

ORIGINAL ARTICLE

TILLAGE AND DYNAMICS OF INORGANIC NITROGEN IN ECOLOGICAL AND INTEGRATION MANAGEMENT SYSTEMS**OBRÁBANIE A DYNAMIKA ANORGANICKÉHO DUSÍKA PÔDY
V EKOLOGICKEJ A INTEGROVANEJ SÚSTAVE HOSPODÁRENIA NA PÔDE**

SMATANA, J.

SÚHRN

Dynamiku v obsahu anorganického dusíka ($N_{an} = N-NH_4^+ + N-NO_3^-$) pôdy sme sledovali v rámci ekologickej a integrovanej sústavy hospodárenia v rokoch 1991-1993 v teplej klimatickej oblasti na hlinitej hnedozemi. Pôdu sme obrábali konvenčne (orba do 0,24 m) a minimálne (orba do 0,12-0,15 m). Dynamiku N_{an} sme sledovali do hĺbky 0,60 m v dvoch vrstvách: 0,00-0,30 m a 0,30-0,60 m. Sledované hĺbky orby (0,24 m a 0,12-0,15 m) nemali výraznejší vplyv na obsah anorganického dusíka v pôde, preto vhodnosť minimalizácie cestou znižovania hĺbky orby nevylučujeme, naopak, takáto minimalizácia môže mať vysoko pozitívny vplyv na ekonomiku hospodárenia – šetrenia energiou, pracovnými nákladmi a pod. Potvrdili sme rozhodujúci vplyv agroklimatických faktorov na dynamiku obsahu oboch anorganických foriem dusíka v pôde, ako aj primárny význam organickej hmoty pre ich uvoľňovanie.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: obrábanie pôdy, anorganický dusík, sústavy hospodárenia**ABSTRACT**

During the period of 1991-1993 in the field experiment, the effect of different soil management (tillage 0,24 m and tillage 0,12-0,15 m) in ecological and integration management system on changes of inorganic nitrogen ($N_{an} = N-NH_4^+ + N-NO_3^-$) content in the soil layer from 0 up to 0,6 m of the soil depth (0,00-0,30 m and 0,30-0,60 m) were studied. Trials were held in a warm climatic zone of the South – Western Slovakia on the brown soil. Different soil management systems (tillage 0,24 m and tillage 0,12-0,15 m) considerably did not affected ammonification and nitrification processes in the soil. The sustainability of minimalization via shallow ploughing is not excluded, on the contrary this minimalization may have high a positive influence on economic saving the energy, labour costs, etc. The quantitative and qualitative changes of studied form of N were significantly effected by weather and soil depth. Soil content of $N-NH_4^+$ and $N-NO_3^-$ was in negative correlation with soil depth.

KEY WORDS: soil tillage, inorganic nitrogen, management systems

TILLAGE AND DYNAMICS OF INORGANIC NITROGEN IN SOIL

DETAILED ABSTRACT

During the period of 1991-1993 in the field experiment, the effect of different soil management (tillage 0,24 m and tillage 0,12-0,15 m) in ecological and integration management system on changes of inorganic nitrogen ($N_{an} = N-NH_4^+ + N-NO_3^-$) content in the soil layer from 0 up to 0,6 m of the soil depth (0,00-0,30 m and 0,30-0,60 m) were studied. Trials were held in a warm climatic zone of the South – Western Slovakia on the brown soil. Different soil management systems (tillage 0,24 m and tillage 0,12-0,15 m) considerably did not affected ammonification and nitrification processes in the soil. The sustainability of minimalization via shallow ploughing is not excluded, on the contrary this minimalization may have high a positive influence on economic saving the energy, labour costs, etc. The quantitative and qualitative changes of studied form of N were significantly effected by weather and soil depth. Soil content of $N-NH_4^+$ and $N-NO_3^-$ was in negative correlation with soil depth.

Different soil management systems (tillage 0,24 m and tillage 0,12-0,15 m) considerably did not affected ammonification and nitrification processes in the soil. More content N_{an} was at tillage treatments to the depth 0,24 m. The quantitative and qualitative changes of studied form of N were significantly effected by the weather. The highest contents of $N-NH_4^+$ and $N-NO_3^-$ were in the soil in spring and the lowest in the summer. Grown plunt also significantly influenced next changes of $N-NH_4^+$ and $N-NO_3^-$ in the soil. The highest content of N_{an} under silage maize cultivation was $41,01 \text{ mg.kg}^{-1}$ and the lowest content under alfalfa was $27,74 \text{ mg.kg}^{-1}$. Soil content of $N-NH_4^+$ and $N-NO_3^-$ was in negative correlation with the soil depth. Content of $N-NO_3^-$ form was two times until five times more than $N-NH_4^+$.

Different statements of various authors, as well as given results show dynamic interaction between the studied factors. It is necessary to pay attention to this topic and study it in different agro-ecological conditions. The sustainability of minimalization via shallow ploughing is not excluded, on the contrary this minimalization may have high a positive influence on economic saving energy, labour costs, etc.

ÚVOD

V súčasnej dobe je už dobre známe, že používanie priemyselných hnojív pri nedostatočnej zásobe organickej hmoty v pôdach je málo efektívne a môže mať vplyv na obmedzovanie výšky úrod, zhoršovanie ich kvality, na okysľovanie pôd, rozrušovanie pôdnych agregátov, čiže na zhoršovanie chemických a fyzikálnych vlastností pôd.

Každodenná prax v poľnohospodársko – potravinárskom komplexe upozorňuje na zvýšený význam biologizácie v technológii pestovania jednotlivých plodín v sústave hospodárenia na pôde.

Dusík má vo výžive rastlín nezastupiteľné miesto. Je súčasťou všetkých biologicky dôležitých látok a zlúčenín a v porovnaní s ostatnými živinami najčastejšie limituje úrody. Dusík sa vzhľadom na svoju funkciu a význam pri formovaní a udržiavaní života na Zemi zapája do cyklov vzniku, premien a zániku určitých foriem či zlúčenín, ktoré prebiehajú v prirodzenom kolobehu látok a môžu byť ovplyvňované antropogénnou činnosťou. V dôsledku zložitých vzťahových účinkov a vzájomných interakcií, ktoré pôsobia v rastlinnej výrobe, pred novými systémami hospodárenia stojí celý rad otázok, ktoré vyžadujú aby boli jednotlivo riešené a študované ich vzájomné spolupôsobenia.

Aj cieľom nášho príspevku je hľadanie vzťahov medzi obrábaním pôdy, anorganickým dusíkom pôdy a pestovanými plodinami v ekologickej a integrovanej sústave hospodárenia.

MATERIÁL A METÓDY

Dynamiku v obsahu anorganického dusíka ($N_{an} = N-NH_4^+ + N-NO_3^-$) pôdy sme sledovali v rámci ekologickej a integrovanej sústavy hospodárenia v rokoch 1991-1993. Stacionárny poľný pokus bol založený na pozemkoch bývalého ŠM Horná Malanta neďaleko od Nitry v teplej klimatickej oblasti a hlinitej hnedozemi. Ekologická sústava mala oševný sled: I. Bôb na zeleno s podsevom lucerny (B/L); II. Lucerna (L); III. Pšenica letná f. ozimná (OP); IV. Repa cukrová (CR); V. Jačmeň jarný (JJ); VI. Hrach na zeleno (H); VII. Kukurica na siláž (K/S); VIII. Jačmeň jarný (JJ). pri zastúpení jednotlivých skupín plodín, 37,5% zdrojov uhlíka (C), 50% neutrálnych plodín a 12,5% spotrebiteľov uhlíka. V sústave sme hnojili iba maštaľným hnojom

diferencovane podľa plodín s prepočtom návratnosti organickej hmoty a živín do pôdy.

Integrovaná sústava mala oševný sled I. ½ Bôb s podsevom lucerny (B/L) a ½ Kukurica na siláž (K/S), II. Lucerna (L) a ½ Kukurica na siláž (K/S), III. Pšenica letná f. ozimná (OP), IV. Repa cukrová (RC), V. Jačmeň jarný (JJ), VI. Pšenica letná f. ozimná (OP), VII. Kukurica na zrno (K/Z), VIII. Jačmeň jarný (JJ), pri zastúpení jednotlivých skupín plodín, 25% zdrojov uhlíka (C), 62,5% neutrálnych plodín a 12,5% spotrebiteľov uhlíka. V sústave sme hnojili priemyselnými hnojivami bilančnou metódou a maštaľným hnojom k okopaninám.

Pôdu sme obrábali dvoma spôsobmi – konvenčne – O (orba do 0,24 m) a minimálne – M (orba do 0,12-0,15 m).

Herbicídy sme v ekologickej sústave hospodárenia nepoužívali.

Dynamiku N_{an} sme sledovali v pôde do hĺbky 0,60 m v dvoch vrstvách, 0,00-0,30 m a 0,30-0,60 m pri troch plodinách v ekologickej sústave hospodárenia: bôbe na zeleno s podsevom lucerny, hrachu na zrno a kukurici na siláž. V integrovanej sústave hospodárenia sme tiež sledovali dynamiku N_{an} pri troch (resp. jednej) plodinách: kukurici na siláž pestovanej po jačmeni jarnom, kukurici na siláž pestovanej po kukurici na siláž a pri kukurici na zrno pestovanej po pšenici letnej f. ozimnej.

Termíny odberu vzoriek pôdy sme upravili s ohľadom na pestované plodiny (kritické rastové fázy), agrotechnické zásahy (obrábanie, sejba, hnojenie, zber) a podľa priebehu počasia. Pri rozbere vzoriek sme stanovili $N-NH_4^+$ metódou kolorimetrickou s Nesslerovým činidlom a $N-NO_3^-$ metódou kolorimetrickou s kyselínou fenol – 2,4 disulfónovou. Odoberaté vzorky sme spracovali do 48 hodín po odobratí. Pri každom odbere sme zistili gravimetricky pôdnu vlhkosť a výsledky prepočítali na 1 kg sušiny. Vyhodnotenie údajov sme vykonali na základe analýzy variancie.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V priebehu trojročného sledovania vplyvu obrábania pôdy na dynamiku anorganického dusíka v ekologickej sústave hospodárenia sme štatisticky významné rozdiely zaznamenali iba v roku 1992. Pri amoniakálnom dusíku boli vyššie hodnoty na

variante s konvenčnou orbou (orba do 0,24 m), oproti minimalizácii. Rozdiel bol vysoko preukazný. Pri dusičnanovom dusíku bol rozdiel preukazný tiež v prospech konvenčného obrábania pôdy. Celkove pri anorganickom dusíku bol v uvedenom roku rozdiel vysoko preukazný v prospech konvenčného obrábania. I keď za celé trojročné obdobie sme štatisticky významné rozdiely v rámci obrábania nezistili, tendencie boli podobné tak v roku 1991, ako aj v roku 1993 s preukaznosťami zistenými v roku 1992. Na tomto základe môžeme povedať, že sme potvrdili vplyv obrábania pôdy na zmeny v obsahoch anorganických foriem dusíka. Podobné zistenia uvádzajú [12] a [9], ktorí tiež uvádzajú vyšší obsah anorganického dusíka pri variante s konvenčným obrábaním.

Významný vplyv obrábania uvádzajú aj [11] a [7], ale s vyššími hodnotami obsahu anorganického dusíka na variante, s minimálnym obrábaním. Rozdiely môžu byť spôsobené odlišným priebehom agroklimatických prvkov, odlišným druhom a typom pôdy, ale aj rozdielnymi plodinami pod ktorými boli uvádzané sledovania robené.

Preukazný vplyv obrábania sme ešte zistili v roku 1993 v interakcii s pestovanými plodinami. Táto interakcia úzko súvisí s interakciou medzi plodinami a termínmi odberov pôdnych vzoriek. Pri tomto spolupôsobení sme v priebehu všetkých troch sledovaných rokov zaznamenali preukazné až vysoko preukazné rozdiely v obsahu tak amoniakálneho ako aj anorganického dusíka, pričom najvýraznejšie rozdiely boli pri dusíku dusičnanovom. Vysoko preukazne zníženie obsahu dusičnanového dusíka v pôde sme zistili vo všetkých troch pestovateľských rokoch pod porastom lucerny. Najvýraznejšie zníženie bolo v hĺbke pôdy 0,3-0,6m a to predovšetkým v skorých jarných mesiacoch. Zníženie obsahu $N-NO_3^-$ bolo 2-3 násobné oproti pôde určenej k pestovaniu ostatných plodín. Týmto sme potvrdili zistenia [8] a [1], že transport dusíka presakujúcou vodou je v pôde bez porastu, prípadne pri slabom pokryve vegetáciou omnoho silnejší, než pri dobrom poraste. Viacročná lucerna sa tak javí ako plodina, ktorá môže výrazne znížiť potenciálne straty dusíka z pôdy, jeho vyplavovaním. V uvádzanom roku 1993 toto zistenie podporilo aj minimálne obrábanie pôdy, pri ktorom boli preukazne nižšie obsahy predovšetkým dusičnanového dusíka v pôde, než pri konvenčnom obrábaní. Tieto zistenia potvrdzujú názor [13], že dynamiku dusíka silne ovplyvňujú nielen

meteorologické podmienky, ale aj agrotechnické zásahy (obrábanie, zmeny plodiny), ako aj názor [4], že dynamiku dusíka v pôde ovplyvňuje spôsob jej obhospodarovania.

V priebehu všetkých troch sledovaných rokov štatisticky vysoko významné rozdiely v obsahu anorganických foriem dusíka sme zaznamenali medzi nami sledovanými vrstvami pôdy.

Z našich zistení vyplýva, že obsah anorganických foriem dusíka s hĺbkou pôdy preukazateľne klesá. Toto korešponduje s názorom [6], ktorý tvrdí, že celkový obsah dusíka anorganického v najvrchnejšej vrstve pôdy podmieňuje obsah organickej hmoty, hĺbka zapracovania dusíkatých priemyselných hnojív, ale ak podmienky mineralizácie a nitrifikácie. Toto súvisí s prirodzeným obsahom organickej hmoty v pôdnom profile, ktorý sa s hĺbkou znižuje a s pôsobením agroklimatických prvkov a aeráciou pôdy, ktorá podporuje aktivitu amonizačných mikroorganizmov a s podmienkami pre migráciu predovšetkým dusičnanového dusíka do hlbších vrstiev pôdy. Vysoko významné rozdiely, ktoré sme zistili v rámci pestovateľských rokov, termínov odberov pôdnych vzoriek a pri ich vzájomnom spolupôsobení týchto faktorov, ako aj pri spolupôsobení s inými sledovanými prvkami (plodiny, vrstva pôdy), potvrdzujú významný vplyv hydrotermických faktorov na nitrifikačné procesy v pôde [16], ako aj zistenie [5] a [10] o tom, že anorganický dusík v pôde je v úzkom vzťahu s intenzitou jeho čerpania porastom.

V rámci vysoko preukazných rozdielov v obsahu amoniakálneho dusíka, ale predovšetkým dusíka dusičnanového medzi jednotlivými termínmi odberov pôdnych vzoriek, sme viac-menej potvrdili prirodzené uvoľňovanie anorganických foriem dusíka v pôde. Zistili sme tzv. jarné (vyššie) maximum, letné minimum a jesenné (nižšie) maximum v ich obsahu [3,4]. Na rozdiel od nášho zistenia, [7] zistila síce najnižší obsah anorganického dusíka v pôde v letnom období, ale maximálne hodnoty uvádza v jesennom období pred príchodom zimy. Predpokladáme, že tento rozdiel je predovšetkým spôsobený odlišnou plodinou.

V celkovom pohľade za všetky tri sledované roky (1991, 1992 a 1993) možno povedať, že obrábanie nemalo preukazný vplyv na dynamiku anorganického dusíka. Inak sme však v každom roku zistili vyšší obsah anorganického dusíka pri konvenčnej orbe do 0,24 m. Toto potvrdzuje názor

[9, 6] že intenzívnejšia kultivácia kladne ovplyvňuje mineralizáciu organických látok v pôde. Podobne to je aj v súlade s názorom [14], ktorá tvrdí, že hlbšia orba v porovnaní s plytkou, zvyšuje biologickú aktivitu pôdy, tým aj procesy mineralizácie a uvoľňovanie anorganického dusíka do pôdneho profilu.

V súvislosti s orbou možno uviesť i zvýšenú produkciu dusičnanového dusíka v porovnaní s dusíkom amoniakálnym. Toto korešponduje s názorom [2], že všetky agrotechnické opatrenia, ktoré zlepšujú prevzdušnosť pôdy, priaznivo ovplyvňujú produkciu dusičnanov. v pôde.

Počas všetkých troch sledovaných rokov sme nezistili preukazný rozdiel v obsahu N_{an} pod porastami kukurice na siláž a kukurice na zrno, čiže sa neprejavil ani vplyv predplodín. Vo všetkých troch rokoch však bol obsah N_{an} po porastom kukurice na zrno nižší, pričom vo vrstve 0,0-0,3 m bol obsah N_{an} približne dvakrát vyšší v porovnaní s vrstvou 0,3-0,6 m.

Vysoko preukazné rozdiely v obsahu oboch anorganických foriem dusíka v pôde sme zistili medzi sledovanými vrstvami pôdy v priebehu všetkých troch sledovaných rokov. Výsledky meraní dokazujú, že s hĺbkou obsah $N-NH_4^+$ a $N-NO_3^-$ klesá. Toto zistenie je v súlade s názorom [6], že celkove najvyšší obsah N_{an} v najvrchnejšej vrstve pôdy podmieňuje obsah organickej hmoty, hĺbka zapracovania dusíkatých priemyselných hnojív, ale

aj podmienky mineralizácie a nitrifikácie. Toto súvisí s prirodzeným obsahom organickej hmoty v pôdnom profile, ktorý sa postupne s hĺbkou znižuje, ale aj pôsobením meteorologických prvkov a aeráciou pôdy, ktorá podporuje aktivitu amonizačných mikroorganizmov a s podmienkami pre migráciu predovšetkým dusičnanovej formy anorganického dusíka do hlbších vrstiev pôdy. [15, 7] naopak zistili vyšší obsah N_{an} v hĺbke 0,3-0,6 m, čo bolo pravdepodobne spôsobené rozdielnou výškou zrážok v zimnom období ako aj iným pôdnym druhom a typom.

Vysoko preukazne sa prejavil vplyv jednotlivých termínov odberu pôdnych vzoriek na dynamiku oboch foriem anorganického dusíka. Najvyššie obsahy sme zistili ku koncu jari a najnižšie v lete. Na jeseň sme opäť zaznamenali zvyšovanie obsahu anorganického dusíka v pôde. Tým sme vlastne potvrdili i názor [7] o prirodzenej dynamike pôdneho dusíka – jarne maximum, letné maximum a opäť druhé jesenné maximum (ale nižšie ako jarne).

Najvyššia hodnota v obsahu N_{an} bola 28.5.1991 – 94,3 mg.kg⁻¹ a najnižšia 29.7.1992 – 14,05 mg.kg⁻¹.

Najnižší priemerný obsah N_{an} sme zaznamenali v roku 1992 – 22,7 mg.kg⁻¹. Naopak, ako najobsažnejší sa prejavil rok 1991 a to hodnotou až 61,88 mg.kg⁻¹.

Vo všeobecnosti bol podiel dusičnanového dusíka dva až päťkrát vyšší ako podiel dusíka amoniakálneho.

Tabuľka 1.: Obsah N-NH₄⁺ v pôde do hĺbky 0,6 m (mg.kg⁻¹) a jeho analýza variancie v ekologickej sústave hospodárenia na pôde v rokoch 1991-1993

Table 1.: Content of N-NH₄⁺ in the soil to the depth of 0,6 m (mg.kg⁻¹) and analysis of variance in ecological system in 1991 - 1993

ORBA (M) Tillage	Predplodina Precrop	Plodina Crop	Hĺbka Depth	1991 Yield	1992 Yield	1993 Yield	Priemer Average
0,0-0,24	H	K/S	0-0,3,0 0,3-0,6	3,10 2,49	7,77 6,07	8,49 6,48	6,45 5,01
	JJ	B/L	0-0,3,0 0,3-0,6	4,06 2,57	7,96 7,13	7,63 6,69	6,56 5,46
	B/L	L	0-0,3,0 0,3-0,6	4,15 3,17	9,11 7,19	9,26 7,22	7,51 5,86
	JJ	H	0-0,3,0 0,3-0,6	6,43 3,60	9,56 6,56	6,59 6,08	7,53 5,41
0,0-0,12	H	K/S	0-0,3,0 0,3-0,6	3,78 2,62	7,32 5,56	8,26 6,61	6,45 4,93
	JJ	B/L	0-0,3,0 0,3-0,6	3,31 2,81	7,71 6,38	9,49 6,30	6,84 5,16
	B/L	L	0-0,3,0 0,3-0,6	4,93 3,07	6,78 5,81	6,92 5,95	6,21 4,94
	JJ	H	0-0,3,0 0,3-0,6	4,24 2,94	8,02 6,28	7,3 6,40	6,52 5,21
0,00-0,24 m			0-0,3,0 0,3-0,6 priemer	4,44 2,96 3,70	8,60 6,74 7,67	7,99 6,62 7,31	7,01 5,44 6,23
0,00-0,12 m			0-0,3,0 0,3-0,6 priemer	4,07 2,86 3,47	7,46 6,01 6,74	7,99 6,32 7,16	6,51 5,06 5,79
Priemer/Average				3,58	7,21	7,24	6,01
Zdroj							
			Sx ²	N	V	F	Preukaznosť
faktory / factors			838,42924	10	83,8429	45,678	0,0000
rok / yield			456,69902	2	228,3495	124,3495	0,0000 ⁺⁺
obrábanie / tillage			4,26021	1	4,2602	2,321	0,1298
plodina / crop			7,39745	3	2,4658	1,343	0,2627
vrstva / depth			100,31192	1	100,3119	54,650	0,0000 ⁺⁺
termín / time			269,76064	3	89,9202	48,989	0,0000 ⁺⁺
interakcie / interaction							
rokoobrábanie / yieldxtillage			5,24080	2	2,6204	1,428	0,2433
rokoobrábanie / yieldxcrop			25,94447	6	4,3242	2,356	0,0336 ⁺
rokoobrábanie / tillagexcrop			10,24115	3	3,4137	1,860	0,1391
rokoobrábanie / yieldxtime			3,25849	2	1,6292	0,888	0,4139
rokoobrábanie / tillagexdepth			0,19127	1	0,1912	0,104	0,7508
rokoobrábanie / cropxdepth			0,31723	1	0,1057	0,058	0,9818
rokoobrábanie / yieldxtime			694,00530	6	115,6675	63,016	0,0000 ⁺⁺

Tabuľka 2.: Obsah N-NO₃⁻ v pôde do hĺbky 0,6 m (mg.kg⁻¹) a jeho analýza variancie v ekologickej sústave hospodárenia na pôde v rokoch 1991-1993Table 2.: Content of N-NO₃⁻ in the soil to the depth of 0,6 m (mg.kg⁻¹) and analysis of variance in ecological system during 1991 - 1993

Orba (m) Tillage	Predplodina Precrop	Plodina Crop	Hĺbka Depth	1991 Yield	1992 Yield	1993 Yield	Priemer Average
0,0-0,24	H	K/S	0-0,3,0 0,3-0,6	46,65 38,73	21,22 9,50	44,61 26,69	37,49 24,97
	JJ	B/L	0-0,3,0 0,3-0,6	42,33 39,28	20,56 10,90	59,94 33,86	40,94 28,01
	B/L	L	0-0,3,0 0,3-0,6	8,66 5,28	10,54 4,24	64,41 19,65	27,87 9,72
	JJ	H	0-0,3,0 0,3-0,6	20,08 21,43	24,22 14,30	40,58 24,06	28,29 19,93
0,0-0,12	H	K/S	0-0,3,0 0,3-0,6	61,38 50,35	20,26 6,60	54,85 43,04	45,50 33,33
	JJ	B/L	0-0,3,0 0,3-0,6	44,58 47,50	22,56 9,24	49,38 13,69	38,84 24,14
	B/L	L	0-0,3,0 0,3-0,6	15,26 7,90	8,2 3,44	30,64 7,35	18,03 6,23
	JJ	H	0-0,3,0 0,3-0,6	13,96 21,05	14,92 4,96	42,30 26,91	23,73 17,64
0,00-0,24 m			0-0,3,0 0,3-0,6 priemer	29,43 26,18 27,81	19,14 9,74 14,44	52,39 26,07 39,23	33,65 20,66 27,16
0,00-0,12 m			0-0,3,0 0,3-0,6 priemer	33,80 31,70 32,75	16,49 6,06 11,28	44,29 22,75 33,52	31,53 20,34 25,94
Priemer/Average				30,28	12,86	36,38	26,55
Zdroj							
			Sx ²	N	V	F	Preukaznosť
faktory / factors			40429,833	10	4042,9833	13,890	0,0000
rok / yield			18121,856	2	9060,9282	31,130	0,0000 ⁺⁺
obrábanie / tillage			94,809	1	94,8094	0,326	0,5752
plodina / crop			12518,211	3	4172,7369	14,336	0,0000 ⁺⁺
vrstva / depth			7587,755	1	7587,7552	26,068	0,0000 ⁺⁺
termín / time			2107,201	3	702,4003	2,413	0,0692
interakcie / interaction							
Rok x obrábanie / yield x tillage			38621,840	38	1016,3642	3,492	0,0000
Rok x plodina / yield x crop			990,259	2	495,1295	1,701	0,1862
Rok x vrstva / yield x time			7692,893	6	1282,1489	4,405	0,0004 ⁺
Obrábanie x plodina / tillage x crop			1653,181	3	551,0604	1,893	0,1334
Rok x vrstva / yield x time			3563,344	2	1781,6722	6,121	0,0028 ⁺
obrábanie x vrstva / tillage x depth			23,157	1	23,1574	0,080	0,7813
plodina x vrstva / crop x depth			361,245	3	120,4150	0,414	0,7434
rok x termín / yield x time			8211,374	6	1368,5624	4,702	0,0002 ⁺⁺

Tabuľka 3.: Obsah Nan v pôde v hĺbke 0,6 m (mg.kg^{-1}) a analýza variancie v ekologickom systéme hospodárenia
 Table 3.: Content of Nan in depth of 0,6 m (mg.kg^{-1}) in the soil and analysis of variance in ecological system

Orba (m) Tillage	Predplodina Precrop	Plodina Crop	Hĺbka Depth	1991 Yield	1992 Yield	1993 Yield	Priemer Average
0,0-0,24	H	K/S	0-0,3,0 0,3-0,6	49,75 41,03	29,00 15,50	53,10 33,17	43,95 29,90
	JJ	B/L	0-0,3,0 0,3-0,6	46,38 41,84	28,50 18,04	67,57 40,56	47,48 33,48
	B/L	L	0-0,3,0 0,3-0,6	12,80 8,44	19,66 11,44	73,67 26,87	35,38 15,83
	JJ	H	0-0,3,0 0,3-0,6	24,52 25,02	33,76 20,86	47,18 30,15	35,15 25,34
0,0-0,12	H	K/S	0-0,3,0 0,3-0,6	65,15 52,96	27,54 12,16	63,11 49,69	51,93 38,26
	JJ	B/L	0-0,3,0 0,3-0,6	47,88 49,81	30,28 15,66	58,87 22,00	45,68 29,16
	B/L	L	0-0,3,0 0,3-0,6	20,19 10,96	14,98 64,20	37,56 13,30	24,24 23,49
	JJ	H	0-0,3,0 0,3-0,6	18,19 23,99	22,94 11,24	49,60 33,31	30,24 22,86
0,00-0,24 m			0-0,3,0 0,3-0,6 priemer	33,36 29,08 31,22	27,73 16,46 22,10	60,38 32,69 46,54	40,49 26,08 33,29
0,00-0,12 m			0-0,3,0 0,3-0,6 priemer	37,85 34,43 36,14	23,94 32,32 22,63	52,29 29,58 40,94	38,03 28,44 33,24
Priemer/Average				33,68	22,37	43,74	33,27
<hr/>							
Zdroj		S_x^2	N	V	F	Preukaznosť ²	
faktory / factors		45168,873	10	4516,8870	11,502	0,0000	
rok / yield		20143,564	2	10071,7800	25,648	0,0000 ⁺⁺	
obrábanie / tillage		140,836	1	140,8360	0,359	0,5565	
plodina / crop		12061,408	3	4020,4690	10,238	0,0000 ⁺⁺	
vrstva / depth		9461,275	1	9461,2750	24,093	0,0000 ⁺⁺	
termín / time		3361,790	3	1120,5970	2,854	0,0390 ⁺	
interakcie / interaction		14497,453	17	852,7914	2,172	0,0066	
Rok x obrábanie / yield x tillage		1067,984	2	533,9921	1,360	0,2596	
Rok x plodina / yield x crop		7520,398	6	1253,4000	3,192	0,0055 ⁺	
Obrábanie x plodina / tillage x crop		1843,136	3	614,3786	1,565	0,2000	
Rok x vrstva / yield x time		3673,685	2	1836,8430	4,678	0,0106 ⁺	
Obrábanie x vrstva / tillage x depth		18,688	1	18,6876	0,048	0,8299	
Plodina x vrstva / crop x depth		373,562	3	124,5208	0,317	0,8130	

Tabuľka 4.: Obsah N-NH₄⁺ v pôde do hĺbky 0,6 m (mg.kg⁻¹) a jeho analýza variancie v integrovanej sústave hospodárenia na pôde v rokoch 1991-1993Table 4.: Content of N-NH₄⁺ in the soil to the depth of 0,6 m (mg.kg⁻¹) and analysis of variance in integration system

Orba (m) Tillage	Predplodina Precrop	Plodina Crop	Hĺbka Depth	1991 Yield	1992 Yield	1993 Yield	Priemer Average
0,0-0,24	OP	K/S	0-0,3,0 0,3-0,6	10,55 4,18	6,95 5,59	6,78 5,40	8,09 5,06
	JJ	B/L	0-0,3,0 0,3-0,6	9,60 6,07	8,13 6,42	10,36 6,80	9,37 6,43
	KS	L	0-0,3,0 0,3-0,6	10,37 5,17	8,34 6,08	7,12 5,44	8,61 5,56
0,0-0,12	OP	K/S	0-0,3,0 0,3-0,6	10,36 6,58	6,99 4,91	7,78 7,32	8,38 6,27
	JJ	B/L	0-0,3,0 0,3-0,6	13,40 7,74	7,91 5,65	6,22 4,78	9,18 6,06
	KS	L	0-0,3,0 0,3-0,6	11,28 4,39	6,63 5,57	10,40 7,06	9,44 5,67
0,00-0,24 m			0-0,3,0 0,3-0,6 priemer	10,16 5,12 7,64	7,81 6,03 6,92	8,10 5,83 7,00	8,69 5,68 7,19
0,00-0,12 m			0-0,3,0 0,3-0,6 priemer	11,68 6,24 8,94	7,18 5,38 3,28	8,10 6,38 7,28	8,99 6,00 7,50
Priemer/Average				8,30	6,60	7,18	7,36
Zdroj							
			Sx ²	N	V	F	Preukaznosť
faktory / factors			997,92455	9	110,88051	9,915	0,0000
rok / yield			311,81937	2	155,90969	13,941	0,0000 ⁺⁺
obrábanie / tillage			14,10628	1	14,10628	1,261	0,2640
plodina / crop			16,58174	2	8,29187	0,741	0,4790
vrstva / depth			344,69017	1	144,69017	30,821	0,0000 ⁺⁺
termín / time			310,72499	3	103,57500	9,261	0,0000 ⁺⁺
interakcie / interaction			2029,3779	31	65,46380	5,854	0,0000
Rok x obrábanie / yield x tillage			8,5577	2	4,27884	0,383	0,6831
Rok x plodina / yield x crop			14,9893	4	3,74733	0,335	0,8538
Obrábanie x plodina / tillage x crop			8,4089	2	4,20445	0,376	0,6876
Rok x vrstva / yield x time			83,4848	2	41,74239	3,732	0,0272+
Obrábanie x vrstva / tillage x depth			0,0327	1	0,03270	0,003	0,9576
Plodina x vrstva / crop x depth			4,0439	2	2,02197	0,181	0,8349
Rok x termín / yield x time			1484,8852	6	247,48087	22,129	0,0000 ⁺⁺

Tabuľka 5.: Obsah N- NO₃⁺ v pôde do hĺbky 0,6 m (mg.kg⁻¹) a jeho analýza variancie v integrovanej sústave hospodárenia na pôde v rokoch 1991-1993Table 5.: Content of N-NO₃⁺ in the soil to the depth of 0,6 m (mg.kg⁻¹) and analysis of variance in integration system during 1991-1993

Orba (m) Tillage	Predplodina Precrop	Plodina Crop	Hĺbka Depth	1991 Yield	1992 Yield	1993 Yield	Priemer Average
0,0-0,24	OP	K/S	0-0,3,0	69,90	22,68	24,28	38,95
			0,3-0,6	30,45	9,00	32,20	23,88
	JJ	B/L	0-0,3,0	65,88	23,06	94,20	61,05
			0,3-0,6	53,70	7,66	54,80	38,72
	KS	L	0-0,3,0	80,90	24,46	55,50	53,62
			0,3-0,6	43,25	12,78	45,80	33,94
0,0-0,12	OP	K/S	0-0,3,0	67,63	18,00	61,90	49,18
			0,3-0,6	23,45	10,44	38,60	24,17
	JJ	B/L	0-0,3,0	77,23	15,56	69,60	55,13
			0,3-0,6	40,23	8,06	29,20	25,83
	KS	L	0-0,3,0	49,30	19,84	62,20	43,78
			0,3-0,6	38,78	15,64	43,00	32,47
0,00-0,24 m			0-0,3,0	72,33	23,40	64,70	53,48
			0,3-0,6	42,45	9,81	44,30	32,19
			priemer	57,35	16,61	54,50	42,82
0,00-0,12 m			0-0,3,0	64,72	18,80	64,60	49,37
			0,3-0,6	34,20	11,38	35,90	27,49
			priemer	49,96	15,09	50,80	38,62
Priemer/Average				53,50	15,35	52,70	40,58
<hr/>							
Zdroj		Sx ²	N	V	F	Preukaznosť	
faktory / factors		81353,402	9	9039,2670	13,690	0,0000	
rok / yield		40811,077	2	20405,5380	30,904	0,0000 ⁺⁺	
obrábanie / tillage		762,450	1	762,4500	1,155	0,2851	
plodina / crop		2264,748	2	1132,3740	1,715	0,1851	
vrstva / depth		17241,222	1	17241,2220	26,111	0,0000 ⁺⁺	
termín / time		20273,905	3	6757,9680	10,235	0,0000 ⁺⁺	
<hr/>							
interakcie / interaction		50267,420	31	1621,5297	2,456	0,0004	
Rok x obrábanie / yield x tillage		210,679	2	105,3394	0,160	0,8528	
Rok x plodina / yield x crop		1827,996	4	456,9990	0,692	0,5991	
Obrábanie x plodina / tillage x crop		805,955	2	402,9773	0,610	0,5451	
Rok x vrstva / yield x time		2172,711	2	1086,3557	1,645	0,1980	
Obrábanie x vrstva / tillage x depth		1,090	1	1,0903	0,002	0,9681	
Plodina x vrstva / crop x depth		687,754	2	343,8770	0,521	0,5956	
Rok x termín / yield x time		27781,749	6	4630,2915	7,012	0,0000 ⁺⁺	

Tabuľka 6.: Obsah N-Nan v pôde do hĺbky 0,6 m (mg.kg^{-1}) a jeho analýza variancie v integrovanej sústave hospodárenia na pôde v rokoch 1991-1993Table 6.: Content of N-Nan in the soil to the depth of 0,6 m (mg.kg^{-1}) and analysis of variance in integration system

Orba (m) Tillage	Predplodina Precrop	Plodina Crop	Hĺbka Depth	1991 Yield	1992 Yield	1993 Yield	Priemer Average
0,0-0,24	OP	K/S	0-0,3,0	80,44	29,52	51,10	53,72
			0,3-0,6	34,62	14,60	37,00	28,94
	JJ	B/L	0-0,3,0	75,47	31,20	104,60	70,42
			0,3-0,6	59,76	14,12	61,50	45,13
0,0-0,12	OP	K/S	0-0,3,0	91,26	37,54	62,60	63,80
			0,3-0,6	48,34	18,86	51,30	39,50
	JJ	B/L	0-0,3,0	90,62	26,28	75,80	64,23
			0,3-0,6	47,96	17,72	34,00	33,27
0,00-0,24 m	OP	K/S	0-0,3,0	77,98	25,00	69,70	57,56
			0,3-0,6	30,03	15,36	45,80	30,40
	JJ	B/L	0-0,3,0	90,62	26,28	75,80	64,23
			0,3-0,6	47,96	17,72	34,00	33,27
0,00-0,12 m	OP	K/S	0-0,3,0	60,44	25,86	72,70	53,00
			0,3-0,6	43,25	21,22	50,10	38,19
	JJ	B/L	0-0,3,0	76,35	25,71	72,80	58,25
			0,3-0,6	40,41	18,10	43,30	33,94
priemer			0,3-0,6	58,38	21,91	53,00	46,10
Priemer/Average				61,68	23,12	59,80	48,20
Zdroj							
Zdroj			Sx^2	N	V	F	Preukaznosť
faktory / factors			97054,0880	9	10783,7880	9,486	0,0000
rok / yield			48559,4200	2	24279,7100	21,356	0,0000**
obrábanie / tillage			671,5010	1	671,5010	0,591	0,4518
plodina / crop			2687,4300	2	1343,7150	1,182	0,3102
vrstva / depth			21853,2160	1	21853,2160	19,224	0,0000**
termín / time			23282,5210	3	7760,8400	6,827	0,0000**
interakcie / interaction							
rokoobrábanie / yieldxtillage			6497,8551	13	499,8350	0,440	0,9519
rokoobrábanie / yieldxtillage			123,9383	2	61,9691	0,055	0,9470
rokoobrábanie / yieldxtillage			1693,0663	4	423,2666	0,372	0,8282
rokoobrábanie / yieldxtillage			1000,4574	2	500,2287	0,440	0,6450
rokoobrábanie / yieldxtillage			2921,8664	2	1460,9332	1,285	0,2804
rokoobrábanie / yieldxtillage			6,2750	1	6,2750	0,006	0,9417
rokoobrábanie / yieldxtillage			752,2518	2	376,1259	0,331	0,7189

LITERATÚRA

- [1] Bednářová E., Hruška L. (1982): Vyplavování dusíku na zaorané lužné louce, In: Rostl. Výr., 28: 1051-1056
- [2] Bedrna J. (1982): Efektivnost' priemyselných hnojív v podmienkach SSR. In: Sb. ČSAZ č. 57 „Zvyšování efektivity průmyslových hnojív“, Praha: 21-30
- [3] Bielek P. (1984): Dusík v pôde a jeho premeny. Príroda, Bratislava 135 s.
- [4] Bízík J. (1989): Podmienky optimalizácie výživy rastlín dusíkom. Veda, Bratislava:192 s.
- [5] Bízík J. (1993): Akumulácia niektorých foriem dusíka v pôde pri dvoch sústavách hospodárenia. In: zb. z medzinárodnej konf. VŠP v Nitre: 22
- [6] Demo M. (1990): Vplyv rozdielného spôsobu obrábania pôdy a rôznej úrovne hospodárenia na jej agrochemické vlastnosti. Poľnohospodárstvo 1: 99-101
- [7] Hudcová M. (1986): Vlijanie kultivácii počvi na sodržanie i dynamiku mineralného azota v počve pod ozimnoj pšenicij. Sbornik, Azot-Vdobzenija-Počva-Rastenije, Praha: 38-43
- [8] Jung J. (1977): Faktoren der Stickstoffauswaschung aus dem Boden und Beziehungen zum Gemässerschutz. In: Lysimetersuchungen in der Grossanlage Limburgertof Mitteilunger für tu Landbau: 105-109
- [9] Kollár B., Cigľár J., Černuško K., Štiffel R., Fúška E. (1985): Agroekologický výskum regulácie pôdneho prostredia obrábaním na tvorbu a redukciu faktorov úrodnosti ozimnej pšenice. In: Záv. správa KPSÚ, VŠP v Nitre
- [10] Kulakovská T. N. (1982): Pôdne a agrochemické základy dosahovania vysokých úrod. Príroda, Bratislava: 251 s.
- [11] Pryczková L. (1981): Dusíkaté látky a celkový uhlík pri pestovaní ozimnej pšenice bez spracování pš. In: Rostl. Výr., 27: 431-440
- [12] Rozsypal R., Rozsypalová Z., Juřenčák J., Herman M., Novotný J. (1983): Vliv dlhodobého uplatňování minimalizace zpracování půdy na její úrodnost. In: Rostl. Výr., 19: 398-400
- [13] Řídky K. (1979): Osevní postupy a činnost půdních mikroorganismů. In: Rostl. Výr., 25: 1123-1132
- [14] Sotáková S. (1982): Organická hmota a úrodnost' pôdy. Príroda, Bratislava: 158 s.
- [15] Ulmann L. (1985): Dosavadní poznatky z rozborů na půdní dusík. In: Agrochémia 25: 358
- [16] Vostál J., Vlková O. (1986): Dusík v půdách různých stanovišt. In: Sborník Agrochemické dny, Brno: 122-126.

Jozef Smatana, jozef.smatana@uniag.sk, * to whom correspondence should be addressed
 Department of Farming Systems, Faculty of Agronomy, the Slovak Agricultural University in Nitra,
 A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovakia,
 tel.: + 421 37 65 08 200