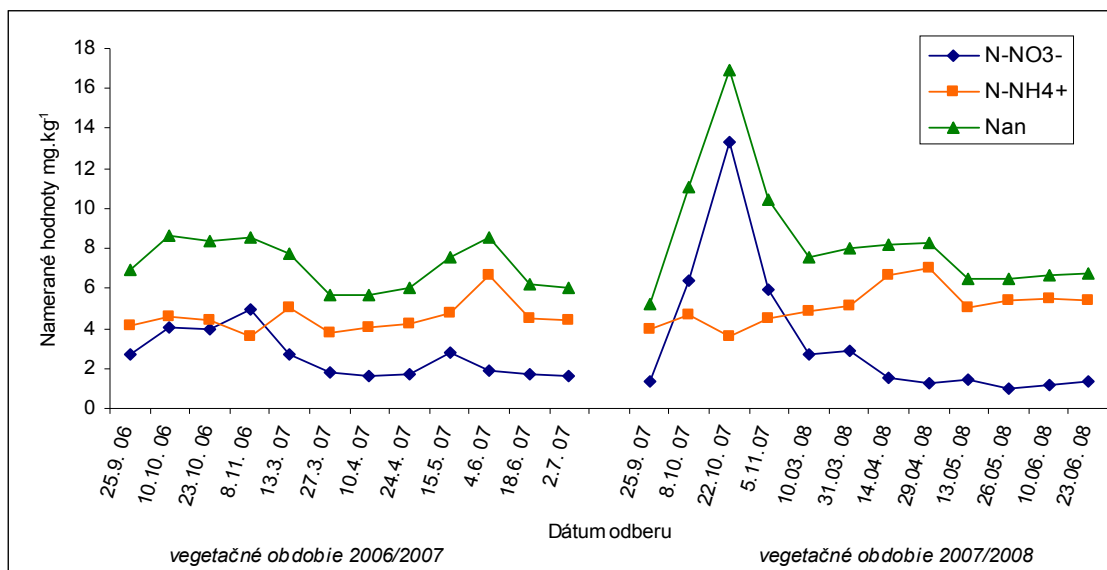
Na začiatku sledovaného obdobia sme zaznamenali pokles dusičnanovej a anorganickej formy dusíka v pôde v druhom odbere pôdnych vzoriek.

Od tretieho odberu sme zaznamenali nárast obsahu dusičnanovej a anorganickej formy dusíka, kedy tieto dve formy dusíka dosiahli vo štvrtom odbere (8.11. 2006) pôdnych vzoriek svoje jesenné maximum, $N-NO_3^-$ 32,6 mg.kg⁻¹, N_{an} 39,27 mg.kg⁻¹. V zimnom období dochádzalo k poklesu všetkých foriem dusíka v pôde, ktoré trvalo až do 27.3. 2007, kedy $N-NH_4^+$ dosiahlo minimálnu hodnotu 3,83 mg.kg⁻¹ a N_{an} 5,7 mg.kg⁻¹. Ustálené hodnoty si obsahy dusíka zachovali do polovice apríla. Po prechodnom zvýšení v nasledujúcich dvoch odberoch si obsahy dusičnanového, amónneho a anorganického dusíka až do konca prvého vegetačného obdobia zachovali pomerne ustálené hodnoty.

V druhom vegetačnom období (2007/2008) obsahy dusičnanového dusíka postupne narastali pričom jesenné maximum sme zistili 5.11.2007. V dôsledku vyplavenia dusičnanového dusíka v zimnom období boli v marcovom odbere (10.3.2008) zaznamenané pomerne nízke obsahy dusičnanového (2,05 mg.kg⁻¹) a anorganického (7 mg.kg⁻¹) dusíka. Obsah amónneho dusíka sa iba mierne zvyšoval. Aj v druhom vegetačnom období došlo k prechodnému zvýšeniu koncentrácií sledovaných foriem dusíka, avšak v porovnaní s predchádzajúcim vegetačným obdobím bolo toto prechodné zvýšenie zaznamenaná v apríli. Po výraznejšom poklese v odbere realizovanom 14.04.2008 si obsahy všetkých troch foriem do konca vegetačného obdobia udržali ustálené hodnoty.

Štvrtou kombináciou sledovaných faktorov je spôsob obrábania pôdy B1 (stredne hlboká orba do 0,25 m), variant hnojenia PH (NPK hnojivá) a hĺbka 0,3- 0,6 m. Dynamiku jednotlivých foriem dusíka v tejto kombinácii v oboch sledovaných vegetačných obdobiach pšenice znázorňuje Graf 4.

Graf 4 Dynamika $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ a N_{an} pri spôsobe obrábania pôdy B1, variante hnojenia pôdy PH, v hĺbke 0,3- 0,6 m v oboch sledovaných vegetačných obdobiach



V druhom odbere prvého vegetačného obdobia sme zaznamenali nárast všetkých troch foriem dusíka. Obsah dusičnanového dusíka boli nižšie v porovnaní s obsahmi dusíka amónneho okrem štvrtého odberu (8.11.2006), kedy sa jeho obsah mierne zvýšil. V prvom marcovom odbere (13.3.2007) obsah dusičnanového dusíka a anorganického dusíka klesol. Nasledujúce obdobie hodnoty dusičnanového dusíka postupne klesali až do 24.4.2007. Od tohto dátumu možno pozorovať mierne zvýšenie všetkých troch foriem dusíka v pôde. Čo sa týka dynamiky amónneho dusíka, neboli zaznamenané výrazné zmeny. V novembrovom odbere roku 2006 bol zistený v hĺbke 0,3– 0,6 m nižší obsah ($3,62 \text{ mg.kg}^{-1}$) tejto formy dusíka v porovnaní s prvou hĺbkou ($6,67 \text{ mg.kg}^{-1}$). V jarnom období (13.3.2007) a v júni (4.6.2007) však množstvo amónnej formy dusíka mierne vzrástlo.

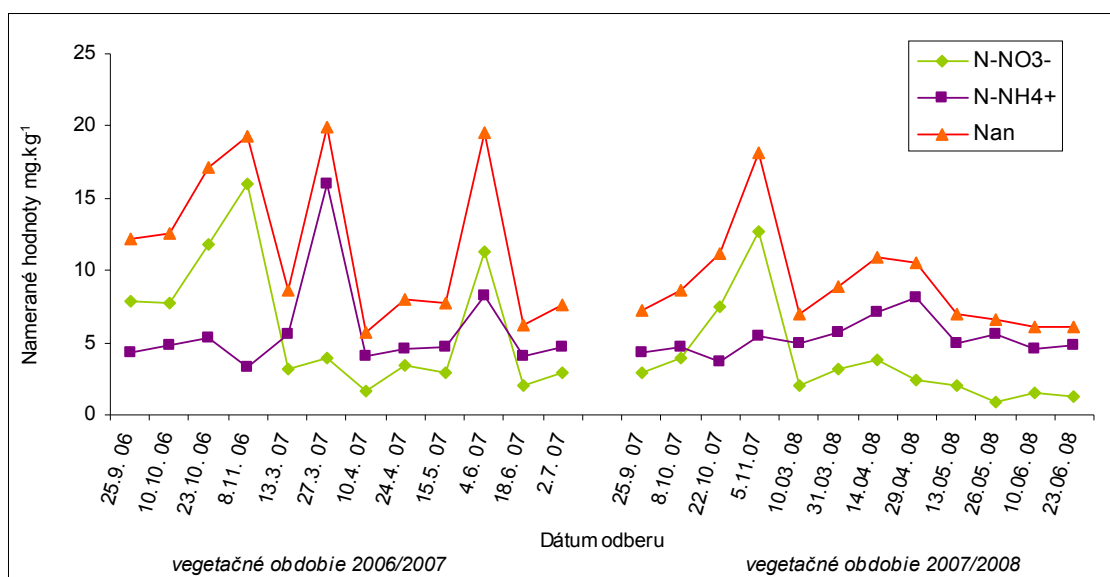
V druhom vegetačnom období (2007/ 2008) nastal výrazný vzostup dusičnanového a anorganického dusíka od 25.9.2007. V treťom dátume odberu (22.10.2007) dosiahli obsahy dusičnanového ($12,32 \text{ mg.kg}^{-1}$) a anorganického ($16,95 \text{ mg.kg}^{-1}$) dusíka najvyššie hodnoty v rámci tejto kombinácie sledovaných faktorov počas celého vegetačného obdobia.

Začiatkom novembra (5.11.2007) začali hodnoty dusičnanového a anorganického dusíka výrazne klesať až do 10.3.2008. Nárast obsahov anorganického dusíka bol veľmi mierny až do 29.4.2008, avšak po tomto dátume sa ich obsahy znížili. Ustálené hodnoty týchto foriem dusíka sa zachovali až do posledného dátumu odberu. Obsah amónneho dusíka sa udržiaval na pomerne ustálených hodnotách od začiatku vegetačného obdobia. Dynamika dusičnanového dusíka nadobudla klesajúci trend do konca sledovaného vegetačného obdobia a dynamika anorganického dusíka sa približovala dynamike dusičnanového dusíka.

4.1.3 Hodnotenie dynamiky $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ a N_{an} pri použití spôsobu obrábania pôdy B1 (stredne hlboká orba do 0,25 m) a variantu hnojenia pôdy PH+ PZ (NPK hnojiva+ pozberové zvyšky), v hĺbke 0,0- 0,3 m a 0,3- 0,6 m

Piatou kombináciou sledovaných faktorov je spôsob obrábania pôdy B1 (stredne hlboká orba do 0,25 m), variant hnojenia PH+ PZ (NPK hnojiva+ zaoranie pozberových zvyškov) a hĺbka 0,0- 0,3 m. Dynamiku jednotlivých foriem dusíka v tejto kombinácii v oboch sledovaných vegetačných obdobiach pšenice znázorňuje Graf 5.

Graf 5 Dynamika $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ a N_{an} pri spôsobe obrábania pôdy B1, variante hnojenia pôdy PZ, v hĺbke 0,0- 0,3 m v oboch sledovaných vegetačných obdobiach



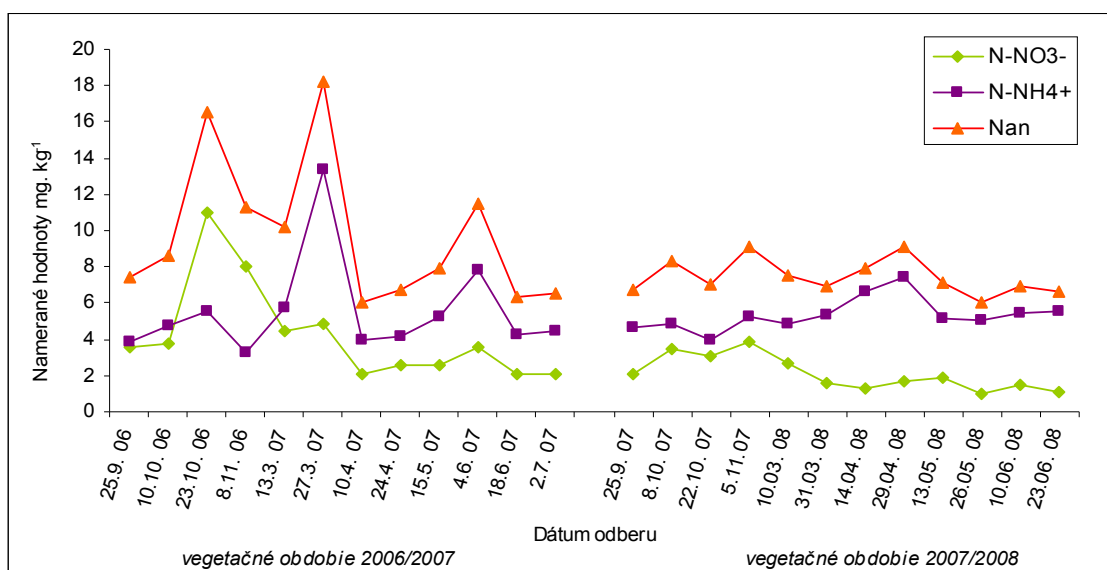
V kombinácii sledovaných faktorov (spôsob obrábania pôdy B1, variant hnojenia PZ) sa dynamika najmä dusičnanového a anorganického dusíka v hĺbke 0,0-0,3 m odlišovala od dynamiky zistenej v kombinácii B1; PH v rovnakej hĺbke.

Obsahy všetkých foriem dusíka od prvého odberu postupne rástli, až dosiahli jesenné maximum vo štvrtom odbere N-NO_3^- 15,99 mg.kg^{-1} a N-NH_4^+ 19,26 mg.kg^{-1} . Tieto hodnoty však boli nižšie ako pri variante s priemyselnými hnojivami. V zimnom období v dôsledku zníženej mikrobiálnej činnosti a vplyvom vyplavovania obsahy dusičnanového (3,11 mg.kg^{-1}) a amónneho (5,54 mg.kg^{-1}) dusíka výrazne klesli. Kolísavá dynamika anorganických foriem pokračovala aj v jarnom období, keď sa striedali odbery s vysokými a nízkymi obsahmi. Pravdepodobne zmenou teplotných a vlhkosťných pomerov. Ku koncu vegetačného obdobia boli obsahy dusičnanového aj amónneho dusíka v pôde vyrovnané.

V druhom vegetačnom období (2007/2008) boli zistené v porovnaní s prvým vegetačným obdobím nižšie obsahy dusičnanového aj amónneho dusíka v pôde. Zvýšená intenzita mineralizačných a nitrifikačných procesov v pôde spôsobila nárast všetkých foriem dusíka až do 5.11. 2007. Na začiatku jari sme zaznamenali pokles všetkých foriem dusíka, ktoré ale začali stúpať až do 14.4. 2008. Od 29.4. 2008 sa obsahy postupne znižovali až do konca sledovaného vegetačného obdobia.

Šiestou kombináciou sledovaných faktorov je spôsob obrábania pôdy B1 (stredne hlboká orba do 0,25 m), variant hnojenia PH+ PZ (NPK hnojivo+ pozberové zvyšky) a hĺbka 0,3- 0,6 m. Dynamiku jednotlivých foriem dusíka v tejto kombinácii v oboch sledovaných vegetačných obdobiach pšenice znázorňuje Graf 6.

Graf 6 Dynamika N-NH_4^+ , N-NO_3^- a N_{an} pri spôsobe obrábania pôdy B1, variante hnojenia pôdy PZ, v hĺbke 0,3- 0,6 m v oboch sledovaných vegetačných obdobiach



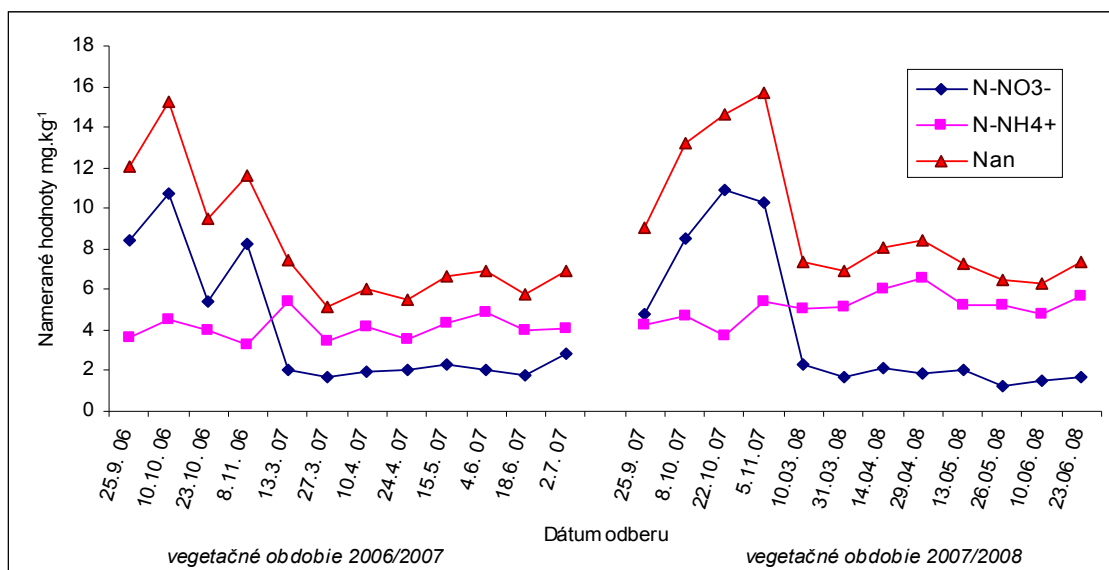
V prvom odbere vo vegetačnom období 2006/2007 boli zistené nižšie obsahy N_{an} v porovnaní s prvou sledovanou hĺbkou v tejto kombinácii skúmaných faktorov. V odbere uskutočnenom 8.11.2006 obsahy jednotlivých foriem dusíka stále narastali, najmä dusičnanový a anorganický dusík. V marci (27.3.2007) sa zistil opätovný vzostup obsahov anorganického dusíka ($18, 21 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), avšak obsah dusičnanového dusíka naďalej klesal a pomerne vyrovnaný trend si zachoval do konca vegetačného obdobia 2006/2007. Od tohto dátumu odberu sa dynamika $N\text{-NH}_4^+$ podobala dynamike N_{an} do posledného dátumu odberu vegetačného obdobia 2006/2007. Dynamika bola mierne nevyrovnaná a začiatkom júna (4.6.2007) badať mierny nárast hodnôt N_{an} a $N\text{-NH}_4^+$. Priemerný obsah dusičnanového dusíka bol nižší než obsah amónneho dusíka v oboch hĺbkach vo vegetačnom období 2006/2007.

Dynamika $N\text{-NH}_4^+$, $N\text{-NO}_3^-$ a N_{an} sa v druhom sledovanom vegetačnom období (2007/2008) v druhej hĺbke odberu pôdnych vzoriek vyznačovala miernymi zmenami a prudkými výkyvmi uvedených foriem dusíka v porovnaní s dynamikou v prvej hĺbke, ako aj v prvom sledovanom vegetačnom období. Od začiatku druhého vegetačného obdobia dochádzalo k miernemu zvyšovaniu obsahov dusičnanového a anorganického dusíka, pričom amónny dusík mal ustálenú hodnotu. Po miernom poklese v treťom odbere sa jesenné maximum dosiahlo v odbere, ktorý sme uskutočnili 5.11.2006. Jeho hodnota bola výrazne nižšia ako v prvom vegetačnom období. Marcové obsahy $N\text{-NO}_3^-$ a N_{an} sa vyznačovali miernym poklesom. V tomto období bolo jarne maximum až koncom apríla, pričom toto maximum s dvojtyždňovým oneskorením kopíruje jarne maximum vo vrchnej hĺbke pôdneho profilu. Od konca apríla až do zberu pšenice bola dynamika vyrovnaná a koncentrácie N_{an} foriem dusíka veľmi nízke.

4.1.4. Hodnotenie dynamiky $N\text{-NH}_4^+$, $N\text{-NO}_3^-$ a N_{an} pri použití spôsobu obrábania pôdy B2 (plytká orba do 0,20 m) a variantu hnojenia pôdy 0 (nehnojená kontrola, v hĺbke 0,0- 0,3 m a 0,3- 0,6 m)

Siedmou kombináciou sledovaných faktorov je spôsob obrábania pôdy B2 (plytká orba do 0,20 m), variant hnojenia 0 (nehnojená kontrola) a hĺbka 0,0- 0,3 m. Dynamiku jednotlivých foriem dusíka v tejto kombinácii v oboch sledovaných vegetačných obdobiach pšenice znázorňuje Graf 7.

Graf 7 Dynamika N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ a N_{an} pri spôsobe obrábania pôdy B2, variante hnojenia pôdy 0, v hĺbke 0,0- 0,3 m v oboch sledovaných vegetačných obdobiach



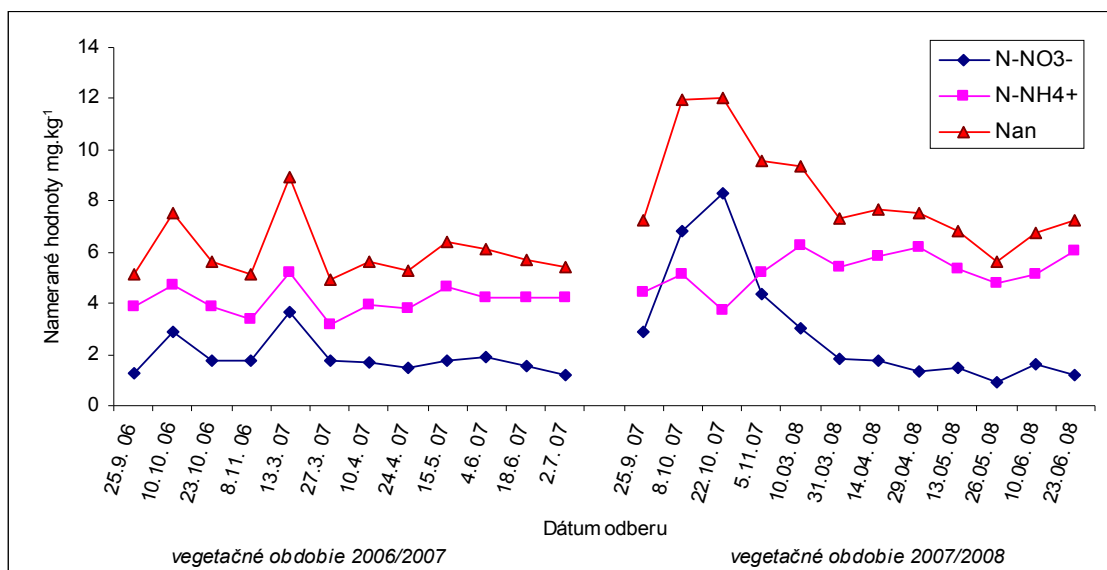
V sledovanom vegetačnom období 2006/2007 a 2007/2008 sa dynamika N-NO₃⁻ a N_{an} v tejto kombinácii sledovaných faktorov odlišovala od prvej hodnotenej kombinácie (B1; 0; 0,0-0,3m). V prvom odbere (25.9.2006) bol zaznamenaný vyšší obsah dusičnanového (8,38 mg.kg⁻¹) a anorganického (12,03 mg.kg⁻¹) dusíka než v kombinácii so spôsobom obrábania B1. V druhom jesennom odbere (10.10.2006) nastalo zvýšenie obsahov dusičnanového (10,76 mg.kg⁻¹) a anorganického (15,28 mg.kg⁻¹) dusíka, pričom tieto hodnoty boli najvyššie za prvé vegetačné obdobie. Dynamika dusičnanového a anorganického dusíka bola po miernom zvýšení vo štvrtom odbere (8.11.2006) pomerne vyrovnaná až do konca prvého vegetačného obdobia.. Obsah amónneho dusíka bol vyrovnaný, no v prvom jarnom odbere (13.3.2007) bol zaznamenaný mierny vzostup, pričom jeho obsah (5,4 mg.kg⁻¹) bol najvyšším v prvom vegetačnom období tejto kombinácie sledovaných faktorov.

V porovnaní s prvým vegetačným obdobím sa druhé vegetačné obdobie vyznačovalo rozdielnymi zmenami v obsahoch daných foriem dusíka. Dynamika dusičnanového a anorganického dusíka sa vyznačovala prudkým nárastom ich obsahov v prvých dátumoch odberu až do odberu 22.10.2007, v ktorom obsah N-NO₃⁻ bol 10,92 mg.kg⁻¹ a obsah N_{an} bol 15,73 mg.kg⁻¹ pôdy (5.11.2007), čo boli najvyššie zistené hodnoty počas celého sledovaného vegetačného obdobia. Tieto hodnoty boli v porovnaní s prvým vegetačným obdobím v tých istých dátumoch odberu vyššie. V marcovom odbere boli namerané nižšie obsahy dusičnanového (2,31 mg.kg⁻¹ pôdy) a anorganického (7,39 mg.kg⁻¹) dusíka v pôde v porovnaní s marcovým odberom

prvého sledovaného vegetačného obdobia tejto kombinácie sledovaných faktorov. Koncom marca (31.3.2008) obsah $N\text{-NO}_3^-$ a N_{an} nepatrne klesol, pričom v nasledujúcom období dynamika dusičnanového dusíka bola vyrovnaná až do konca sledovaného vegetačného obdobia. V aprílovom odbere (14.4.2008) sa obsahy amónneho a anorganického dusíka mierne zvýšili. Májový odber je charakteristický poklesom foriem dusíka, pričom tento trend si zachovali do 10.6.2008. Posledný dátum odberu sa vyznačoval miernym zvýšením všetkých foriem dusíka v druhom vegetačnom období.

Ôsmou kombináciou sledovaných faktorov je spôsob obrábania pôdy B2 (plytká orba do 0,20 m), variant hnojenia 0 (nehnojená kontrola) a hĺbka 0,3- 0,6 m. Dynamiku jednotlivých foriem dusíka v tejto kombinácii v oboch sledovaných vegetačných obdobiach pšenice znázorňuje Graf 8.

Graf 8 Dynamika $N\text{-NH}_4^+$, $N\text{-NO}_3^-$ a N_{an} pri spôsobe obrábania pôdy B2, variante hnojenia pôdy 0, v hĺbke 0,3- 0,6m v oboch sledovaných vegetačných obdobiach



V druhom odbere (10.10 2006) prvého vegetačného obdobia mala dynamika všetkých foriem dusíka vzrastajúci trend podobne ako v prvej hĺbke tejto sledovanej kombinácie. Až do posledného jesenného odberu (8.11. 2006) prevažovala vyrovnaná dynamika dusičnanového a anorganického dusíka. V prvom jarom odbere (13.3. 2007) sme zaznamenali najvyššie obsahy dusičnanového ($3,69 \text{ mg. kg}^{-1}$), amónneho ($5,24 \text{ mg. kg}^{-1}$) a anorganického ($8,93 \text{ mg. kg}^{-1}$) dusíka. Tieto namerané hodnoty boli podobné ako v kombinácii B1; 0; 0,3- 0,6 m.

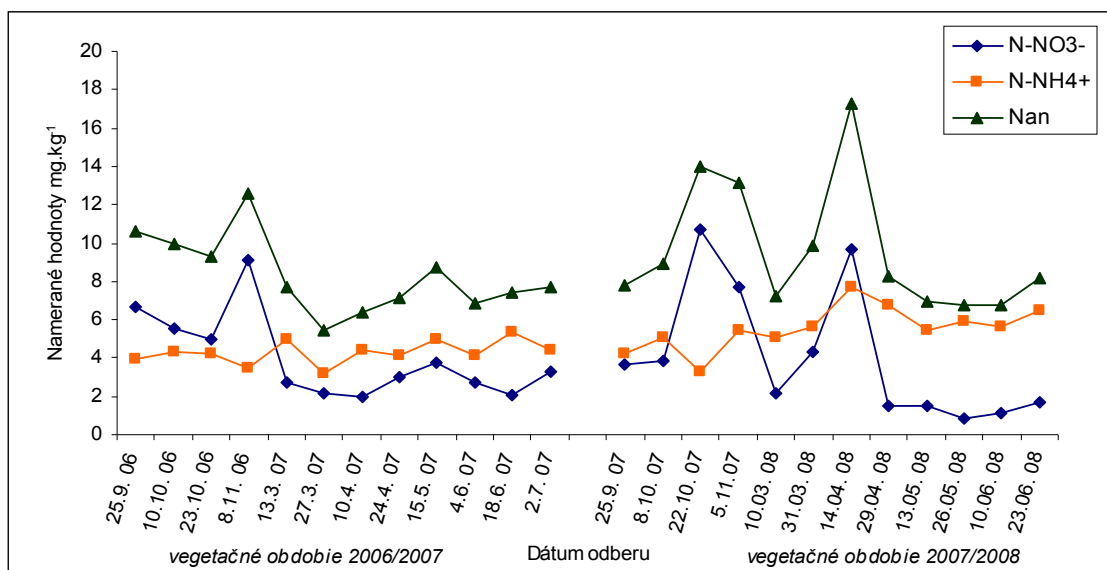
Súvisia s pohybom anorganického dusíka do spodných vrstiev pôdneho profilu v zimnom období. V nasledujúcom odbere sme zaznamenali pokles, po ktorom sa dynamika sledovaných foriem dusíka výrazne nemenila a až do konca prvého vegetačného obdobia si zachovala vyrovnaný trend.

V druhom vegetačnom období 2007/2008 bola dynamika všetkých sledovaných foriem dusíka približne rovnaká dynamike v prvej sledovanej hĺbke tejto kombinácie. Obsahy dusičnanového a anorganického dusíka mali na začiatku druhého vegetačného obdobia narastajúcu tendenciu až do 22.10 2007, kedy dosiahli najvyššie obsahy ($N\text{-NO}_3^-$ 8,31 mg.kg⁻¹ ; N_{an} 12,06 mg.kg⁻¹) za celé sledované obdobie. V nasledujúcich odberoch obsahy dusičnanového a anorganického dusíka postupne klesali až do konca vegetačného obdobia okrem posledných dvoch odberoch, keby sme zaznamenali mierny nárast. Čo sa týka amonného dusíka začiatkom druhého vegetačného obdobia sme zaznamenali mierny vzostup jeho obsahu až do 22.10. 2007 kedy sa jeho obsah znížil na 3,75 mg. kg⁻¹, pričom tento obsah bol zároveň najnižším nameraným obsahom v druhom vegetačnom období. V ďalších odberoch sa začal jeho obsah zvyšovať. V marcovom odbere (10.3. 2008) bol dosiahnutý najvyšší obsah amonného dusíka v pôde a to 6,28 mg. kg⁻¹ za celé sledované pokusné obdobie. Až do konca druhého vegetačného obdobia si udržiaval kolísavú tendenciu.

4.1.5. Hodnotenie dynamiky $N\text{-NH}_4^+$, $N\text{-NO}_3^-$ a N_{an} pri použití spôsobu obrábania pôdy B2 (plytká orba do 0,20 m) a variantu hnojenia pôdy PH (NPK hnojiva), v hĺbke 0,0- 0,3 m a 0,3- 0,6 m

Deviatou kombináciou sledovaných faktorov je spôsob obrábania pôdy B2(plytká orba do 0,20 m), variant hnojenia PH (NPK hnojiva) a hĺbka 0,0- 0,3 m. Dynamiku jednotlivých foriem dusíka v tejto kombinácii v oboch sledovaných vegetačných obdobiach pšenice znázorňuje Graf 9.

Graf 9 Dynamika N-NH_4^+ , N-NO_3^- a N_{an} pri spôsobe obrábania pôdy B2, variante hnojenia pôdy PH, v hĺbke 0,0- 0,3 m v oboch sledovaných vegetačných obdobiach

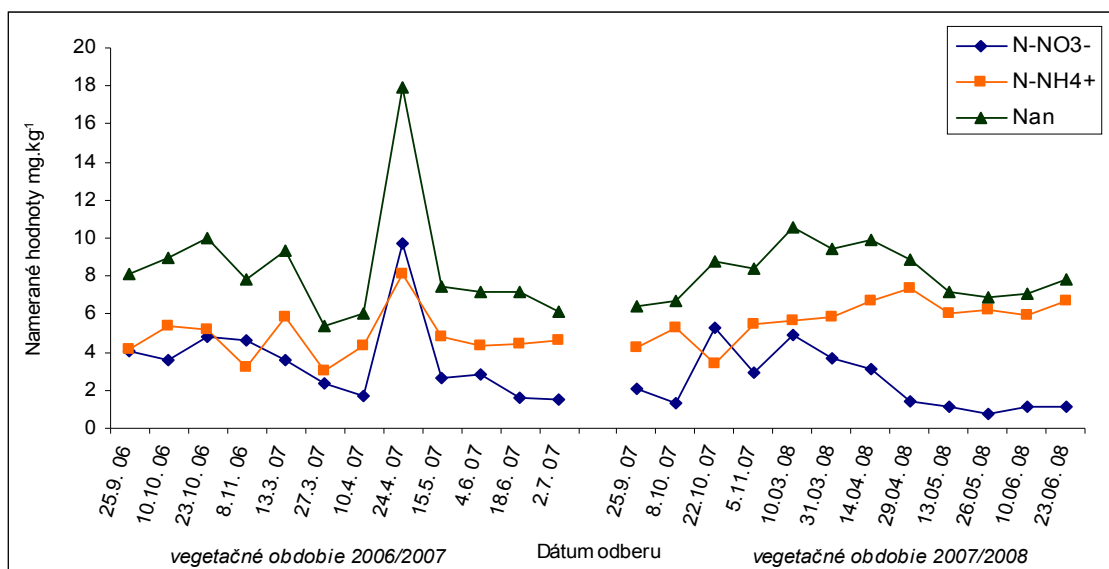


Obsahy dusičnanového a anorganického dusíka boli odlišné od sledovanej kombinácie faktorov B1; PH; 0,0- 0,3 m, nakoľko dosiahli nižšie hodnoty. Obsahy spomínaných foriem klesali až do štvrtého odberu (8.11. 2006), kedy bolo dosiahnuté jesenné maximum. V zimnom období došlo k zníženiu obsahov dusičnanového a anorganického dusíka, zatiaľ čo obsah amonného dusíka mierne vzrástol. Všetky tri formy dusíka až do zberu pokusnej plodiny si zachovali mierne kolísanie meraných hodnôt.

V druhom sledovanom vegetačnom období 2007/2008 obsahy najmä dusičnanového a anorganického dusíka v prvých dvoch dátumoch odberu boli nižšie v porovnaní s prvým vegetačným obdobím. V októbrovom odbere (22.10. 2007) dusičnanový dusík dosiahol najvyšší obsah v pôde ($10,71 \text{ mg. kg}^{-1}$) za celé pokusné obdobie a bol zaznamenaný aj nárast anorganického dusíka na hodnotu $13,99 \text{ mg. kg}^{-1}$. Od jesenného maxima obsah anorganického dusíka začal klesať a zastavil sa až v jarnom období. V dôsledku zlepšenia pôdno-klimatických podmienok dochádza k tvorbe anorganických foriem dusíka, najmä obsah dusičnanového dusíka v priebehu mesiaca vzrástol takmer trojnásobne a v polovici apríla dosiahol jarné maximum, ktoré bolo vyššie ako maximum jesenné. Po tomto dátume odberu došlo k poklesu všetkých foriem dusíka a pomerne vyrovnané hodnoty si zachovali až do konca vegetačného obdobia.

Desiatou kombináciou sledovaných faktorov je spôsob obrábania pôdy B2 (plytká orba do 0,20 m), variant hnojenia PH (NPK hnojiva) a hĺbka 0,3- 0,6 m. Dynamiku jednotlivých foriem dusíka v tejto kombinácii v oboch sledovaných vegetačných obdobiach pšenice znázorňuje Graf 10.

Graf 10 Dynamika $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ a N_{an} pri spôsobe obrábania pôdy B2, variante hnojenia pôdy PH, v hĺbke 0,3- 0,6 m v oboch sledovaných vegetačných obdobiach



V prvom odbere (25.9. 2006) bol nameraný vyšší obsah dusičnanového dusíka ($4,04 \text{ mg. kg}^{-1}$) než v kombinácii sledovaných faktorov B1; PH; 0,3- 0,6 m. Obsah dusičnanového dusíka mierne klesal až do apríla (10.4. 2007) s výnimkou mierneho nárastu koncom októbra (23.10. 2006), kedy 24.4. 2007 sme zistili jarné maximum všetkých sledovaných foriem dusíka v pôde. Po tomto odbere obsahy výrazne klesli a nízke hodnoty si zachovali až do konca prvého vegetačného obdobia. Dynamika amónneho dusíka mala podobný priebeh. Po miernom poklese jeho obsahu pred zimou sa koncentrácie v prvom jarnom odbere zvýšili. K výraznejšiemu zvýšeniu došlo koncom apríla. Po tomto odbere však dochádza k poklesu a takmer identickému obsahu tejto formy dusíka až do zberu pšenice.

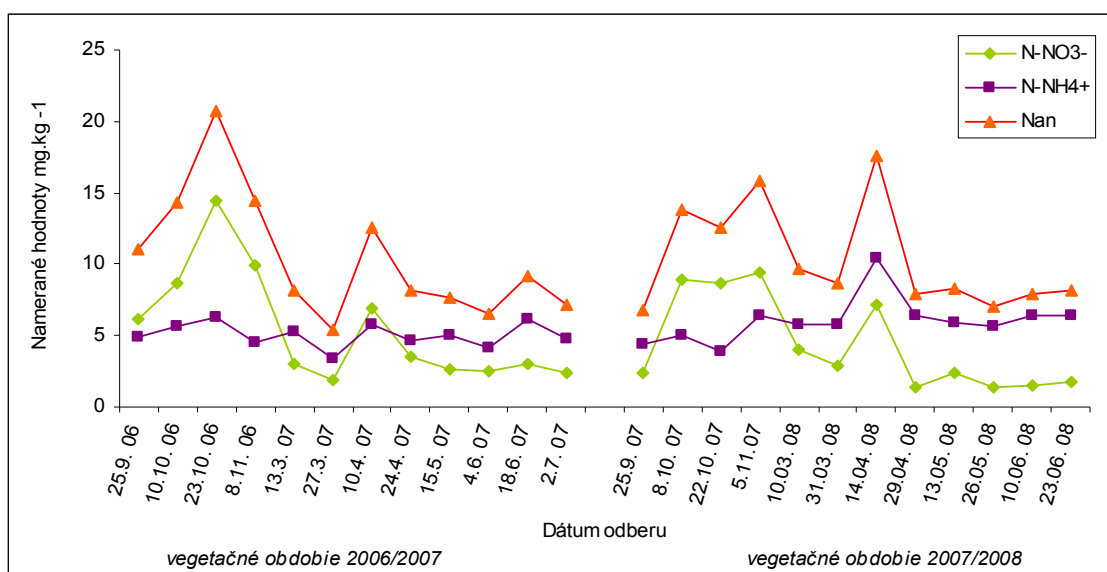
V druhom sledovanom vegetačnom období (2007/2008) boli všetky formy dusíka pomerne vyrovnané. Obsah dusičnanového dusíka stúpol v treťom odbere (22.10. 2007) a dosiahol hodnotu $5,33 \text{ mg. kg}^{-1}$. V nasledujúcom pokusnom období sa jeho obsah znižoval až na hodnotu $0,72 \text{ mg. kg}^{-1}$ okrem marcového odberu (10.3. 2008) kedy dosiahol hodnotu $4,87 \text{ mg. kg}^{-1}$. Posledné dva dátumy odberu boli obsahy

dusičnanového dusíka pomerne ustálené. Rozpätie obsahov amonného dusíka v pôde sa pohybovalo od 3,44 mg. kg⁻¹ (22.10. 2007) až do 7,39 mg. kg⁻¹ (29.4. 2008).

4.1.6. Hodnotenie dynamiky N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ a N_{an} pri použití spôsobu obrábania pôdy B2 (plytká orba do 0,20 m) a variantu hnojenia pôdy PH+ PZ (NPK hnojiva+ pozberové zvyšky), v hĺbke 0,0- 0,3 m a 0,3- 0,6 m

Jedenástou kombináciou sledovaných faktorov je spôsob obrábania pôdy B2 (plytká orba do 0,20 m), variant hnojenia PH+ PZ (NPK hnojiva+ pozberové zvyšky) a hĺbka 0,0- 0,3 m. Dynamiku jednotlivých foriem dusíka v tejto kombinácii v oboch sledovaných vegetačných obdobiach pšenice znázorňuje Graf 11.

Graf 11 Dynamika N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ a N_{an} pri spôsobe obrábania pôdy B2, variante hnojenia pôdy PZ, v hĺbke 0,0- 0,3 m v oboch sledovaných vegetačných obdobiach



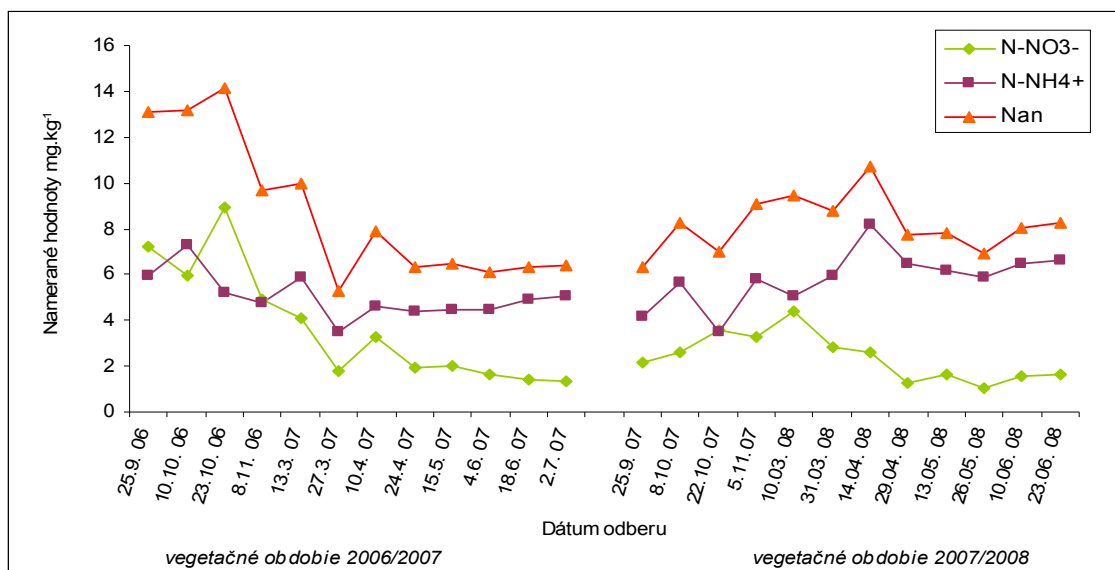
Od prvého odberu (25.9. 2006) vegetačného obdobia 2006/2007 sme zaznamenali nárast všetkých sledovaných foriem dusíka v pôde. V treťom dátume odberu (23.10. 2006) pôdnych vzoriek bolo namerané jesenné maximum, pričom hodnota dusičnanového dusíka bola 14,5 mg. kg⁻¹, anorganického dusíka 20,8 mg. kg⁻¹. Boli to zároveň aj najvyššie namerané hodnoty za celé pokusné obdobie 2006/2007 a 2007/2008 a tieto hodnoty boli takmer dvojnásobne vyššie ako v kombinácií faktorov B2; PH; 0,0- 0,3 m. Obsah dusičnanového a anorganického dusíka postupne klesal až do 10.4. 2007 a až do konca prvého vegetačného obdobia si zachoval kolísavý trend. Dynamika amonného dusíka bola mierne kolísavá v priebehu celého vegetačného

obdobia 2006/2007. Výraznejší nárast sme zaznamenali 23.10. 2006 kedy dosiahol hodnotu 6,28 mg. kg⁻¹. Najnižšiu nameranú hodnotu (3,43 mg. kg⁻¹) sme zaznamenali 27.3. 2007, čo bola zároveň aj najnižšia nameraná hodnota amonného dusíka za celé pokusné obdobie.

V druhom vegetačnom období (2007/2008) v druhom odbere (8.10. 2007) sme zaznamenali nárast obsahov všetkých sledovaných foriem dusíka v pôde, pričom ale v ďalšom odbere poklesli obsahy všetkých foriem dusíka. Jesenné maximum bolo zaznamenané 5.11. 2007, kedy nameraná hodnota anorganického dusíka bola 15,78 mg. kg⁻¹ a dusičnanového dusíka 9,36 mg. kg⁻¹. Následne sa hodnoty znížili, ale 14.4. 2008, bolo výraznejšie zvýšenie všetkých troch sledovaných foriem dusíka. Pričom anorganický dusík v tomto termíne dosiahol najvyššiu nameranú hodnotu (17,55 mg. kg⁻¹) za celé druhé vegetačné obdobie. Koncom apríla nastal pokles všetkých sledovaných foriem dusíka a až do konca vegetačného obdobia 2007/ 2008 si zachovali pomerne vyrovnané hodnoty.

Dvanástou kombináciou sledovaných faktorov je spôsob obrábania pôdy B2 (plytká orba do 0,20 m), variant hnojenia PH+ PZ(NPK hnojivo+ pozberové zvyšky) a hĺbka 0,3- 0,6 m. Dynamiku jednotlivých foriem dusíka v tejto kombinácii v oboch sledovaných vegetačných obdobiach pšenice znázorňuje Graf 12.

Graf 12 Dynamika N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ a N_{an} pri spôsobe obrábania pôdy B2, variante hnojenia pôdy PZ, v hĺbke 0,3- 0,6 m v oboch sledovaných vegetačných obdobiach



V prvom odbere bol zistený vyšší obsah dusičnanového (7,21 mg. kg⁻¹) a anorganického (13,10 mg. kg⁻¹) dusíka v pôde v porovnaní s prvou hĺbkou. Ich obsahy sa postupne zvyšovali a v októbrovom odbere (23.10. 2006) sme namerali obsah anorganického dusíka v pôde 14,1 mg. kg⁻¹ a obsah dusičnanového dusíka 8,94 mg. kg⁻¹. Tieto hodnoty sú zároveň najvyššími obsahmi dusičnanového a anorganického dusíka v pôde v rámci oboch sledovaných vegetačných období. Až do marca mala dynamika dusičnanového a anorganického dusíka klesajúci trend. V prvom aprílovom odbere (10.4. 2007) došlo k zvýšeniu všetkých obsahov foriem dusíka a až do konca prvého vegetačného obdobia sa zachovala vyrovnaný trend všetkých foriem dusíka. Obsah amonného dusíka od začiatku vegetačného obdobia klesal z hodnoty 7,28 mg. kg⁻¹, ktorá bola nameraná v druhom odbere (10.10. 2006) na 3,52 mg. kg⁻¹ nameranej v marcovom odbere (27.3. 2007).

V druhom vegetačnom období 2007/2008 bola dynamika dusičnanového a anorganického dusíka v pôde mierne kolísavá. V novembrovom dátume mierne vzrástol obsah anorganického dusíka, no najvyšší obsah sme zaznamenali v aprílovom odbere (14.4. 2008) 10,72 mg. kg⁻¹, kedy najvyšší obsah za celé pokusné obdobie dosiahol aj amónny dusík (8,15 mg. kg⁻¹). Dynamika anorganického aj amonného dusíka mala až do konca druhého vegetačného obdobia klesajúci trend. Dynamika dusičnanového dusíka postupne narastala od prvého odberu (25.9. 2007) až dosiahla najvyššiu nameranú hodnotu a to v marcovom odbere (10.3. 2008) 4,36 mg. kg⁻¹. Od tohto odberu sme zaznamenali postupné klesanie obsahu v pôde až na obsah 1,05 mg. kg⁻¹ (26.5. 2008).

4.2 Štatistické hodnotenie obsahov dusičnanového, amónneho a anorganického dusíka v pôde

Na štatistické zhodnotenie obsahov jednotlivých foriem dusíka sme použili **Tukey-ov test**, ktorý bol najvhodnejší z hľadiska sledovaných faktorov. Jednosmerná analýza rozptylu je najjednoduchšou formou **ANOVA** (ANalysis Of VAriance). Cieľom analýzy rozptylu je odhaliť, či vo vzorke zistené rozdiely priemerov jednotlivých skupín sú štatisticky významné (medzi premennými je vzťah), alebo môžu byť iba náhodné (medzi premennými nie je vzťah).

Ak je P -hodnota nižšia ako zvolená hladina významnosti (tradične 5% = 0,05), nulová hypotéza sa zamietne. Znamená to, že rozdiel medzi aspoň jednou dvojicou priemerov vypočítaných zo vzorky je príliš veľký- je teda štatisticky významný.

Ak je P -hodnota rovná alebo vyššia ako zvolená hladina významnosti, nulová hypotézu nemožno zamietnuť. Znamená to, že rozdiel medzi každou dvojicou priemerov vypočítaných zo vzorky môže byť iba dôsledkom náhodného výberu, nie je teda štatisticky významný.

4.2.1 Štatistické hodnotenie dusičnanového dusíka v pôde

Základné štatistické charakteristiky z testovania obsahov sú uvedené v tabuľke 1.

Priemerný obsah dusičnanového dusíka v pôde za celé pokusné obdobie bol 3,7586 mg. kg⁻¹. Minimálny obsah zistený za celé pokusné obdobie mal hodnotu 0,72 mg. kg⁻¹ a maximálny obsah dosiahol hodnotu 32,6 mg. kg⁻¹ pôdy. S týmto rozpätím súvisí aj vysoká hodnota variačného koeficientu, ktorá je 91,69%, čo dokazuje výraznú dynamiku tejto formy dusíka.

Tabuľka 1 Základná štatistická charakteristika N- NO₃⁻

Štatistické charakteristiky	Hodnoty
Počet údajov	288
Priemer (mg.kg ⁻¹)	3,7586
Rozptyl	11,8638
Smerodajná odchýlka	3,4443
Stredná chyba priemeru	0,2025
Minimálny obsah (mg.kg ⁻¹)	0,72
Maximálny obsah (mg.kg ⁻¹)	32,6
Variačné rozpätie	31,88
Variačný koeficient (%)	91,6931
Suma	1082,5

Z analýzy rozptylu (tabuľka 2) pre dusičnanový dusík vyplýva, že štatisticky významné rozdiely v obsahoch dusičnanového dusíka na 95% ($P < 0,05$) a štatisticky vysoko významné rozdiely na 99% ($P < 0,01$) sa prejavili pri hĺbke odberu, dátume odberu a vegetačnom období. Naopak štatistické rozdiely sa neprejavili pri hnojení a spôsobe obrábania pôdy.

Tabuľka 2 Analýza rozptylu obsahov N- NO₃⁻

Zdroj Hlavné efekty	Suma štvorcov	Stupne voľnosti	Priemerný štvorec	F- hodnota	P- hodnota
A: Hĺbka	132,217	1	132,217	18,38	0
B: Hnojenie	25,0372	2	12,5186	1,74	0,179
C: Odber	898,903	11	81,7184	11,36	0
D: Rok	81,9591	1	81,9591	11,4	0,0009
E: Variant	8,47289	1	8,47289	1,18	0,2795
F: Vlhkosť	579,558	123	4,71185	0,66	0,9922
REZIDUAL	1064,5	148	7,19255		
SPOLU	3404,9	287			

4.2.1.1 Hodnotenie vplyvu spôsobu obrábania pôdy na obsahy dusičnanového dusíka

V závislosti od vplyvu spôsobu obrábania pôdy na obsahy dusičnanového dusíka sme pomocou testovania zisťovali štatistické rozdiely pri hladine významnosti (HV) 95% (tabuľka 3). Na základe zhodnotených výsledkov môžeme konštatovať štatisticky nepreukázaný vplyv.

Tabuľka 3 Tukeyov test pri hladine významnosti 95% - spôsob obrábania pôdy

Spôsob obrábania pôdy	Počet	LS priemer	LS sigma	Homogénne skupiny
				95% HV
B2-plytká orba (do 0,20 m)	144	3,53041	0,286969	X
B1- stredne hlboká orba (do 0,25 m)	144	3,98754	0,303104	X
Rozdiel				0,45713
Limit				0,8323

4.2.1.2 Hodnotenie vplyvu variantu hnojenia pôdy na obsahy dusičnanového dusíka

V závislosti od vplyvu variantu hnojenia pôdy na obsahy dusičnanového dusíka sme zisťovali štatistické rozdiely pri hladine významnosti (HV) 95% (tabuľka 4). Neboli zistené štatisticky významné rozdiely medzi jednotlivými variantami hnojenia.

Tabuľka 4 Test štatistických rozdielov pri hladine významnosti 95% - varianty hnojenia pôdy

Variant hnojenia	Počet	LS priemer	LS sigma	Homogénne skupiny
				95% HV
0- nehnojená kontrola	96	3,31878	0,348023	X
PH+ PZ- NPK hnojivo+ zaoranie pozberových zvyškov	96	3,7366	0,365394	X
PH- NPK hnojivo	96	4,22154	0,349961	X
Rozdiel		Limit		
0 a PH	-0,902763	1,14779		
0 a PH+ PZ	-0,41782	1,21636		
PH+ PZ a PH	0,484943	1,1718		

4.2.1.3 Hodnotenie vplyvu hĺbky odberu pôdných vzoriek na obsahy dusičnanového dusíka

Na základe analýzy rozptylu môžeme poznamenať, že sa potvrdili štatistické rozdiely medzi oboma hĺbkami odberu pôdných vzoriek. Vyplýva to aj z tabuľky 5, kedy vplyv sledovaného faktora bol štatisticky vysoko významný pri 99% hladine významnosti.

Tabuľka 5 Tukeyov test pri hladine významnosti 99%- hĺbka odberu pôdných vzoriek

Hĺbka odberu pôdných vzoriek (m)	Počet	LS priemer	LS sigma	Homogénna skupina
				99% HV
0,3- 0,6	144	2,84052	0,29996	X
0,0- 0,3	144	4,67743	0,29551	X
Rozdiel				1,83692
Limit				1,11799

4.2.1.4 Hodnotenie vplyvu dátumu odberu pôdných vzoriek na obsahy dusičnanového dusíka

Hladina preukaznosti pre odber zobrazená v tabuľke 2 analýzy rozptylu dosiahla najnižšiu hodnotu ($P = 0,0000$). Z danej tabuľky teda vyplýva, že pri dátume odberu sa zistili štatisticky vysoko významné rozdiely.

Pri hodnotení vplyvu dátumu odberu pôdnych vzoriek na obsahy dusičnanového dusíka pri hladine významnosti 95% sme zistili 22 párov, ktoré mali štatisticky významný rozdiel a 17 párov, ktoré mali štatisticky vysoko významný rozdiel pri 99% hladine významnosti. Rozdiely boli zistené medzi termínom odberu č.1 (septembrový) a 3, 4 (II. októbrový, novembrový); č. 2 (I. októbrový) a 11 (I. júnový); č.3 (II. októbrový) a 6, 7, 8, 9, 10, 11,12 (II. marcový, I. aprílový, II. aprílový, I. májový, II. májový, I. júnový, II. júnový); č. 4 (novembrový) a 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 (II. marcový, I. aprílový, II. aprílový, I. májový, II. májový, I. júnový, II. júnový).

Tabuľka 6 Tukeyov test pri hladine významnosti 99%- dátum odberu pôdnych vzoriek

Odber pôdnych vzoriek	Počet	LS priemer	LS sigma	Homogénna skupina	Rozdiel 99% HV		
				99% HV		Limit	
					1-3	-4,19312	4,0206
6- II. marcový	24	1,73218	0,989642	XX	1-4	-4,26324	4,00081
11- I. júnový	24	1,76766	0,756143	X	2-11	3,8381	3,49483
10- II. májový	24	1,90643	0,747245	XX	3-6	6,65674	5,36499
12- II. júnový	24	2,11829	0,861484	XX	3-7	5,26087	4,57819
8- II. aprílový	24	2,21953	0,755572	XX	3-8	6,16939	3,91939
9- I. májový	24	2,5826	0,775482	XX	3-9	5,80632	3,93533
5- I. marcový	24	3,00342	1,17303	XXX	3-10	6,48249	3,90792
7- I. aprílový	24	3,12806	0,898007	XX	3-11	6,62126	3,95086
1- septembrový	24	4,1958	0,764506	XX	3-12	6,27063	3,98842
2- I. októbrový	24	5,60576	0,781345	XX	4-6	6,72686	4,52119
3- II. októbrový	24	8,38892	0,774684	X	4-7	5,33098	4,2713
4- novembrový	24	8,45904	0,74159	X	4-8	6,23951	4,0544
					4-9	5,87644	4,12752
					4-10	6,55261	4,11641
					4-11	6,69127	4,11661
					4-12	6,34075	4,59271

4.2.1.5 Hodnotenie vplyvu vegetačného obdobia na obsahy dusičnanového dusíka

Pri hodnotení vplyvu vegetačného obdobia na obsahy dusičnanového dusíka v pôde za celé pokusné obdobie boli zaznamenané štatisticky vysoko významné rozdiely pri hladine významnosti 99%, kde bol limit 1,27283 prekročený o 0,37373.

Tabuľka 7 Tukeyov test pri hladine významnosti 99%- vegetačné obdobie

Vegetačné obdobie	Počet	LS priemer	LS sigma	Homogénna skupina
				99% HV
2007/ 2008	144	2,93569	0,282851	X
2006/ 2007	144	4,58225	0,352824	X
Rozdiel				1,64656
Limit				1,27283

4.2.2 Štatistické hodnotenie amónneho dusíka v pôde

Základné štatistické charakteristiky získané z testovania súboru obsahov sú uvedené v tabuľke 8.

Priemerný obsah amónneho dusíka v pôde za celé pokusné obdobie bol 5,01 mg. kg⁻¹. Minimálny obsah zistený za celé pokusné obdobie mal hodnotu 2,69 mg. kg⁻¹ a maximálny obsah dosiahol hodnotu 15,99 mg. kg⁻¹ pôdy. Variačný koeficient amónneho dusíka bol v porovnaní s dusičnanovým dusíkom nižší a dosiahol hodnotu 27,3895 %.

Tabuľka 8 Základná štatistická charakteristika N- NH₄⁺

Štatistické charakteristiky	Hodnoty
Počet údajov	288
Priemer (mg.kg ⁻¹)	5,01
Rozptyl	1,8852
Smerodajná odchýlka	1,3730
Stredná chyba priemeru	0,0809
Minimálny obsah (mg.kg ⁻¹)	2,69
Maximálny obsah (mg.kg ⁻¹)	15,99
Variačné rozpätie	13,3
Variačný koeficient (%)	27,3895
Suma	1442,7

Z analýzy rozptylu (tabuľka 9) pre amónny dusík vyplýva, že štatisticky významné rozdiely v obsahoch amónneho dusíka na 95% (P < 0,05) sa prejavili pri vegetačnom období. Štatisticky vysoko významný rozdiel obsahov amónneho dusíka na 99% (P < 0,01) sa prejavil pri hnojení. Naopak štatistické rozdiely sa neprejavili pri hĺbke, dátume odberu pôdnych vzoriek, spôsobe obrábania pôdy.

Tabuľka 9 Analýza rozptylu obsahov N- NH₄⁺

Zdroj					
Hlavné efekty	Suma štvorcov	Stupne voľnosti	Priemerný štvorec	F- hodnota	P- hodnota
A: Hĺbka	0,0239483	1	0,0239483	0,01	0,9042
B: Hnojenie	27,0514	2	13,5257	8,21	0,0004
C: Odber	29,4383	11	2,67621	1,62	0,0972
D: Rok	8,52886	1	8,52886	5,18	0,0243
E: Variant	0,142749	1	0,142749	0,09	0,7689
F: Vlhkosť	157,529	123	1,28072	0,78	0,9255
REZIDUAL	243,78	148	1,64716		
SPOLU	541,057	287			

4.2.2.1 Hodnotenie vplyvu spôsobu obrábania pôdy na obsahy amónneho dusíka

V závislosti od vplyvu spôsobu obrábania pôdy na obsahy amónneho dusíka sme pomocou testovania zisťovali štatistické rozdiely pri hladine významnosti 95% (tabuľka 10). Na základe zhodnotených výsledkov môžeme konštatovať štatisticky nepreukázaný vplyv.

Tabuľka 10 Tukeyov test pri hladine významnosti 95 %- obrábanie pôdy

Spôsob obrábania pôdy	Počet	LS priemer	LS sigma	Homogénne skupiny
				95% HV
B1- stredne hlboká orba (do 0,25 m)	144	5,08339	0,14505	X
B2-plytká orba (do 0,20 m)	144	5,14272	0,137329	X
Rozdiel				-0,0593356
Limit				0,3983

4.2.2.2 Hodnotenie vplyvu variantu hnojenia pôdy na obsahy amónneho dusíka

Hladina preukaznosti pre variant hnojenia zobrazená v tabuľke 9 analýzy rozptylu dosiahla najnižšiu hodnotu ($P = 0,0004$). Z danej tabuľky teda vyplýva, že v rámci troch variantov hnojenia pôdy (0 – bez hnojenia, PH- priemyselné hnojivá, PH+PZ- priemyselné hnojivá + pozberové zvyšky) sa zistili štatisticky vysoko významné rozdiely.

Štatisticky vysoko významné rozdiely pri 99% hladine významnosti, ako aj štatisticky významné rozdiely pri 95% hladine významnosti, boli zistené medzi nehnojenou kontrolou (0) a NPK hnojivami+ zaoranie pozberových zvyškov (PH+ PZ).

Tabuľka 11 Tukeyov test pri hladine významnosti 99%- varianty hnojenia pôdy

Variant hnojenia	Počet	LS priemer	LS sigma	Homogénna skupina
				99% HV
0- nehnojená kontrola	96	4,6013	0,166546	X
PH- NPK hnojiva	96	5,14139	0,167474	XX
PH+ PZ- NPK hnojiva+ zaoranie pozberových zvyškov	96	5,59648	0,174859	X
Rozdiel			Limit	
0 a PH		-0,540095		0,687563
0 a PH+ PZ		-0,995177		0,728644
PH+ PZ a PH		-0,455081		0,701949

4.2.2.3 Hodnotenie vplyvu hĺbky odberu pôdnych vzoriek na obsahy amónneho dusíka

Pre hĺbku odberu pôdnych vzoriek má hladina preukaznosti vysokú hodnotu ($P=0,9042$), čo znamená, že štatisticky významné ani štatisticky vysoko významné rozdiely medzi oboma hĺbkami odberu neboli zistené.

Tabuľka 12 Tukeyov test pri hladine významnosti 95%- hĺbka odberu pôdnych vzoriek

Hĺbka odberu pôdnych vzoriek (m)	Počet	LS priemer	LS sigma	Homogénne skupiny
				95% HV
0,0- 0,3	144	5,1007	0,141416	X
0,3- 0,6	144	5,12542	0,143548	X
Rozdiel				-0,024722
Limit				0,405161

4.2.2.4 Hodnotenie vplyvu dátumu odberu na obsahy amónneho dusíka

V závislosti od vplyvu dátumu odberu pôdnych vzoriek na obsahy amónneho dusíka sme testovaním zisťovali štatistické rozdiely pri hladine významnosti 95%. Na základe zhodnotených výsledkov môžeme konštatovať štatisticky nepreukázaný vplyv.

Tabuľka 13 Tukeyov test pri hladine významnosti 95%- dátum odberu pôdnych vzoriek

Odber pôdnych vzoriek	Počet	LS priemer	LS sigma	Homogénna skupina
				95% HV
3	24	4,23766	0,370724	X
1	24	4,50501	0,365854	X
4	24	4,89786	0,354887	X
5	24	4,96286	0,561353	X
6	24	5,04845	0,473593	X
12	24	5,09457	0,412263	X
2	24	5,13475	0,373912	X
10	24	5,2234	0,357559	X
11	24	5,32275	0,361852	X
9	24	5,35452	0,371107	X
8	24	5,69319	0,361578	X
7	24	5,88165	0,429741	X

4.2.2.5 Hodnotenie vplyvu vegetačného obdobia na obsahy amónneho dusíka

Pri hodnotení vplyvu vegetačného obdobia na obsahy amónneho dusíka v pôde môžeme konštatovať štatisticky významný rozdiel medzi jednotlivými vegetačnými obdobiami pri 95% hladine významnosti.

Tabuľka 14 Tukeyov test pri hladine významnosti 95% - vegetačné obdobie

Vegetačné obdobie	Počet	LS priemer	LS sigma	Homogénna skupina
				95% HV
2006/2007	144	4,84748	0,168843	X
2007/2008	144	5,37864	0,135358	X
Rozdiel				-0,531159
Limit				0,461277

4.2.3 Štatistické hodnotenie anorganického dusíka v pôde

Základné štatistické charakteristiky súboru obsahov sú uvedené v tabuľke 15.

Priemerný obsah anorganického dusíka v pôde za celé pokusné obdobie bol 8,7653 mg. kg⁻¹. Minimálny obsah zistený za celé pokusné obdobie mal hodnotu 4,71 mg. kg⁻¹ a maximálny obsah dosiahol hodnotu 39,27 mg. kg⁻¹ pôdy.

Variačný koeficient anorganického dusíka dosiahol hodnotu 42,6454%. Táto hodnota však predstavuje priemernú hodnotu variačných koeficientov N-NH_4^+ a N-NO_3^- .

Tabuľka 15 Základná štatistická charakteristika N_{an}

Štatistické charakteristiky	Hodnoty
Počet údajov	288
Priemer (mg.kg^{-1})	8,7653
Rozptyl	13,9725
Smerodajná odchýlka	3,7380
Stredná chyba priemeru	0,2203
Minimálny obsah (mg.kg^{-1})	4,71
Maximálny obsah (mg.kg^{-1})	39,27
Variačné rozpätie	34,48
Variačný koeficient (%)	42,6454
Suma	2525,2

Z analýzy rozptylu (tabuľka 16) pre anorganický dusík vyplýva, že štatisticky významné rozdiely v obsahoch anorganického dusíka na 95% ($P < 0,05$) sa prejavili pri hnojení. Štatisticky vysoko významné rozdiely pri 99% hladine významnosti sa prejavili pri hĺbke a dátume odberu pôdných vzoriek. Naopak štatistické rozdiely sa neprejavili pri vegetačnom období a spôsobe obrábania pôdy.

Tabuľka 16 Analýza rozptylu obsahov N_{an}

Zdroj	Suma	Stupne	Priemerný	F- hodnota	P- hodnota
Hlavné efekty	štvorcov	voľnosti	štvorec		
A: Hĺbka	125,991	1	125,991	11,85	0,0007
B: Hnojenie	74,4809	2	37,2405	3,5	0,326
C: Odber	724,97	11	65,9063	6,2	0
D: Rok	36,5726	1	36,5726	3,44	0,0656
E: Variant	5,82294	1	5,82294	0,55	0,4604
F: Vlhkosť	963,373	123	7,8323	0,74	0,96
REZIDUAL	1573,35	148	10,6307		
SPOLU	4010,12	287			

4.2.3.1 Hodnotenie vplyvu spôsobu obrábania pôdy na obsahy anorganického dusíka

V závislosti od vplyvu spôsobu obrábania pôdy na obsahy anorganického dusíka sme pomocou testovania zistovali štatistické rozdiely pri hladine významnosti 95%. Na základe zhodnotených výsledkov môžeme konštatovať štatisticky nepreukázaný vplyv.

Tabuľka 17 Tukeyov test pri hladine významnosti 95%- spôsob obrábania pôdy

Spôsob obrábania pôdy	Počet	LS priemer	LS sigma	Homogénne skupiny
				95% HV
B2-plytká orba (do 0,20 m)	144	8,66714	0,348879	X
B1- stredne hlboká orba (do 0,25 m)	144	9,0461	0,368495	X
Rozdiel				0,378965
Limit				1,01187

4.2.3.2. Hodnotenie vplyvu variantu hnojenia na obsahy anorganického dusíka

V rámci troch variantov hnojenia pôdy (0 – bez hnojenia, PH- priemyselné hnojivá, PH+PZ- priemyselné hnojivá + pozberové zvyšky) sa zistili štatisticky významné rozdiely pri hladine významnosti 95% medzi nehnojenou kontrolou (0) a pôdou hnojenou priemyselnými hnojivami (PH).

Tabuľka 18 Tukeyov test pri hladine významnosti 95%- varianty hnojenia pôdy

Variant hnojenia	Počet	LS priemer	LS sigma	Homogénne skupiny
				95% HV
0- nehnojená kontrola	96	7,92751	0,423104	X
PH+ PZ- NPK hnojivá+ zaoranie pozberových zvyškov	96	9,30832	0,444223	XX
PH- NPK hnojivá	96	9,33404	0,425461	X
Rozdiel		Limit		
0 a PH	-1,40653	1,39541		
0 a PH+ PZ	-1,38081	1,47878		
PH+ PZ a PH	0,02572	1,4246		

4.2.3.3 Hodnotenie vplyvu hĺbky odberu pôdných vzoriek na obsahy anorganického dusíka

Na základe analýzy rozptylu môžeme poznamenať, že sa potvrdili štatistické rozdiely medzi oboma hĺbkami odberu pôdných vzoriek. Vyplýva to aj z tabuľky 19, kedy vplyv sledovaného faktora bol štatisticky vysoko významný pri 99% hladine významnosti.

Tabuľka 19 Tukeyov test pri hladine významnosti 99%- hĺbka odberu pôdných vzoriek

Hĺbka odberu pôdných vzoriek (m)	Počet	LS priemer	LS sigma	Homogénna skupina
				99% HV
0,3- 0,6	144	7,96005	0,36468	X
0,0- 0,3	144	9,75319	0,359262	X
Rozdiel				1,79314
Limit				1,35918

4.2.3.4 Hodnotenie vplyvu dátumu odberu na obsahy anorganického dusíka

Hladina preukaznosti pre odber zobrazená v tabuľke 16 analýzy rozptylu dosiahla najnižšiu hodnotu ($P = 0,0000$). Z danej tabuľky teda vyplýva, že pri dátume odberu sa zistili štatisticky vysoko významné rozdiely.

Pri hodnotení vplyvu dátumu odberu pôdných vzoriek na obsahy anorganického dusíka pri hladine významnosti 95 % sme zistili 13 párov, ktoré mali štatisticky významný rozdiel a 9 párov, ktoré mali štatisticky vysoko významný rozdiel pri 99% hladine významnosti. Rozdiely boli zistené medzi termínom odberu č.3 (II. októbrový) a 10, 11, 12 (II. májový, I. júnový, II. júnový); č. 4 (novembrový) a 6, 8, 9, 10, 11, 12 (II. marcový, II. aprílový, I. májový, II. májový, I. júnový, II. júnový).

Tabuľka 20 Tukeyov test pri hladine významnosti 99%- dátum odberu pôdnych vzoriek

Odber pôdnych vzoriek	Počet	LS priemer	LS sigma	Homogénna skupina 99% HV	Rozdiel 99% HV		Limit
6- II. marcový	24	6,76057	1,20315	XX	3- 10	5,50315	4,75101
11- I. júnový	24	7,09924	0,919272	X	3- 11	5,5174	4,80321
10- II. májový	24	7,11349	0,908453	X	3- 12	5,35744	4,84887
12- II. júnový	24	7,2592	104734	X	4- 6	6,57955	5,49658
8- II. aprílový	24	7,86679	0,918577	XX	4- 8	5,47333	4,92908
9- I. májový	24	7,87585	0,942783	XX	4- 9	5,46427	5,01798
5- I. marcový	24	7,94688	1,4261	XXX	4- 10	6,22663	5,00447
7- I. aprílový	24	8,68366	0,929439	XXX	4- 11	6,24088	5,00471
1- septembrový	24	9,00214	1,949911	XXX	4- 12	6,08092	5,58353
2- I. októbrový	24	10,7149	0,949911	XXX			
3- II. októbrový	24	12,6166	0,941812	XX			
4- novembrový	24	13,3401	0,901579	X			

4.2.3.5 Hodnotenie vplyvu vegetačného obdobia na obsahy anorganického dusíka

V závislosti od vplyvu vegetačného obdobia na obsahy anorganického dusíka sme pomocou testovania zisťovali štatistické rozdiely pri hladine významnosti 95%. Na základe zhodnotených výsledkov môžeme konštatovať štatisticky nepreukázaný vplyv.

Tabuľka 21 Tukeyov test pri hladine významnosti 95%- vegetačné obdobie

Vegetačné obdobie	Počet	LS priemer	LS sigma	Homogénne skupiny
				95% HV
2007/ 2008	144	8,30667	0,343873	X
2006/ 2007	144	9,40658	0,428941	X
Rozdiel				1,09991
Limit				1,17186

5 DISKUSIA

5.1 Dusičnanový dusík v pôde

Na hnedozemných zosprašovaných prolúviálnych sedimentoch bola koncentrácia N- NO₃⁻ v pôde v priemere 3,76 mg. kg⁻¹ za obidve vegetačné obdobia 2006/2007 a 2007/2008, čo je 43% z celkového anorganického dusíka.

Bielek (1998) uvádza, že v kvalitných pôdach (nehnojených dusíkom) predstavujú dusičnany priemerne 40- 50% podiel z celkového minerálneho dusíka. V málo úrodných pôdach je tento podiel len 10- 20%.

V našom pokuse sa obsah N- NO₃⁻ pohyboval v rozpätí od 0,72 mg. kg⁻¹ do 32,6 mg. kg⁻¹ za celé pokusné obdobie. S týmto rozpätím súvisí aj vysoká hodnota variačného koeficientu, ktorá je 91,69%, čo dokazuje výraznú dynamiku tejto formy dusíka. Minimálny obsah dusičnanového dusíka v pôde sme zaznamenali v B2 (plytká orba do 0,20 m) variante, hnojenom NPK v hĺbke 0,3- 0,6 m, v májovom odbere v druhom sledovanom vegetačnom období (2007/2008). Maximálny obsah dusičnanového dusíka sme namerali vo variante B1 (stredne hlboká orba do 0,25 m) hnojenom NPK v prvej sledovanej hĺbke 0,0- 0,3 m, v novembrovom odbere prvého vegetačného obdobia 2006/2007.

Podľa štatistického hodnotenia sme zistili, že jednotlivé spôsoby obrábania pôdy a varianty hnojenia nemali vplyv na dynamiku dusičnanového dusíka v pôde. Priemerný obsah nameraných hodnôt dusičnanového dusíka v pôde za celé pokusné obdobie pri variante obrábania pôdy B1 (konvenčné obrábanie pôdy, do 0,25 m) bol 3,94 mg. kg⁻¹ a pri variante B2 (plytká orba, do 0,20 m) bol obsah 3,57 mg. kg⁻¹.

Mnoho autorov sa zhoduje v tom, že uplatnenie minimalizačných technológií pri pestovaní husto siatych obilnín je vhodné na úrodných pôdach kukuričnej, repárskej aj obilninárskej výrobnjej oblasti. Naopak v horších pôdno- klimatických podmienkach vedie minimalizácia spracovania pôdy k výnosovej depresii. Pri minimalizačných opatreniach by sa mal pri určovaní hĺbky spracovania brať do úvahy fyzikálny stav pôdy po predplodine. Pre obidva spôsoby obrábania pôdy, tradičný aj minimálny, platí všeobecná zásada- čím menej zásahov do pôdy, tým lepšie.

Ondříšek et Černý (2002) uvádzajú, že hnojenie nemalo štatistický vplyv na obsahy dusičnanového dusíka v pôde, avšak bol pozorovaný nárast obsahov tejto formy dusíka

pri variante s priemyselnými hnojivami. Tomuto tvrdeniu zodpovedajú aj naše výsledky, kedy v nehnojenej kontrole sme namerali priemerný obsah dusičnanového dusíka v pôde za celé pokusné obdobie $3,24 \text{ mg. kg}^{-1}$, v pôde hnojenej NPK $4,03 \text{ mg. kg}^{-1}$ a NPK spolu s pozberovými zvyškami $4,00 \text{ mg. kg}^{-1}$.

Pokiaľ ide o vplyv hnojenia dusíkatými priemyselnými hnojivami a zapracovanými pozberovými zvyškami na pohyb dusíka v pôde sa potvrdzuje aj názor autorov, ktorí tvrdia, že hnojenie zvyšuje sledovanú koncentráciu dusíka (Smatana, 1994).

Vysoká intenzita vyplavovania v jesennom a zimnom období je zapríčinená viacerými faktormi. V jesennom období je intenzita mineralizácie organického dusíka v pôde pomerne vysoká. V dôsledku neprítomnosti rastlinného krytu sa dusičnanový dusík hromadí v pôde a s nástupom jesenných a zimných zrážok sa intenzívne vyplavuje. Ak sa k tomu pridá jesenné hnojenie ozimín, riziko týchto strát sa podstatne zvýši (Ondrišík, 1998).

Sledovaným faktorom, ktorý ovplyvnil dynamiku dusičnanového dusíka v pôde bola hĺbka odberu pôdnych vzoriek. Štatistickým hodnotením obsahov sme zistili, že vplyv na zmeny obsahu dusičnanového dusíka bol vysoko významný pri 99% hladine významnosti. Pri oboch variantoch obrábania pôdy za obidve vegetačné obdobia (2006/2007; 2007/2008) sme v druhej sledovanej hĺbke (0,3- 0,6 m) namerali najvyššie hodnoty vždy v jarom (marcovom) odbere a v prvej hĺbke (0,0- 0,3 m) to v jesenných odberoch.

Tieto vyššie hodnoty v hlbšej vrstve pôdy na jar mohli byť spôsobené vyšším úhrnom jesenných a zimných zrážok a tým vyplavovaním dusičnanov do hlbších vrstiev. Na jeseň ich nahromadením vo vrchnej časti pôdy v dôsledku jesenného a zimného obdobia, kedy nedochádzalo k spotrebe dusíka v pôde rastlinami, lebo pôda sa nachádzala bez vegetačného krytu.

Bielek (1998) vysvetľuje vysoký obsah N- NO_3^- v pôde v marci až apríli zvýšením aktivity mineralizácie a nitrifikácie a nedostatočným príjmom rastlinami. Depresiu od mája do júla zdôvodňuje vysokým odberom rastlinami a nedostatkom vlhky pre nitrifikačné procesy a zvýšenie obsahu N- NO_3^- v auguste- októbri vysvetľuje vplyvom zlepšenia vlhkostných pomerov a možnosťou mineralizácie pozberových zvyškov slabším, resp. žiadnym odberom rastlinným krytom.

Na základe získaných hodnôt N- NO_3^- v pôde môžeme potvrdiť dobrú nitrifikačnú aktivitu mikroorganizmov v sledovanej pôde.

Štatisticky vysoko významný vplyv pri 99% hladine významnosti sa prejavil pri dátume odberu pôdnych vzoriek ako aj vegetačnom období.

Tieto výsledky potvrdili vo svojom výskume aj Ondrišík et Galuščáková (2003), ktorí zistili, že dátum odberu pôdnych vzoriek vplýval na obsahy dusičnanového dusíka v pôde najvýznamnejšie zo všetkých skúmaných faktorov.

Kantor (2005) tiež tvrdí, že dátum odberu pôdnych vzoriek vplýval štatisticky významne na obsahy dusičnanového dusíka v pôde.

5.2 Amónny dusík v pôde

Amónny dusík nepodlieha takej výraznej dynamike v pôdnom prostredí ako dusík dusičnanový. Mnohí autori (Števlíková, Kopčanová, 1994; Ondrišík, 1998) poukazujú na nižšiu dynamiku N- NH_4^+ v porovnaní s N- NO_3^- .

Koncentrácia N- NH_4^+ v pôde bola v priemere 5,01 mg. kg^{-1} za obidve sledované vegetačné obdobia (2006/2007; 2007/2008), čo je približne 57% z celkového anorganického dusíka. Rozpätie obsahov v pôde za celé pokusné obdobie sa pohybovalo od 2,69 mg. kg^{-1} do 15,99 mg. kg^{-1} . Variačný koeficient bol 27,39%. Najnižšia hodnota bola nameraná v B1 variante (stredne hlboká orba do 0,25 m) obrábania pôdy pri nehnojenej kontrole v hĺbke 0,3- 0,6 m v júlovom odbere prvého vegetačného obdobia 2006/2007. Najvyššiu hodnotu sme namerali v B1 variante (stredne hlboká orba) hnojenom NPK hnojivami + pozberové zvyšky v hĺbke 0,0- 0,3 m v marcovom odbere prvého vegetačného obdobia 2006/2007.

V našom pokuse mali výraznejší vplyv na priebeh zmien obsahu amónneho dusíka v pôde hlavne hnojenie a vegetačné obdobie. Pri nehnojenej kontrole bola koncentrácia amónneho dusíka v pôde nižšia ako v hnojenej pôde. Priemerná koncentrácia pri nehnojenej kontrole bola 4,53 mg. kg^{-1} , pri hnojení NPK hnojivami 5,01 mg. kg^{-1} a pri hnojení NPK + pozberové zvyšky 5,50 mg. kg^{-1} . Zo štatistických výsledkov vyplýva, že v rámci troch variantov hnojenia pôdy (0 – bez hnojenia, PH- priemyselné hnojivá, PH+ PZ- priemyselné hnojivá + pozberové zvyšky) sa zistili štatisticky vysoko významné rozdiely, medzi variantami 0 a PH+ PZ.

Podobný názor zdieľajú aj Balík 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.

Rozsah uvoľneného amónneho dusíka je výsledkom imobilizačno-mineralizačných vzťahov a do pôdneho prostredia sa uvoľňuje iba ten dusík, ktorý mikroorganizmy nepotrebujú na stavbu svojho tela. Ich spotreba je limitovaná nielen množstvom a prístupnosťou uhlíkatých energetických zdrojov, ale aj abiotickými podmienkami pôdneho prostredia, ako je vlhkosť, teplota, pH a zdroj minerálnych živín (Bielek, 1984).

Vegetačné obdobia (2006/2007, 2007/2008) boli ďalším sledovaným faktorom v ktorom sa zistil iba štatisticky významný rozdiel pri 95% hladine významnosti. K rovnakým výsledkom dospeli aj Ložek et al. (1991); Ondříšek et Černý (2002), kde autori zistili vplyv vegetačného obdobia na obsahy amónneho dusíka v pôde len pri hladine významnosti 95%. Podľa autorov sa ročné kolísanie klimatických podmienok výraznejšie prejavuje v kolísaní jednotlivých foriem dusíka, ale z hľadiska jeho celkového obsahu je tento vplyv menej výrazný a skôr sa prejavujú zmeny v priebehu vegetačného obdobia.

Podľa Smatanu (1994) vyššia intenzita základného obrábania pôdy pozitívne vplýva na zvyšovanie intenzity amonizácie a nitrifikácie v pôde.

V našom pokuse spôsoby obrábania pôdy nemali štatisticky významný vplyv na zmeny amónneho dusíka v pôde. V prípade variantu obrábania pôdy B1 (konvenčné obrábanie pôdy, do 0,25 m) bol nameraný priemerný obsah amónneho dusíka 4,94 mg. kg⁻¹ a pri variante B2 (plytká orba, do 0,20 m) 5,08 mg. kg⁻¹.

Čo sa týka hĺbky a termínu odberov pôdnych vzoriek, neboli zistené štatisticky významné rozdiely. Priemerné namerané obsahy v hĺbke 0,0- 0,3 (5,00 mg.kg⁻¹) a 0,3- 0,6 m (5,01 mg.kg⁻¹).

Preto nemôžeme potvrdiť, ale ani vyvrátiť tvrdenie Smatanu (2001), ktorý tvrdí, že pre väčšinu pôd je prirodzené, že so zväčšujúcou sa hĺbkou pôdy (v rámci orničného horizontu) dochádza k zvyšovaniu obsahu amónneho dusíka a k poklesu obsahu dusičnanového dusíka.

5.3 Anorganický dusík v pôde

Množstvo anorganického dusíka v pôde determinujú pôdne a klimatické podmienky, vegetačný kryt, spôsob exploatácie pôdy, aplikácia priamych a nepriamych

hnojív, resp. celá antropogénna činnosť vplývajúca na intenzitu uvoľňovania a viazania anorganického dusíka z a do organických zlúčenín (Ondrišík, Urminská, 2005).

V našom pokuse sa obsah anorganického dusíka v pôde za celé pokusné obdobie pohyboval od 4, 71 mg. kg⁻¹ do 39, 27 mg. kg⁻¹. Najnižšia hodnota bola nameraná v B1 variante (stredne hlboká orba do 0,25 m) pri nehnojenej kontrole, v hĺbke 0,3- 0,6 m začiatkom júla v prvom vegetačnom období 2006/2007. Maximálny obsah bol nameraný v B1 (stredne hlboká orba do 0,25 m) variante hnojenom NPK, v prvej sledovanej hĺbke 0,0- 0,3 m, v novembrovom odbere prvého vegetačného obdobia.

Zo sledovaných faktorov na vplyv dynamiky anorganického dusíka v pôde na základe štatistického testovania, bol zistený vysoko významný rozdiel pri hladine významnosti 99% pri hĺbke a dátume odberu pôdných vzoriek.

V prvej hĺbke (0,0- 0,3 m) bola hladina anorganického dusíka 9,63 mg. kg⁻¹ a v druhej sledovanej hĺbke (0,3- 0,6 m) 7,92 mg. kg⁻¹.

Pre väčšinu pôd je prirodzené, že so zväčšujúcou sa hĺbkou pôdy v rámci orníčného horizontu dochádza k vzostupu obsahu amónneho dusíka a k poklesu obsahu dusičnanového dusíka (Ondrišík, Urminská, 2005).

Bizík et Zápotočný (2002) sledovaním obsahov N_{an} v pôde zisťujú 2 maximá, jarne a jesenné, pokles v dôsledku príjmu porastom, ako aj strát denitrifikáciou. Po zbere obilniny mineralizácia organickej hmoty pokračuje, čo sa prejavuje v postupnom zvyšovaní jeho obsahu v pôde až do jesenného maxima. V jeseni môže dochádzať k výraznému poklesu obsahu N_{an} buď ako dôsledok výdatnejších zrážok, alebo čo je racionálnejšie, ozimnou (krycou) plodinou, prípadne obidvoma faktormi.

Medzi jednotlivými variantmi hnojenia sa potvrdil štatisticky významný rozdiel v obsahoch anorganického dusíka v pôde medzi nehnojenou kontrolou a použitím priemyselných hnojív. Priemerný obsah za celé pokusné obdobie pri nehnojenej kontrole bol 7,78 mg. kg⁻¹, pri hnojení NPK hnojivami 9,04 mg. kg⁻¹ a v pôde so zaoraním pozberových zvyškoch bol nameraný obsah 9,50 mg. kg⁻¹.

Bielek (1998) potvrdzuje, že hnojenie má vplyv na obsah anorganických foriem dusíka v pôde, ktorý pri sumarizácii výsledkov niekoľkoročných pokusov uvádza, že hnojenie dusíkom zvyšuje mineralizáciu dusíka v poľnohospodárskych pôdach SR. Priemerný faktor hnojenia je 0,73 kg N. ha⁻¹, čo znamená, že každý aplikovaný 1 kg hnojivového dusíka priemerne zvyšuje mineralizáciu dusíka v pôde o 0,73 kg N. ha⁻¹ za vegetačné obdobie.

Ďalšie sledované faktory ako spôsob obrábania pôdy a vegetačné obdobie nemali štatisticky významný vplyv pri 95% hladine významnosti na zmeny N_{an} v pôde, čoho dôkazom sú priemerné hodnoty anorganického dusíka za celé pokusné obdobie. Priemerný obsah nameraných hodnôt pri variante obrábania pôdy B1 (konvenčné obrábanie pôdy, do 0,25 m) bol $8,88 \text{ mg. kg}^{-1}$ a pri variante B2 (plytká orba, do 0,20 m) bol obsah $8,66 \text{ mg. kg}^{-1}$.

Totožné výsledky zistili aj Soon et al. (2001) a Angás et al. (2006), pričom vyššie hodnoty anorganického dusíka zistili vo variantoch s konvenčným obrábaním pôdy.

Raus et Šabatka (2000) vo svojich pokusoch zaznamenali, že v prvých troch mesiacoch vegetácie (marec- máj) je nižšia celková mineralizácia v pôdnom profile pri pôdoochrannom spracovaní pôdy než pri orbe. Ďalej uvádzajú, že od konca mája sa pôdna vlhkosť stáva obmedzujúcim faktorom mineralizácie a tiež, že mineralizácia dosahuje optimálnejšie podmienky pri pôdoochrannom spracovaní než pri orbe.

6 ZÁVER

V diplomovej práci bola sledovaná dynamika obsahu anorganických foriem dusíka v pôde pod pšenicou letnou f. ozimnou. V poľnom pokuse počas vegetačného obdobia 2006/2007 a 2007/2008 sme sledovali vplyv niektorých agrotechnických zásahov, ako sú *spôsob obrábania pôdy* (B1 variant- stredne hlboká orba do 0,25 m; B2 variant- plytká orba do 0,20 m) a *hnojenie pôdy* (0- nehnojená kontrola; PH- priemyselné hnojivá; PH+ PZ- priemyselné hnojivá + pozberové zvyšky), *hlbky odberu* (0,0- 0,3; 0,3- 0,6 m) a *termín odberu* pôdnych vzoriek na zmeny obsahu dusičnanového, amónneho a celkového anorganického dusíka v pôde.

Dusičnanový dusík

Priemerný obsah dusičnanového dusíka v pôde bol $3,76 \text{ mg. kg}^{-1}$, čo predstavuje približne 43% z celkového anorganického dusíka za celé pokusné obdobie. Z výsledkov vyplýva, že obsah dusičnanového dusíka v pôde bol nižší v porovnaní s obsahom amónneho dusíka o $1,25 \text{ mg. kg}^{-1}$ za celé pokusné obdobie. Obsahy dusičnanového dusíka v pôde sa pohybovali od $0,72 \text{ mg. kg}^{-1}$ do $32,6 \text{ mg. kg}^{-1}$. Variačný koeficient bol 91,69%, čo dokazuje výraznú dynamiku tejto formy dusíka.

Z analýzy rozptylu pre dusičnanový dusík vyplýva, že štatisticky významný vplyv na obsah dusičnanového dusíka na 95% a štatisticky vysoko významný vplyv na 99% sa prejavil pri hĺbke odberu, dátume odberu a vegetačnom období. Naopak štatistické rozdiely sa neprejavili pri hnojení a spôsobe obrábania pôdy.

Štatisticky vysoko významný vplyv na dynamiku dusičnanového dusíka v pôde mala hĺbka odberu. Najvyšší obsah dusičnanov sme zaznamenali pri odbere pôdnych vzoriek z prvej sledovanej hĺbky (0,0- 0,3 m), kde bol priemerný obsah za celé pokusné obdobie $4,62 \text{ mg. kg}^{-1}$. V druhej sledovanej hĺbke (0,3- 0,6 m) bol tento priemerný obsah nižší, a to $2,90 \text{ mg. kg}^{-1}$.

Štatisticky vysoko významný vplyv bol zistený aj pri dátume odberu pôdnych vzoriek. Priemerné obsahy N- NO_3^- sa pohyboval od $1,62 \text{ mg.kg}^{-1}$ pôdy v 11. dátume odberu (júnový) do $8,33 \text{ mg.kg}^{-1}$ pôdy v 4. dátume odberu (novembrový). Najvyššie obsahy dusičnanov boli zaznamenané v jesenných a jarných mesiacoch, naopak najnižšie obsahy v letných mesiacoch.

Vegetačné obdobie malo štatisticky vysoko významný vplyv na obsah dusičnanového dusíka v pôde. Priemerný obsah dusičnanov v pôde za prvé vegetačné obdobie 2006/2007 predstavuje 4,22 mg. kg⁻¹ a za vegetačné obdobie 2007/2008 je to 3,30 mg. kg⁻¹.

Podľa štatistického testovania našich výsledkov bolo dokázané, že neexistuje štatisticky významný vplyv obrábania a hnojenia na dynamiku dusičnanového dusíka v pôde.

Priemerný obsah nameraných hodnôt dusičnanového dusíka v pôde za celé pokusné obdobie pri variante obrábania pôdy B1 (konvenčné obrábanie pôdy, do 0,25 m) bol nameraný vyšší obsah dusičnanového dusíka 3,94 mg. kg⁻¹ ako pri variante B2 (plytká orba, do 0,20 m), kde bol obsah 3,57 mg. kg⁻¹.

Priemerný obsah dusičnanového dusíka v pôde pri nehnojenej kontrole bol 3,24 mg. kg⁻¹ v pôde hnojenej NPK 4,03 mg. kg⁻¹ a v pôde hnojenej so zaoraním pozberových zvyškov 4,00 mg. kg⁻¹ za celé pokusné obdobie.

Amónny dusík

Amónny dusík nepodliehal takej výraznej dynamike v pôdnom prostredí ako dusičnanový dusík. Priemerný obsah amónneho dusíka v pôde za celé pokusné obdobie bol 5,01 mg. kg⁻¹, čo predstavuje približne 57% z celkového anorganického dusíka. Obsahy amónneho dusíka v pôde sa pohybovali od 2,69 mg. kg⁻¹ do 15,99 mg. kg⁻¹. Variačný koeficient amónneho dusíka bol v porovnaní s dusičnanovým dusíkom nižší a dosiahol hodnotu 27,39%.

Z analýzy rozptylu pre dusičnanový dusík vyplýva, že štatisticky významný vplyv na obsah dusičnanového dusíka na 95% a štatisticky vysoko významný vplyv na 99% sa prejavil pri hnojení a vegetačnom období. Naopak štatistické rozdiely sa neprejavili pri hĺbke, dátume odberu pôdnych vzoriek a spôsobe obrábania pôdy.

Hladina preukaznosti pre variant hnojenia dosiahla najnižšiu hodnotu ($P = 0,0004$), z čoho vyplýva, že medzi jednotlivými variantmi hnojenia sa dosiahol štatisticky vysoko významný rozdiel pri 99% hladine významnosti. Hnojenie malo vplyv na zvyšujúcu sa koncentráciu amónneho dusíka v pôde. Najnižší priemerný obsah amónneho dusíka 4,53 mg. kg⁻¹ sme zaznamenali v nehnojenej kontrole. V pôde hnojenej priemyselnými hnojivami bol obsah amónneho dusíka vyšší 5,01 mg. kg⁻¹. Najvyšší obsah sme namerali v pôde hnojenej priemyselnými hnojivami spolu so zaoraním pozberových zvyškov a to 5,5 mg. kg⁻¹ za celé pokusné obdobie.

Štatisticky vysoko významné rozdiely pri 99% hladine významnosti, ako aj štatisticky významné rozdiely pri 95% hladine významnosti, boli zistené medzi nehnojenu kontrolou (0) a NPK hnojivami+ zaoranie pozberových zvyškov (PH+ PZ).

Pri hodnotení vplyvu vegetačného obdobia na obsahy amónneho dusíka v pôde môžeme konštatovať štatisticky významný rozdiel medzi jednotlivými vegetačnými obdobiami pri 95% hladine významnosti. Pri 99% hladine významnosti sa ale nezistil štatisticky vysoko významný rozdiel pri testovaní vplyvu vegetačného obdobia na obsahy amónneho dusíka. Priemerný obsah amónneho dusíka v pôde za prvé vegetačné obdobie 2006/2007 predstavuje 4,67 mg. kg⁻¹ a za vegetačné obdobie 2007/2008 je to 5,35 mg. kg⁻¹.

V závislosti od vplyvu hĺbky, dátumu odberu pôdnych vzoriek a spôsobu obrábania pôdy na obsahy amónneho dusíka sme pomocou testovania zisťovali štatistické rozdiely pri hladine významnosti 95%. Na základe zhodnotených výsledkov môžeme konštatovať štatisticky nepreukázaný vplyv.

V prípade variantu obrábania pôdy B1 (konvenčné obrábanie pôdy, do 0,25 m) bol nameraný nižší priemerný obsah amónneho dusíka 4,94 mg. kg⁻¹ ako pri variante B2 (plytká orba, do 0,20 m) 5,08 mg. kg⁻¹.

Medzi hĺbkami odberu (0,0- 0,3; 0,3- 0,6 m) pôdnych vzoriek za celé pokusné obdobie neboli zistené žiadne rozdiely (5,01 mg.kg⁻¹).

Medzi jednotlivými dátumami odberu neboli výrazné zmeny v obsahoch. Priemerné hodnoty sa pohybovali od 4,22 mg. kg⁻¹ v 1. dátume odberu (septembrový) do 5,65 mg. kg⁻¹ v 7. dátume odberu (aprílový).

Anorganický dusík

Celkový anorganický dusík je tvorený sumou dusičnanového a amónneho dusíka. Priemerný obsah anorganického dusíka v pôde za celé pokusné obdobie bol 8,77 mg. kg⁻¹. Obsahy N_{an} v pôde sa pohybovali od 4,71 mg. kg⁻¹ do 39,27 mg. kg⁻¹. Variačný koeficient anorganického dusíka dosiahol hodnotu 42,65 %. Táto hodnota predstavuje priemernú hodnotu variačných koeficientov N-NH₄⁺ a N-NO₃⁻.

Z analýzy rozptylu pre anorganický dusík vyplýva, že štatisticky významný vplyv na obsah anorganického dusíka na 95% a štatisticky vysoko významný vplyv na 99% sa prejavil pri hĺbke, dátume odberu pôdnych vzoriek a hnojení. Naopak štatistické rozdiely sa neprejavili pri vegetačnom období a obrábaní pôdy.

Štatisticky vysoko významný rozdiel pri 99% hladine významnosti sme zaznamenali medzi jednotlivými hĺbkami odberu. Najvyšší priemerný obsah dusičnanov sme namerali pri odbere pôdnych vzoriek z prvej sledovanej hĺbky (0,0- 0,3 m), kde bol obsah 9,63 mg. kg⁻¹. V druhej sledovanej hĺbke (0,3- 0,6 m) bol tento obsah nižší a to 7,92 mg. kg⁻¹ za celé pokusné obdobie.

Pri hodnotení vplyvu dátumu odberu pôdnych vzoriek na obsahy anorganického dusíka v pôde, môžeme konštatovať štatisticky vysoko významný vplyv pri 99% hladine významnosti. V našom pokuse sme zistili dve maximá a to jarne a jesenné, po ktorých nasledoval pokles obsahu anorganického dusíka a to v letných mesiacoch. Priemerné obsahy N_{an}, sa pohybujú od 6,59 mg.kg⁻¹ pôdy v 11. dátume odberu (júnový) do 12,92 mg.kg⁻¹ pôdy v 4. dátume odberu (novembrový).

V rámci troch variantov hnojenia pôdy (0 – bez hnojenia, PH- priemyselné hnojivá, PH+PZ- priemyselné hnojivá + pozberové zvyšky) sa zistili štatisticky významné rozdiely pri hladine významnosti 95% medzi nehnojenou kontrolou (0) a pôdou hnojenou priemyselnými hnojivami (PH). Na základe štatistických výsledkov pri hladine významnosti 99% môžeme konštatovať štatisticky vysoko nepreukázaný rozdiel variantu hnojenia na obsah anorganického dusíka. Priemerný obsah anorganického dusíka v nehnojenej kontrole bol 7,78 mg. kg⁻¹, v pôde hnojenej priemyselnými hnojivami 9,04 mg. kg⁻¹ a v pôde hnojenej priemyselnými hnojivami so zaoraním pozberových zvyškov 9,50 mg. kg⁻¹ za celé pokusné obdobie.

V závislosti od vplyvu vegetačného obdobia a spôsobu obrábania pôdy na obsahy amónneho dusíka sme zisťovali štatistické rozdiely pri hladine významnosti 95%. Na základe zhodnotených výsledkov môžeme konštatovať štatisticky nepreukázaný vplyv týchto sledovaných faktorov.

Priemerný obsah nameraných hodnôt anorganického dusíka v pôde za celé pokusné obdobie pri variante obrábania pôdy B1 (konvenčné obrábanie pôdy, do 0,25 m) bol nameraný vyšší obsah anorganického dusíka 8,88 mg. kg⁻¹ ako pri variante B2 (plytká orba, do 0,20 m), kde bol obsah 8,66 mg. kg⁻¹.

Priemerný obsah anorganického dusíka v pôde za prvé vegetačné obdobie 2006/2007 predstavuje 8,89 mg. kg⁻¹ a za vegetačné obdobie 2007/2008 je to 8,65 mg. kg⁻¹.

7 Návrh pre využitie poznatkov pre prax

Pre poľnohospodársku prax je dôležité poznať procesy premien dusíka, ktoré v pôde prebiehajú nepretržite. Sú to hlavne mineralizácia organických dusíkatých látok a imobilizácia anorganického dusíka. Poznanie týchto procesov umožňuje zvládnuť dusíkatú výživu rastlín na vedeckom základe, čo prispeje k zlepšeniu ekonomiky pestovania ale aj k ochrane životného prostredia.

Z hľadiska ekonomiky pestovania majú najväčší význam pestovateľské zásahy, najmä obrábanie a hnojenie pôdy, ktoré predstavujú najvýznamnejšiu položku vstupov do výroby.

Výsledky v tejto diplomovej práci sú získané z dvoch sledovaných vegetačných období. V poľnom pokuse sa sledoval vplyv dvoch *spôsobov obrábania pôdy* (B1- konvenčné obrábanie pôdy; B2- plytká orba) a *hnojenia* (0- nehnojená kontrola; PH- NPK hnojivá; PH+ PZ- NPK hnojivá + zaoranie pozberových zvyškov) na obsahy jednotlivých foriem dusíka (N- NO_3^- , N- NH_4^+ , N_{an}) v pôde v dvoch *hlbkach* (0,0- 0,3; 0,3- 0,6 m).

Z priemerných obsahov sledovaných foriem dusíka (N- NO_3^- , N_{an}) zistených pri jednotlivých spôsoboch obrábania pôdy vyplýva, že pri použití konvenčného obrábania pôdy – stredne hlboká orba, boli tieto obsahy vyššie v porovnaní s redukovaným obrábaním – plytkou orbou. Naopak pri N- NH_4^+ boli zaznamenané vyššie obsahy pri plytkej orbe než pri konvenčnom obrábaní pôdy. S týmito zisteniami súvisí aj najvyššia priemerná úroda zrna pšenice letnej f. ozimnej, konkrétne vo variante B1 – stredne hlboká orba, ktorej hodnota bola $5,64 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ a vo variante B2 – plytká orba, kde táto hodnota dosiahla $5,96 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Ďalším skúmaným faktorom, ktorým sme sa zaoberali bol variant hnojenia pôdy. V prípade foriem dusíka (N- NH_4^+ a N_{an}) môžeme konštatovať postupne narastajúci trend priemerných obsahov od 0 – kontrolný variant bez hnojenia až po maximálne hodnoty zistené vo variante priemyselných hnojív so súčasným zapracovaním pozberových zvyškov predplodiny – PH+ PZ. Čo sa týka dusičnanového dusíka, jeho minimálna hodnota bola zistená v kontrolnom variante 0 a maximálna vo variante s priemyselným hnojením- PH. Z týchto skutočností vyplýva priaznivý vplyv hnojenia priemyselnými, ale aj organickými hnojivami na zvyšovanie obsahu dusíka v pôde.

Na základe zistených výsledkov môžeme povedať, že z hľadiska najvyššieho

obsahu dusičnanového dusíka v pôde bola najvýhodnejšia kombinácia B1 a PH z možných spôsobov obrábania pôdy a variantov hnojenia pôdy, pre amónny a anorganický dusík B1 a PH+ PZ.

Zo štatistického hľadiska nebol zistený vplyv spôsobu obrábania pôdy na obsahy dusičnanového, amónneho a anorganického dusíka v pôde. Preto v záujme čo najrentabilnejšieho hospodárenia s ohľadom na ekonomiku podniku a environmentálne požiadavky prostredia odporúčame používanie plytkej orby (variant B2). Z hľadiska dosiahnutia vyšších úrod (príloha E) pšenice letnej f. ozimnej môžeme na základe našich výsledkov odporučiť spôsoby obrábania plytká orba (B2) v kombinácii s priemyselným hnojením (PH).

Vzhľadom na súčasné technologické možnosti bude potrebné zabezpečiť správnu aplikáciu hnojív na pozemku podľa skutočnej potreby živín pre pestovanú plodinu pri súčasnom dodržiavaní podmienok hnojenia vyplývajúcich z Nitrátovej smernice. Týmto spôsobom sa zabezpečí vyrovnaný obsah živín v pôde, dostatočný pre pestovanú plodinu a zabráni sa neželaným stratám živín a ohrozeniu životného prostredia.

V rámci čo najoptimálnejšieho riešenia by bolo vhodné vyhodnotiť vplyv obrábania a hnojenia na jednotlivé formy dusíka v pôde aj z dlhodobejšieho hľadiska, aby sa zabezpečilo dosahovanie stabilných úrod v súlade so správnu agrotechnikou a racionálneho používania hnojív.

8 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

ANGÁS, P. – LAMPURLANÉS, J. – CANTERO-MARTINÉZ, C. 2006. Tillage and N fertilization effects on N dynamics and Barley yield under semiarid Mediterranean conditions. In *Soil and Tillage research*, vol. 87, 2006, p. 59- 71.

BAI, J. – OUYANG, H. – DENG, W. – WANG, Q. – CHEN, H. – ZHOU, C. 2005. Nitrogen mineralization processes of soils from natural saline-alkalined wetlands, Xianghai National Nature Reserve, China. In *Can. J. Soil Sci.*, vol. 85, 2005, p. 359-367.

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.

BARTOŠOVÁ, M. et al. 1995. *Ekologické poľnohospodárstvo*. Bratislava: EKO, 1995. 173 s. ISBN 80-967357-0-5.

BEDRNA, Z. 2006. Ako hnojiť do zásoby. In *Záhradkár*, 2006, č. 3, s. 70-71.

BIELEK, P. 1984. *Dusík v pôde a jeho premeny*. Bratislava: Príroda, 1984. 135 s.

BIELEK, P. 1997. Dusík v poľnohospodárskych pôdach Slovenska: autoreferát dizertácia. Nitra: SPU, 1997. s. 49.

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

BIELEK, P. 2000. *Biologické vlastnosti pôdy*. [cit. 2009- 07-12]. Dostupné na internete:

http://www.enviroportal.sk/dpsir/dpsir_search.php?id_det=98&keyword=mineralizacia.

BÍZIK, J. 1989. *Podmienky optimalizácie výživy rastlín dusíkom*. Bratislava: VEDA, 1989. 189 s. ISBN 80-224-0041-6.

BÍZIK, J. 1996. *Výživa rastlín*. Nitra : VŠP, 1996. 97 s. ISBN 80-7137-290-0.

BÍZIK, J. et al. 1990. *Chemizmus živín v pôde*. In Študijné materiály pre postgraduálne štúdium. Nitra : VŠP, 1990. s. 10-18.

BIZÍK, J. - ZÁPOTOČNÝ, V. 2002. Význam diagnostiky obsahu dusíka v pôde pre výživu rastlín. In *Naše pole*, roč. 6, 2002, č. 2, s. 8-9.

BÖHM, Č. et al. 1988. *Záhradkárská encyklopedie*. Praha: Artia, 1988. s. 66. ISBN 80-07-00014-3.

- BRADY, N.C.** 1990. *The Nature and properties of soils*. 10th ed. New York, Mac Millan Publ. Comp., 1990. 122 s.
- BUJNOVSKÝ, R.** 2000. *Zásady správneho využívania hnojív*. Bratislava: Edičné stredisko Výskumného ústavu pôdoznectva a ochrany pôdy, 2000. 34 s. ISBN 80-85361-71-X.
- CIGLAR, J. et al.** 1998. *Všeobecná rastlinná výroba*. Nitra: ES SPU, 1998. 155 s. ISBN 80-7137-542.
- DEMO, M.** 1990. Vplyv rozdielneho základného obrábania pôdy na obsah a dynamiku anorganických foriem dusíka v ornici hnedozeme. In *Polnohospodárstvo*, roč. 36, 1990, č. 3, s. 194 – 201.
- DEMO, M. - BIELEK, P. et al.** 2000. *Regulačné technológie v produkčnom procese poľnohospodárskych plodín*. Nitra: SPU, 2000. 667 s. ISBN 80-7137-732-5.
- DEMO, M. - KOLLÁR, B. - HRAŠKO, J.** 1995. *Obrábanie pôdy*. Nitra: VŠP, 1995. 315 s. ISBN 80-7137-255-2.
- DUSÍK,** 2006. [cit. 2007- 09-10]. Dostupné na internete: <http://efa.sk/sk/3/11/01-01.HTM>.
- FECENKO, J. – LOŽEK, O.** 2000. *Výživa a hnojenie poľných plodín*. Nitra: ES SPU, 2000. 452 s. ISBN 80-7137-777-5.
- HAYES, H. B. et al.** 1989. *Humic Substances II*. Wiley Chichester, 1989.
- HRONEC et al.** 2001. *Ekologické základy poľnohospodárskej výroby*. Nitra: ES SPU, 2001. s. 99 – 102 ISBN 80-7137-956-5.
- IVANIČ, I. - HAVELKA, B. - KNOP, K.** 1979. *Výživa rastlín a hnojenie*. Bratislava: Príroda, 1979. 361 s.
- JACQUIN, P. – VONG, P.C.** 1990. *Influence d'un apport de paille sur la minéralisation de l'azote organique du sol d'un engrais*. Intern. Symp. „Nitrates, agriculture, eau" , Paris, 1990. s. 195-200.
- JARVIS, S. C. – STOCKDALE, E. A. – SHEPERD, M. A. – POWLSON, D. S.** 1996. Nitrogen mineralization in temperate agricultural soil: processes and measurement. In *Adv. Agron.* 57, 1996. s. 187-235.
- JEDLOVSKÁ, L. - ONDRIŠÍK, P. - PAČUTA, V.** 2001. Zmeny v obsahu anorganického dusíka v pôde vplyvom hnojenia a obrábania pôdy. In *Agriculture*, roč. 47, 2001, č. 5, s. 333.
- 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, str. 18.

KLIMEKOVÁ, M. – LEHOCKÁ, Z. 2008. Vplyv rôznych foriem N hnojenia na úrodu a kvalitu ozimnej pšenice. In *Naše pole*, roč. 10, 2008, s. 48.

KOVÁČIK, P. 1992. Dynamika premien vybraných frakcií dusíka v pôde a jej využitie pri optimalizácii hnojenia jačmeňa jarného: kandidátska dizertačná práca. Nitra : VŠP, 1992. 108 s.

KOVÁČIK, P. 1997. *Rozbory pôd, rastlín, hnojív a výpočet dávok živín k poľným a záhradným plodinám.* Nitra: ES SPU, 1997. 104 s. ISBN 80-7137-355-9.

KOVÁČIK, P. 2001. *Metodika bilancie živín v pôdach ekologickej hospodáriacich podnikov.* Nitra: ES SPU, 2001. s. 14 – 15. ISBN 80-7137-957-3.

KUNDLER, P. 1976. *Ausnutzung, Festlegung und Verluste von Dungemittelstickstoff.* Alb. Thaer. - Archív, 14, 1976, 3, s. 191-210.

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, str. 441-451.

MALÝ, S. – ŠARAPATKA, B. – KRŠKOVÁ, M. 2002. Seasonal variability in soil N-mineralization and nitrification as influenced by N-fertilization. In *Rostlinná výroba*, roč. 48, 2002, č. 9, s. 389 – 396.

MARENDIAK, D. et al. 1987. *Polnohospodárska mikrobiológia.* Nitra: Príroda, 1987. 433 s.

MARIOTTI, A. 1982. *Apports de la géochimie isotopique a la Connaissance du cycle de l'azote. Thèse Doctorat d'État.* Université Pierre et Marie Curie, Paris, 1982. 476 s.

ONDRIŠÍK, P. 1987. *Správa o výsledkoch študijného pobytu vo Francúzsku.* Nitra: ES VŠP Máj. 1987. 32 s.

ONDRIŠÍK, P. 1998. Dynamika a migrácia minerálnych zlúčenín dusíka v pôdnom profile a možnosti ich regulácie: habilitačná práca. Nitra: SPU, 1998. 160 s.

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, Ľ. 2003. Vplyv agrotechnických opatrení na zmeny obsahu anorganického dusíka v pôde. In *Aktuálne problémy riešené v agrokomplexe: zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie.* Nitra: SPU, 2003, s. 126- 131. ISBN 80-8069-295-5.

- ONDRIŠÍK, P. - URMINSKÁ, J.** 2005. Dynamika dusíka v pôde v závislosti od agrotechnických opatrení. In *Agriculture*, roč.51, 2005, č. 8, s. 393- 401.
- PEOPLES, M. B. et al.** 1995. Minimizing gaseous losses of nitrogen. In *Bacon. New York* : Marcel Dekker, 1995. s. 565-602.
- PIŠANOVÁ, J.- RŮŽEK, P.** 2007. Kvalitatívni hnojenie ozimnej pšenice. In *Úroda*, 2007, č. 5, s. 8.
- PROCHÁZKOVÁ, B. - BADALÍKOVÁ, B.** 2007. Vplyv manažmentu slamy obilnín na pôdnu štruktúru. In *Naše pole*, roč. 11, 2007, č. 7, s. 24.
- RAJCHARD, J. - BATOUNOVÁ, Z. - KVĚT, J. et al.** 2002. *Ekologie III*. České Budejovice: KOPP, 2002. 197 s. ISBN 80-7232-1919.
- RAUS, A - ŠABATKA, J.** 2000. Ochranné spracovanie pôdy ovplyvňuje chovanie dusíka. In *Úroda*, roč. 48, 2000, č. 9.
- RICHTER, R. et al.** 2002. Kořenový systém rostlin a mechanismus příjmu živin rostlinou. In *Úroda*, roč. 50, 2002, č. 11, s. 8 – 9.
- ROBERTSON, L. A. – KUENEN, J. G.** 1991. Physiology of nitrifying and denitrifying bacteria. In ROGERS, J. E. – WHITMAN, W. B.: Microbial production and consumption of greenhouse gases: methane nitrogen oxides and halomethanes. Washington, D.C., ASA, 1991. s. 189-199.
- RUSSELLE, M. P.** 2005. Keeping Nitrogen Out of Waterways, Legume crops may help farmers manage manure. In *Agricultural Research*, roč. 53, 2005, č. 8, s. 16 – 17 ISSN 0002-161X.
- SEGEŤOVÁ, V.** 1975. *Dynamika dusíku v pôde*. Stud. Informace ÚVTIZ, Ř. - půdozn.-me. S. – výživa rostlin, 1975, č. 5, s. 59-64.
- SIMONOVÍČOVÁ, A. - PAVLIČKOVÁ, K. et al.** 2002. *Základy ekológie pre environmentalistov*. Bratislava: Vydavateľstvo UK, 2002. 96 s. ISBN 80-223-1659-8.
- SMATANA, J.** 1994. Obrábanie pôdy ako faktor regulácie výživy ozimnej pšenice dusíkom: kandidátska dizertačná práca. Nitra: VSP, 1994. 156 s.
- SMATANA, J.** 2001. Obrábanie a dynamika anorganického dusíka pôdy v ekologickej a integrovanej sústave hospodárenia na pôde. In *Journal of Central European Agriculture*, roč. 2, 2001, č. 3- 4, s. 251- 262.
- SMATANA, J. - CIGLAR, J.** 1995. Obrábanie pôdy ako faktor regulácie výživy ozimnej pšenice dusíkom. In *Zborník referátov z vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou „Aktuálne otázky oživenia agrokompexu“*. Michalovce, 1995.
- 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.

ŠOLTYSOVÁ, B. 2007. *Dusík v prírode a v pôde*. [cit. 2010- 03-01].

Dostupné na internete: <http://www.scpv-ua.sk/index.php/2007-pr-19/7-2007-pr-19/53-dusik-v-prirode-a-v-pode>.

ŠPALDON, E. et al. 1982. *Rastlinná výroba*. Bratislava: Príroda, 1982. 628 s.

ŠTEVLÍKOVÁ, T. – JAVOREKOVÁ, S. – TANČINOVÁ, D. – VJATRÁKOVÁ, J. 2002. *Mikrobiológia*. Nitra: ES SPU, 2002. 156 s. ISBN 80-8069-048-0.

ŠTEVLÍKOVÁ, T. - KOPČANOVÁ, E. 1994. *Biológia intenzívne obhospodávaných pôd*. Nitra: VŠP, 1994. 196 s. ISBN 80-7137-173-4.

TOBIAŠOVÁ, E. 2007. Vplyv pozberových zvyškov repy cukrovej na kvantitu a kvalitu organickej hmoty v pôde. In *Naše pole*, roč. 11, 2007, č. 12, s. 41.

TORMA, S. 2005. Dusík – nenahraditeľný prvok v pôde a rastlině. In *Agro*, roč. 10, 2005, č. 1, s. 27 – 29.

ŽAUJEC, A. – TOBIAŠOVÁ, E. et al. 2002. *Pedológia*. Nitra: SPU, 2002. 98 s. ISBN 80-8069-090-1.

ŽAUJEC, A. 2007. Zmeny obsahov organickej hmoty v našich pôdach a ich dôsledky. In *Naše pole*, roč. 10, 2007, č. 2, s. 32.

ŽÁK, Š. - LEHOTSKÁ, Z. - BIELIKOVÁ, M. 2007. Agrochemické vlastnosti pôdy. In *Farmár*, roč. 13, 2007, č. 2, s. 22.

PRÍLOHY

Príloha A Namerané hodnoty anorganických foriem dusíka (mg. kg^{-1}) v pôde zistené pri jednotlivých sledovaných faktoroch za vegetačné obdobie 2006/2007

Tabuľka Dusičnanový dusík														
Variant	Hnojenie	Hĺbka	2006					2007						
			25.9.	10.10.	23.10.	8.11.	13.3.	27.3.	10.4.	24.4.	15.5.	4.6.	18.6.	2.7.
B1	nehnojené	0,3	6,3	9,56	8,88	7,01	3,71	2,37	2,18	1,92	2,44	2,08	2	3,46
		0,6	4,44	4,16	4,45	3,76	7,21	3,24	1,81	1,95	2,22	2,04	1,65	2,1
	PH	0,3	10,75	7,33	11,19	32,6	3,55	1,87	1,85	3,15	7,28	2,13	2,17	2,99
		0,6	2,74	4,02	3,92	4,93	2,72	1,83	1,63	1,75	2,78	1,87	1,71	1,64
	PZ	0,3	7,87	7,78	11,8	15,99	3,11	3,94	1,68	3,42	2,95	11,25	2,06	2,91
		0,6	3,59	3,78	11	8	4,5	4,82	2,08	2,56	2,62	3,58	2,11	2,07
B2	nehnojené	0,3	8,38	10,76	5,45	8,28	2,08	1,66	1,91	2,01	2,34	2	1,76	2,82
		0,6	1,3	2,85	1,73	1,77	3,69	1,73	1,69	1,45	1,75	1,91	1,53	1,21
	PH	0,3	6,69	5,56	4,98	9,09	2,72	2,2	2,01	3,01	3,8	2,69	2,1	3,3
		0,6	4,04	3,62	4,78	4,61	3,55	2,34	1,67	9,74	2,68	2,8	1,63	1,54
	PZ	0,3	6,18	8,7	14,47	9,95	2,97	1,92	6,86	3,47	2,59	2,49	2,98	2,34
		0,6	7,21	5,92	8,94	4,89	4,1	1,76	3,25	1,9	2,02	1,65	1,39	1,35

Tabuľka Amónny dusík														
Variant	Hnojenie	Hĺbka	2006					2007						
			25.9.	10.10.	23.10.	8.11.	13.3.	27.3.	10.4.	24.4.	15.5.	4.6.	18.6.	2.7.
B1	nehnojené	0,3	4,25	4,58	4,18	3,5	5,22	3,87	3,82	3,95	3,52	3,71	4,27	4,42
		0,6	4,26	4,51	4,27	3,13	4,9	3,59	4,2	3,77	4,15	3,93	4,04	2,69
	PH	0,3	3,97	4,34	3,87	6,67	5,43	3,83	4,09	4,33	5,83	4,81	4,36	4,31
		0,6	4,16	4,61	4,43	3,62	5,02	3,81	4,07	4,25	4,81	6,66	4,48	4,43
	PZ	0,3	4,31	4,84	5,39	3,27	5,54	15,99	4,02	4,58	4,74	8,26	4,12	4,72
		0,6	3,85	4,8	5,57	3,26	5,72	13,39	3,96	4,15	5,29	7,86	4,22	4,45
B2	nehnojené	0,3	3,65	4,52	4,02	3,32	5,4	3,48	4,16	3,53	4,31	4,91	3,98	4,07
		0,6	3,86	4,68	3,88	3,37	5,24	3,19	3,97	3,83	4,64	4,21	4,2	4,21
	PH	0,3	3,91	4,35	4,27	3,47	4,97	3,22	4,37	4,16	4,93	4,15	5,36	4,39
		0,6	4,12	5,34	5,22	3,23	5,81	3,04	4,36	8,16	4,77	4,36	4,48	4,6
	PZ	0,3	4,84	5,6	6,28	4,54	5,22	3,43	5,76	4,65	5,04	4,09	6,18	4,83
		0,6	5,92	7,28	5,18	4,8	5,87	3,52	4,63	4,41	4,44	4,48	4,91	5,03

Tabuľka Anorganický dusík														
Variant	Hnojenie	Hĺbka	2006					2007						
			25.9.	10.10.	23.10.	8.11.	13.3.	27.3.	10.4.	24.4.	15.5.	4.6.	18.6.	2.7.
B1	nehnojené	0,3	10,55	14,14	13,06	10,51	8,93	6,24	6	5,87	5,96	5,79	6,27	8,88
		0,6	8,7	8,67	8,72	6,89	12,11	6,83	6,01	5,72	6,37	5,97	5,69	4,71
	PH	0,3	14,72	11,67	15,06	39,27	8,98	5,7	5,94	7,48	13,11	6,94	6,53	6,3
		0,6	6,9	8,63	8,35	8,55	7,74	5,64	5,7	6	7,59	8,53	6,19	6,07
	PZ	0,3	12,18	12,62	17,19	19,26	8,65	19,93	5,7	8	7,69	19,51	6,18	7,63
		0,6	7,44	8,58	16,57	11,26	10,22	18,21	6,04	6,71	7,91	11,44	6,33	6,52
B2	nehnojené	0,3	12,03	15,28	9,47	11,6	7,48	5,14	6,07	5,54	6,65	6,91	5,74	6,89
		0,6	5,16	7,53	5,61	5,14	8,93	4,92	5,66	5,28	6,39	6,12	5,73	5,42
	PH	0,3	10,6	9,91	9,25	12,56	7,69	5,42	6,38	7,17	8,73	6,84	7,46	7,69
		0,6	8,16	8,96	10	7,84	9,36	5,38	6,03	17,9	7,45	7,16	7,19	6,14
	PZ	0,3	11,02	14,3	20,75	14,49	8,19	5,35	12,62	8,12	7,63	6,58	9,16	7,17
		0,6	13,13	13,2	14,12	9,69	9,97	5,28	7,88	6,31	6,46	6,13	6,3	6,38

Príloha B Namerané hodnoty anorganických foriem dusíka (mg. kg⁻¹) v pôde zistené pri jednotlivých sledovaných faktoroch za vegetačné obdobie 2007/2008

Tabuľka Dusičnanový dusík														
Variant	Hnojenie	Hĺbka	2007					2008						
			25.9.	08.10.	22.10.	05.11.	10.03.	31.03.	14.04.	29.04.	13.05.	26.05.	10.06.	23.06.
B1	nehnojené	0,3	4,21	4,25	7,01	8,39	2,06	1,8	1,59	1,54	1,67	0,96	1,09	1,35
		0,6	4,17	2,13	6,29	3,62	2,99	1,43	1,12	1,24	1,43	0,86	1,08	1,51
	PH	0,3	2,58	8,12	14,55	16,65	2,05	2,62	6,17	1,7	1,43	0,99	1,1	1,48
		0,6	1,32	6,37	13,32	5,97	2,72	2,92	1,54	1,24	1,43	1,02	1,18	1,37
	PZ	0,3	2,92	3,97	7,51	12,68	2,08	3,2	3,81	2,41	1,99	0,94	1,49	1,25
		0,6	2,05	3,43	3,04	3,82	2,71	1,59	1,29	1,7	1,93	1,02	1,48	1,08
B2	nehnojené	0,3	4,79	8,48	10,92	10,31	2,31	1,71	2,09	1,86	2,07	1,2	1,48	1,71
		0,6	2,86	6,79	8,31	4,39	3,05	1,85	1,78	1,32	1,47	0,9	1,59	1,2
	PH	0,3	3,63	3,86	10,71	7,68	2,15	4,28	9,64	1,49	1,47	0,83	1,17	1,67
		0,6	2,1	1,36	5,33	2,92	4,87	3,65	3,15	1,46	1,13	0,72	1,15	1,15
	PZ	0,3	2,39	8,87	8,73	9,36	3,98	2,89	7,13	1,43	2,37	1,36	1,47	1,7
		0,6	2,14	2,58	3,54	3,27	4,36	2,83	2,57	1,24	1,66	1,05	1,57	1,65

Tabuľka Amónny dusík														
Variant	Hnojenie	Hĺbka	2007					2008						
			25.9.	08.10.	22.10.	05.11.	10.03.	31.03.	14.04.	29.04.	13.05.	26.05.	10.06.	23.06.
B1	nehnojené	0,3	3,97	3,73	4,52	4,91	5,05	4,96	4,65	5,94	4,28	4,62	4,99	4,64
		0,6	3,91	4,3	3,01	5	6,45	4,83	4,65	6,34	4,72	4,74	4,66	4,78
	PH	0,3	3,89	4,66	4,72	5,14	4,95	5,23	9,51	5,76	4,76	5,07	5,14	5,18
		0,6	3,92	4,68	3,63	4,51	4,88	5,09	6,69	7,02	5,04	5,42	5,52	5,41
	PZ	0,3	4,27	4,66	3,62	5,41	4,96	5,74	7,16	8,18	4,96	5,64	4,62	4,85
		0,6	4,69	4,84	3,99	5,25	4,83	5,38	6,62	7,41	5,11	5,05	5,42	5,51
B2	nehnojené	0,3	4,25	4,69	3,69	5,42	5,08	5,18	6,02	6,6	5,21	5,25	4,8	5,68
		0,6	4,42	5,17	3,75	5,18	6,28	5,44	5,87	6,22	5,36	4,76	5,17	6,02
	PH	0,3	4,19	5,04	3,28	5,46	5,09	5,62	7,66	6,74	5,44	5,93	5,59	6,51
		0,6	4,28	5,3	3,44	5,44	5,7	5,83	6,73	7,39	6,06	6,18	5,93	6,7
	PZ	0,3	4,34	5	3,87	6,42	5,72	5,77	10,42	6,43	5,86	5,62	6,4	6,43
		0,6	4,15	5,67	3,47	5,8	5,09	5,95	8,15	6,5	6,19	5,85	6,49	6,61

Tabuľka Anorganický dusík														
Variant	Hnojenie	Hĺbka	2007					2008						
			25.9.	08.10.	22.10.	05.11.	10.03.	31.03.	14.04.	29.04.	13.05.	26.05.	10.06.	23.06.
B1	nehnojené	0,3	8,18	7,98	11,53	13,3	7,11	6,76	6,24	7,48	5,95	5,58	6,08	5,99
		0,6	8,08	6,43	9,3	8,62	9,44	6,26	5,77	7,58	6,15	5,6	5,74	6,29
	PH	0,3	6,47	12,78	19,27	21,79	7	7,85	15,68	7,46	6,19	6,06	6,24	6,66
		0,6	5,24	11,05	16,95	10,48	7,6	8,01	8,23	8,26	6,47	6,44	6,7	6,78
	PZ	0,3	7,19	8,63	11,13	18,09	7,04	8,94	10,97	10,59	6,95	6,58	6,11	6,1
		0,6	6,74	8,27	7,03	9,07	7,54	6,97	7,91	9,11	7,08	6,07	6,9	6,59
B2	nehnojené	0,3	9,04	13,17	14,61	15,73	7,39	6,89	8,11	8,46	7,28	6,45	6,28	7,39
		0,6	7,28	11,96	12,06	9,57	9,33	7,29	7,65	7,54	6,83	5,66	6,76	7,22
	PH	0,3	7,82	8,9	13,99	13,14	7,24	9,9	17,3	8,23	6,91	6,76	6,76	8,18
		0,6	6,38	6,66	8,77	8,36	10,57	9,48	9,88	8,85	7,19	6,9	7,08	7,85
	PZ	0,3	6,73	13,87	12,6	15,78	9,7	8,66	17,55	7,86	8,23	6,98	7,87	8,13
		0,6	6,29	8,25	7,01	9,07	9,45	8,78	10,72	7,74	7,85	6,9	8,06	8,26

Príloha C Vlhkosť pôdy zistená pri jednotlivých sledovaných faktoroch za celé pokusné obdobie podľa dátumov odberu v %

Tabuľka Vlhkosť pôdy za vegetačné obdobie 2006/2007

Spôsob obrábania	Variant hnojenia	Hĺbka odberu (m)	2006				2007							
			25.9.	10.10.	23.10.	8.11.	13.3.	27.3.	10.4.	24.4.	15.5.	4.6.	18.6.	2.7.
			Vlhkosť pôdy (%)											
B1 - Stredne hlboká orba (0,20-0,25 m)	0	0,0-0,3	12,8	10,1	8,4	9,5	17,8	17,2	14	9,3	9,2	10,4	7,1	9,4
		0,3-0,6	11,3	10	9,2	8,2	17,1	16,8	15,4	9,8	9	9,3	8,9	9,7
	PH	0,0-0,3	11,6	7,7	7,2	11,6	20	17,8	12,6	9	9,7	13,4	9	8,5
		0,3-0,6	11,5	8,9	11	11,5	17	17,8	15,6	12,8	9,4	10,7	9,3	9,8
	PH+ZV	0,0-0,3	12,6	10,9	8,6	10	23,1	17,1	12,3	10,3	7,7	12	7,6	8,8
		0,3-0,6	11,1	9	8,3	8,2	17,6	17,7	14,5	11,4	9,6	10,2	8,8	6,9
B2 - Plytká orba (0,15-0,20m)	0	0,0-0,3	9,8	8,3	8,4	12,4	18,1	17,4	13,2	9	10,3	13,6	8,1	7,3
		0,3-0,6	12,3	10,2	10,8	9	17,6	15,3	15,1	13,6	8,8	9,7	9,9	7,4
	PH	0,0-0,3	9,1	7	7,3	9,5	16,3	16	12,1	9,3	8,8	10,5	8	10,8
		0,3-0,6	11,5	5,9	6,1	8,3	17,3	15,6	15,1	10	9	10,2	9,2	11
	PH+ZV	0,0-0,3	10,9	7	5,8	6,8	19,3	17	13,4	9	7,1	9,6	7	9
		0,3-0,6	10,1	7,7	7,5	9,1	17,4	17,5	14,7	11,2	9	9,9	10	8

Tabuľka Vlhkosť pôdy za vegetačné obdobie 2007/2008

Spôsob obrábania	Variant hnojenia	Hĺbka odberu (m)	2007				2008							
			25.9.	08.10.	22.10.	05.11.	10.03.	31.03.	14.04.	29.04.	13.05.	26.05.	10.06.	23.06.
			Vlhkosť pôdy (%)											
B1 - Stredne hlboká orba (0,20-0,25 m)	0	0,0-0,3	13,4	12,4	13,6	17,5	18	16,8	14,1	11,8	8,9	15,1	10,2	5,7
		0,3-0,6	13,5	11,6	11,2	15,6	16,5	17,9	16	13,8	11,1	12,1	8,5	7,5
	PH	0,0-0,3	11,2	9,3	12,7	17,9	17,6	17,8	12,8	7,6	9,6	7,2	9,8	8,6
		0,3-0,6	13,2	14,3	14,6	14,5	16,2	19	13	10,6	13,1	13,8	13,7	9,3
	PH+ZV	0,0-0,3	14,6	10,3	14,1	17,3	16,8	19,6	13,5	12,3	7,7	17,7	10	4,8
		0,3-0,6	15,3	9,2	13,2	13,9	12,7	18,2	14,7	10,8	10	13,6	11,3	7,1
B2 - Plytká orba (0,15-0,20m)	0	0,0-0,3	13,3	11,2	11,2	19,1	19,2	18,6	14,5	13,7	11,9	14,2	11,1	4,7
		0,3-0,6	14,4	9,7	11	13,7	18,4	19,1	15,7	12,9	12,3	8,3	10,7	6,6
	PH	0,0-0,3	14,2	9,4	12	14,9	14,3	20,5	14,5	12,9	12	16,9	14	8,3
		0,3-0,6	12,6	12,2	13,9	14,2	17,4	17,1	15,2	15,3	14,1	11,9	12,7	11,4
	PH+ZV	0,0-0,3	13,1	9,9	12,8	16,8	16,7	16,9	14,9	11,6	11,6	12,7	10,3	4,1
		0,3-0,6	12,5	11,2	14,3	16	16,3	19,7	14,5	11,6	9,1	7,9	12,6	8,7

Príloha D Namerané priemerné teploty na lokalite Nitra- Dolná Malanta za jednotlivé roky 2006, 2007 a 2008

Tabuľka Priemerné teploty (°C) za rok 2006

Mesiac	Normál 1951-1980	2006		
		Teploty (°C)	Odchýlka	Charakteristika mesiaca
I.	-1,7	-4,1	-2,4	studený
II.	0,5	-1,6	-2,1	studený
III.	4,7	3,5	-1,2	normálny
IV.	10,1	11,4	1,3	teplý
V.	14,8	14	-0,8	normálny
VI.	18,3	19,2	0,9	normálny
VII.	19,7	22,6	2,9	veľmi teplý
VIII.	19,2	16,7	-2,5	veľmi studený
IX.	15,4	16,6	1,2	teplý
X.	10,1	12,2	2,1	teplý
XI.	4,9	7,5	2,6	teplý
XII.	0,5	3,2	2,7	teplý
Rok	9,7	10,1	0,4	normálny

Tabuľka: Priemerné teploty (°C) za rok 2007

Mesiac	Normál 1951-1980	2007		
		Teploty (°C)	Odchýlka	Charakteristika mesiaca
I.	-1,7	4,4	6,1	mimoriadne teplý
II.	0,5	5	4,5	mimoriadne teplý
III.	4,7	7,5	2,8	veľmi teplý
IV.	10,1	12,2	2,1	veľmi teplý
V.	14,8	16,6	1,8	veľmi teplý
VI.	18,3	21,1	2,8	veľmi teplý
VII.	19,7	22,3	2,6	veľmi teplý
VIII.	19,2	21,2	2	veľmi teplý
IX.	15,4	13,7	-1,7	studený
X.	10,1	9,9	-0,2	normálny
XI.	4,9	3,6	-1,3	normálny
XII.	0,5	-1,1	-1,6	studený
Rok	9,7	11,4	1,7	teplý

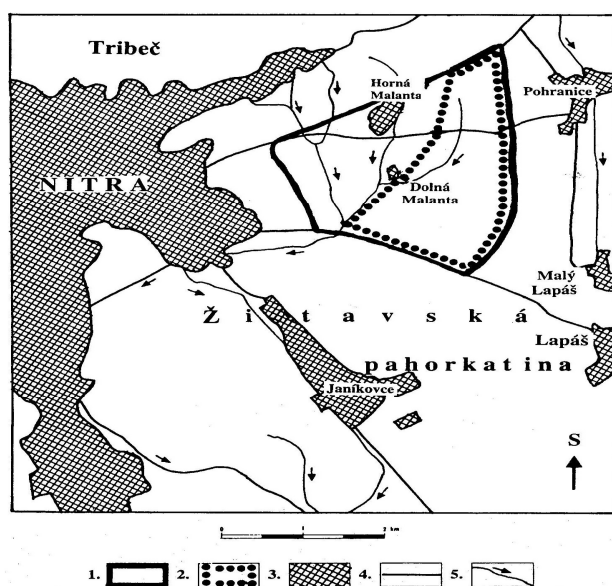
Tabuľka Priemerné teploty (°C) za rok 2008

Mesiac	Normál 1951-1980	2008		
		Teploty (°C)	Odchýlka	Charakteristika mesiaca
I.	-1,7	1,4	3,1	veľmi teplý
II.	0,5	2,7	2,2	teplý
III.	4,7	5,5	0,8	normálny
IV.	10,1	11	0,9	normálny
V.	14,8	16	1,2	teplý
VI.	18,3	19,9	1,6	teplý
VII.	19,7	20,4	0,7	normálny
VIII.	19,2	20,5	1,3	teplý
IX.	15,4	15,3	-0,1	normálny
X.	10,1	11,2	1,1	normálny
XI.	4,9	6,7	1,8	teplý
XII.	0,5	3	2,5	teplý
Rok	9,7	11,1	1,4	teplý

Príloha E Úroda zrna pšenice letnej f. ozimnej v t. ha⁻¹ za sledované vegetačné obdobia

Tabuľka Úroda zrna (t. ha⁻¹) pšenice za vegetačné obdobia 2006/2007 a 2007/2008

Spôsob obrábania	Variant hnojenia	Úroda zrna t.ha ⁻¹ počas sledovaných rokov		Priemer úrody zrna t.ha ⁻¹ ₁
		2007	2008	
B1-stredne hlboká orba	0 (nehnojená kontrola)	6,72	5,31	6,015
	PH (NPK hnojivá)	6,45	5,06	5,755
	PH+PZ (NPK hnojivá+ pozberové zvyšky)	6,78	3,53	5,155
B2-plytká orba	0 (nehnojená kontrola)	5,96	5,12	5,54
	PH (NPK hnojivá)	6,35	6,86	6,605
	PH+PZ (NPK hnojivá+ pozberové zvyšky)	6,36	5,1	5,73



- 1 – modelové územie,
- 2 – prezentovaný výrez z modelového územia,
- 3 – sídla,
- 4 – cesty,
- 5 – toky.

Obrázok Modelové územie Dolná Malanta

Príloha F Priemerné obsahy sledovaných foriem dusíka zistené pri jednotlivých sledovaných faktoroch za celé pokusné obdobie v mg. kg⁻¹

Tabuľka Prehľad priemerných obsahov jednotlivých foriem dusíka v závislosti od sledovaných faktorov za celé pokusné obdobie

Sledované faktory		Priemerný obsah (mg. kg ⁻¹)		
		N- NO ₃ ⁻	N- NH ₄ ⁺	N _{an}
Spôsob obrábania pôdy	B1	3,94	4,94	8,88
	B2	3,57	5,08	8,65
Variant hnojenia	0	3,24	4,53	7,77
	PH	4,03	5,01	9,04
	PH+ PZ	4	5,5	9,5
Hĺbka odberu (m)	0,0- 0,3	4,62	5,01	9,63
	0,3- 0,6	2,9	5,01	7,91
Termín odberu pôdnych vzoriek	1.	4,36	4,22	8,58
	2.	5,59	4,88	10,47
	3.	7,95	4,23	12,18
	4.	8,33	4,59	12,92
	5.	3,30	5,35	8,65
	6.	2,52	5,39	7,91
	7.	2,94	5,65	8,59
	8.	2,29	5,6	7,89
	9.	2,31	4,98	7,29
	10.	2,01	5,1	7,11
	11.	1,62	4,97	6,59
	12.	1,87	5,02	6,89
Vegetačné obdobie	2006/ 2007	4,22	4,67	8,89
	2007/2008	3,3	5,35	8,65