

Acta fytotechnica et zootechnica 4  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2009, s. 85–90

## STANOVENIE OBSAHOV $N_{AN}$ V MOKREJ A SUCHEJ VZORKE PŮDY A ICH VZŤAH K ÚRODE SLNEČNICE ROČNEJ

### DETERMINATION OF $N_{AN}$ CONTENTS IN WET AND DRY SOIL SAMPLES AND THEIR RELATION TO YIELD OF SUNFLOWERS

Peter KOVÁČIK, Martina GALLIKOVÁ

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

The field experiment was performed on the brown soil with slight-acid to neutral soil reaction and medium content of  $N_{an}$  in locality of Veľké Ripňany (48° 30' N, 18° 00' E). Impact of natural drying of soil samples on  $N_{an}$  content in the soil and sunflower seed yields was investigated. The relationship between determined  $N_{an}$  content and production characteristics (achene yields, thousand seed weight), respectively, was examined by linear regression analysis. Values of  $N_{an}$  content in soil at the beginning of vegetation (BBCH 14–16) showed a positive correlation with yield of sunflower and thousand seed weight. Higher content of  $N_{an}$  in soil in the later growth stage (BBCH 35–38) significantly decreased yields of sunflower. However, it was caused mainly by increased content of  $N-NO_3^-$ . The relationship between content of  $N_{an}$  determined in dry soil at the beginning of vegetation and achene yields and thousand seed weight, respectively, was stronger than the same relation when  $N_{an}$  was determined in a fresh soil sample sampled at the same time. Conversely, the relationship (correlation) between content of  $N_{an}$  determined in dry soil in the later growth stage to yield of sunflower seeds was negative. The fresh soil sample was found to be more suitable than dry soil sample for the  $N_{an}$  content determination serving for calculation of nitrogen fertilizer rates suitable for sunflower growing on the soil where there the mineralization effect is low. As a result the higher rates of nitrogen fertilizers will be calculated. Oppositely, when sunflower is grown on fertile soil with high microbiological activity sufficient amount of  $N_{an}$  will be released during vegetation period and in this case the dry soil sample will be more appropriate for  $N_{an}$  and nitrogen rate determination. In opposite to the above stated situation, this calculation will result in lower nitrogen rate determination.

**Key words:** inorganic nitrogen, total carbon, soil sample, sunflower

Optimalizácia výživy rastlín je kľúčovým faktorom ovplyvňujúcim výšku a kvalitu úrod pestovaných plodín. Z tohto dôvodu sa systémom hnojenia rastlín zaoberá početná skupina odborníkov z celého sveta. Z nej len časť slovenských vedeckovýskumných pracovníkov (pri prezentácií svojich odporúčaní) uvádza spôsoby prípravy vzoriek pôd určených na analýzu, čo možno považovať za neuspokojivé, pretože odber a spracovanie vzoriek rozhoduje o množstve stanoveného anorganického dusíka, o pomere medzi  $N-NH_4^+$  a  $N-NO_3^-$  o vypočítanej dávke N hnojív (Bízik, 1989; Richter a i., 1997; Trávník a i., 1998; Kováčik a Zaujec, 2002; Kováčik, 2009). Na tento fakt reagovala i slovenská legislatíva a v súčasnosti (pre uskladnenie vzoriek pôd určených na analýzu na obsah  $N_{an}$ ) platí norma (ISO 14 256). Podľa nej, vzorky ktoré budú spracované do 3 dní, sa musia skladovať pri teplote 4 °C, resp. pri teplote -20 °C ak budú skladované dlhší čas, pričom pri stanovovaní aktuálneho obsahu  $N_{an}$  by sa mali analyzovať mokré, nevysušené vzorky pôd. Napriek tomuto legislatívnemu predpisu existujú vedeckovýskumné pracoviská, ktoré pre komerčné účely výpočtu dávok priemyselných hnojív stanovujú obsah  $N_{an}$  len v suchej vzorke pôdy a napriek tomu ich odporúčania vypracované pre veľkovýrobnú prax sú úspešné. Príčinu úspešnosti uvedených odporúčaní (pracujúcich s informáciou o obsahu  $N_{an}$  stanoveného na základe nerešpektovania platnej európskej normy) v nedávnej minulosti zdôvodnili Kováčik (2000) a Kováčik a Zaujec (2002). Uvedení autori uvádzajú, že pri stanovovaní obsahu  $N_{an}$  v prirodzene vysušenej vzorke pôdy sa zisťuje nielen aktuálny obsah anorganického dusíka, ale aj potenciálne prístupné množstvo dusíka tvorené veľmi rýchlo mineralizovateľným dusíkom (N anorganický + N rýchlo mineralizovateľný) ktoré dáva

informáciu nielen o aktuálnom obsahu  $N_{an}$  v pôde, ale aj o obsahu dusíka, ktorý bude prístupný počas vegetácie pestovanej rastliny. V dôsledku toho sa takto stanovený dusík nemá označovať  $N_{an}$ , ale  $N_{pp}$ , t. j. dusík potenciálne prístupný (Kováčik, 2009).

Cieľom predkladaného príspevku je kvantifikovať veľkosť diferencií vo výsledkoch stanovenia  $N_{an}$  v čerstvej a suchej vzorke pôdy a zároveň zistiť ktorá zo vzoriek pôd (suchá a čerstvo odobratá) poskytuje údaje najviac korelujúce s dosiahnutými úrodami slnečnice ročnej.

## Materiál a metódy

Vplyv sušenia vzorky pôdy na obsahy  $N_{an}$  a ich vzťah k úrode slnečnice ročnej bol zisťovaný vo vzorkách pôd odobratých z poľného, maloparcelového pokusu realizovaného v lokalite obce Veľké Ripňany (48° 30' N, 18° 00' E) na hlinitej stredoeurópskej hnedozemi vyznačujúcej sa slabokyslou až neutrálnou pôdnou reakciou, strednou – vyhovujúcou zásobou  $N_{an}$ , Ca a  $C_{ox}$ , vysokou zásobou P a K a veľmi vysokou zásobou Mg (tab. 1).

Pokus bol založený blokovou metódou so šachovnicovým usporiadaním parcel pri štvornásobnom opakovaní. Modelovou plodinou bol vysoko olejnatý hybrid slnečnice ročnej PR 64 H 41, vysiaty v počte 56 000 jedincov na hektár.

Varianty pokusu a dávky živín sú uvedené v tabuľke 2. V kontrolnom variante 1 neboli použité hnojivá. V dôsledku vysokej zásoby P a K hnojív vo variantoch 2 až 7 boli aplikované len N hnojivá. Vo variantoch 2 a 3 bola aplikovaná štandardná

**Tabuľka 1** Výsledky rozborov pôdy pred založením pokusov

| Vrstva (1) | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | N <sub>an</sub> | P     | K     | Ca    | Mg  | C <sub>ox</sub> | pH/KCl |
|------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-----|-----------------|--------|
|            | v mg.kg <sup>-1</sup>          |                                |                 |       |       |       |     | v %             |        |
| 0,0–0,3    | 6,8                            | 6,0                            | 12,8            | 140,0 | 357,5 | 1 800 | 410 | 1,21            | 6,51   |
| 0,3–0,6    | 4,8                            | 7,0                            | 11,8            | 73,75 | 222,5 | 1 850 | 410 | 0,81            | 6,63   |
| 0,0–0,6    | 5,8                            | 6,5                            | 12,3            | 106,9 | 290,0 | 1 825 | 410 | 1,01            | 6,57   |

**Table 1** Results of soil analysis before the trial start (1) layer**Tabuľka 2** Varianty pokusu, termíny aplikácie a dávky dusíka

| Variant (1) |                   | Popis (4)   | Termín aplikácie a dávka N v kg.ha <sup>-1</sup> (5) |                |
|-------------|-------------------|---|--|----------------|
| Číslo (2)   | označenie (3)     |   | pred sejbou (6)                                      | 6–9 listov (7) |
| 1           | 0                 | nehnojené (8)   | 0  | 0              |
| 2           | N <sub>80J</sub>  | zvolená dávka nezohľadňujúca zásobu N <sub>an</sub> v pôde a ani plánovanú úrodu – aplikovaná jednorazovo pred sejbou (9) | 80   | 0              |
| 3           | N <sub>80D</sub>  | zvolená dávka nezohľadňujúca zásobu N <sub>an</sub> v pôde a ani plánovanú úrodu – aplikovaná delene (10)                 | 60   | 20             |
| 4           | N <sub>102J</sub> | dávka zohľadňujúca obsah N <sub>an</sub> vo vrstve 0,0–0,3 m pri jeho 100% využití – aplikovaná jednorazovo (11)          | 102  | 0              |
| 5           | N <sub>102D</sub> | dávka zohľadňujúca obsah N <sub>an</sub> vo vrstve 0,0–0,3 m pri jeho 100% využití – aplikovaná delene (12)               | 82   | 20             |
| 6           | N <sub>64J</sub>  | dávka zohľadňujúca obsah N <sub>an</sub> vo vrstve 0,0–0,6 m pri jeho 100% využití – aplikovaná jednorazovo (13)          | 64   | 0              |
| 7           | N <sub>64D</sub>  | dávka zohľadňujúca obsah N <sub>an</sub> vo vrstve 0,0–0,6 m pri jeho 100% využití – aplikovaná delene (14)               | 44   | 20             |

**Table 2** Experimental treatments, terms and amount of N application (1) treatment, (2) number, (3) designation, (4) legend, (5) date of application and dosage of N, (6) before sowing, (7) 6–9 leaves, (8) non – fertilized, (9) rate of N was not calculated on the basis of N<sub>an</sub> supply in soil and planned yield, but the rate was assessed and applied by single application, (10) like treatment 2, but two N applications, (11) rate of N was based on N<sub>an</sub> supply in soil layer of 0,0–0,3 m under the condition of 100% utilization of N<sub>an</sub> in mentioned layer, single application, (12) like treatment 4, but two N applications, (13) rate of N was based on N<sub>an</sub> supply in soil layer of 0,0–0,6 m under the condition of 100% utilization of N<sub>an</sub> in mentioned layer, single application, (14) like treatment 6, but two N applications

dávka 80 kg.ha<sup>-1</sup>. Tá nezohľadňovala zásobu N<sub>an</sub> v pôde, ale rešpektovala dlhoročné poznatky pestovateľov slnečnice (Fecenko a Ložek, 2000; Kováčik, 2009), ktorí v prípade zaradenia slnečnice do tretej a vyššej trate odporúčajú neprekračovať celkovú dávku 80 kg.ha<sup>-1</sup> N. Vo variantoch 2 a 3 sa zároveň overovalo či je vhodnejšie danú dávku aplikovať jednorazovo, alebo ju rozdeliť, pričom delenie rešpektovalo poznatok, že jednorazová dávka N aplikovaná počas vegetácie by mala byť na úrovni 20 kg.ha<sup>-1</sup>, resp., že by nemala prekročiť hodnotu 25 kg.ha<sup>-1</sup>. Vo variantoch 4 a 5 dávka priemyselného N zohľadňovala obsah N<sub>an</sub> vo vrstve pôdy 0,0–0,3 m, pričom sa kalkulovalo so 100% využitím anorganického dusíka z pôdy. Vo var. 4 bol dusík aplikovaný jednorazovo a vo variante 5 tak, aby dávka počas vegetácie bola identická s dávkou N aplikovanou počas vegetácie vo variante 3. Obdobne, dávka N vo variantoch 6 a 7 zohľadňovala obsah N<sub>an</sub>, avšak vo vrstve pôdy 0,0–0,6 m, pričom sa kalkulovalo so 100% využitím anorganického dusíka z pôdy. Vo var. 6 bol dusík aplikovaný jednorazovo a vo variante 7 tak, aby dávka počas vegetácie bola identická s dávkou N aplikovanou počas vegetácie vo variantoch 3 a 5.

V troch rastových fázach (BBCH 14–16, BBCH 30–34, BBCH 35–38) slnečnice ročnej (BBCH 14–16 = 2 až 3 pár listov – výška porastu 10–22 cm, 27. máj, 42 dní od sejby; BBCH 30–34 = 5–6 pár plne vyvinutých listov, výška porastu 50–60 cm, 9. jún, 55 dní od sejby; BBCH 35–38 = 6 pár plne vyvinutých listov – výška porastu 75 cm, 13. jún, 59 dní od sejby) sa vykonali odbery vzoriek pôdy z vrstiev 0,0–0,3 m a 0,3–0,6 m. Odobraté vzorky boli uložené do prenosnej chladničky a po ich prinesení do laboratória boli v nich okamžite stanovované obsahy N<sub>an</sub>.

V tých istých vzorkách pôd sa po dvojdňovom prirodzenom sušení v laboratóriu opätovne zistili obsahy N<sub>an</sub>. Obsahy anorganického dusíka boli súčtom obsahov amónneho a dusičnanového dusíka, pričom obsah N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> bol stanovený kolorimetricky, za použitia Nesslerovho činidla a obsah N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> bol taktiež stanovený kolorimetricky za použitia kyseliny fenol 2,4-disulfónovej. V suchých vzorkách pôd bol stanovený i C<sub>ox</sub> (Tjuring) a obsah organických látok (vážková metóda).

## Výsledky a diskusia

Z údajov prezentovaných v tabuľkách 3 a 4 vyplýva, že obsahy dusičnanového dusíka sú vyššie ako obsahy amónneho dusíka a to nezávisle od toho, či bola analyzovaná mokrá (čerstvo odobratá), alebo sušená pôda. Uvedený údaj korešponduje s poznatkami autorov stanovujúcich N<sub>an</sub> v mokrej vzorke pôdy (Petř et al., 1995; Bielek, 1998) a nekorešponduje s poznatkami autorov stanovujúcich N<sub>an</sub> v suchej vzorke pôdy (Fecenko et al., 1990; Kováčik, 2002).

Obsah N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> stanovený v čerstvej vzorke pôdy bol v priemeru vo vrstve 0,0–0,3 m vyšší 4,76-krát a vo vrstve 0,3–0,6 m 6,26-krát ako obsah N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Sušením sa rozdiely zmenšili a obsah dusičnanov bol vyšší iba 2,77-krát (0,0–0,3 m), resp. 2,64-krát (0,3–0,6 m) ako obsah amónneho dusíka. Príčinou zisteného rozdielu bola skutočnosť, že sušením sa obsahy oboch foriem dusíka zvyšovali nerovnomerne. Obsahy N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sa zvyšovali od 2 do 28,9% a obsahy N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> od 7,8 do 351,5%,

**Tabuľka 3** Obsahy  $N_{an}$ ,  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ , stanovené v čerstvej a suchej vzorke pôdy odobratej z vrstvy 0,0–0,3 m počas vegetácie slnečnice ročnej

| Vrstva (1)  | Odber (2)                 | Pôda (3)                              |            |            |                                    |            |            |                            |            |            |
|-------------|---------------------------|---------------------------------------|------------|------------|------------------------------------|------------|------------|----------------------------|------------|------------|
|             |                           | čerstvá (Č) (4) v mg.kg <sup>-1</sup> |            |            | suchá (S)(5) v mg.kg <sup>-1</sup> |            |            | rozdiel v %, Č = 100 % (6) |            |            |
|             |                           | $N_{an}$                              | $N-NH_4^+$ | $N-NO_3^-$ | $N_{an}$                           | $N-NH_4^+$ | $N-NO_3^-$ | $N_{an}$                   | $N-NH_4^+$ | $N-NO_3^-$ |
| 1           | I. 42 dní od sejby (7)    | 17,12                                 | 1,98       | 15,14      | 22,05                              | 6,59       | 15,45      | 31,3                       | 232,8      | 2,0        |
| 2           |                           | 21,98                                 | 4,74       | 17,24      | 24,84                              | 5,54       | 19,30      | 13,9                       | 16,9       | 11,9       |
| 3           |                           | 16,71                                 | 4,05       | 12,66      | 21,08                              | 6,56       | 14,52      | 12,6                       | 62,0       | 14,7       |
| 4           |                           | 17,70                                 | 4,98       | 12,72      | 23,27                              | 6,87       | 16,40      | 31,5                       | 38,0       | 28,9       |
| 5           |                           | 24,14                                 | 6,17       | 17,97      | 26,72                              | 7,75       | 18,98      | 10,7                       | 25,6       | 5,6        |
| 6           |                           | 26,67                                 | 8,33       | 18,34      | 30,82                              | 8,98       | 22,49      | 15,6                       | 7,8        | 22,6       |
| 7           |                           | 17,37                                 | 3,34       | 14,03      | 23,89                              | 7,19       | 16,69      | 37,5                       | 115,3      | 19,0       |
| Priemer (8) |                           | 20,24                                 | 4,80       | 15,44      | 24,67                              | 7,05       | 17,69      | 21,87                      | 71,2       | 14,96      |
| 1           | II. 55 dní od sejby (9)   | 21,46                                 | 1,96       | 19,50      | 29,07                              | 8,85       | 20,22      | 35,5                       | 351,5      | 3,7        |
| 2           |                           | 30,95                                 | 9,78       | 21,17      | 33,22                              | 11,22      | 22,00      | 7,3                        | 14,7       | 3,9        |
| 3           |                           | 19,69                                 | 1,98       | 17,71      | 27,25                              | 7,06       | 20,18      | 38,4                       | 256,6      | 13,9       |
| 4           |                           | 28,31                                 | 5,85       | 22,46      | 30,65                              | 6,46       | 24,19      | 8,3                        | 10,4       | 7,7        |
| 5           |                           | 13,57                                 | 2,60       | 10,98      | 18,26                              | 6,48       | 11,78      | 34,6                       | 149,2      | 7,3        |
| 6           |                           | 22,54                                 | 2,66       | 19,88      | 28,60                              | 7,62       | 20,97      | 26,9                       | 186,5      | 5,5        |
| 7           |                           | 21,05                                 | 5,23       | 15,82      | 22,34                              | 8,24       | 16,10      | 6,1                        | 57,6       | 1,8        |
| Priemer (8) |                           | 22,51                                 | 4,29       | 18,22      | 27,06                              | 7,99       | 19,35      | 22,44                      | 146,64     | 6,26       |
| 1           | III. 59 dní od sejby (10) | 27,45                                 | 2,80       | 24,65      | 34,43                              | 6,15       | 28,29      | 25,4                       | 119,6      | 14,8       |
| 2           |                           | 32,30                                 | 1,54       | 30,75      | 36,78                              | 4,34       | 32,44      | 13,9                       | 181,8      | 5,5        |
| 3           |                           | 28,79                                 | 2,80       | 25,99      | 35,32                              | 7,97       | 27,35      | 22,7                       | 184,6      | 5,2        |
| 4           |                           | 16,28                                 | 1,54       | 14,74      | 23,71                              | 5,55       | 18,16      | 45,6                       | 260,4      | 23,2       |
| 5           |                           | 14,64                                 | 2,81       | 11,83      | 23,57                              | 9,74       | 13,83      | 61,0                       | 246,6      | 16,9       |
| 6           |                           | 19,86                                 | 2,19       | 17,67      | 23,77                              | 5,54       | 18,23      | 19,7                       | 153,0      | 3,2        |
| 7           |                           | 19,93                                 | 2,21       | 17,72      | 23,49                              | 5,54       | 17,95      | 16,5                       | 150,7      | 1,3        |
| Priemer (8) |                           | 22,75                                 | 2,27       | 20,48      | 28,72                              | 6,40       | 22,32      | 29,26                      | 185,24     | 10,01      |

**Table 3** Content of  $N_{an}$ ,  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ , determined in fresh and dry soil in a soil layer of 0,0–0,3 m during growing sunflower (1) treatment, (2) date of soil sampling, (3) soil, (4) fresh soil, (5) dry soil, (6) differences, (7) 42 days after sowing, (8) average, (9) 55 days after sowing, (10) 59 days after sowing**Tabuľka 4** Obsahy  $N_{an}$ ,  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ , stanovené v čerstvej a suchej vzorke pôdy odobratej z vrstvy 0,3–0,6 m počas vegetácie slnečnice ročnej

| Vrstva (1)  | Odber (2)                 | Pôda (3)                              |            |            |                                    |            |            |                            |            |            |
|-------------|---------------------------|---------------------------------------|------------|------------|------------------------------------|------------|------------|----------------------------|------------|------------|
|             |                           | čerstvá (Č) (4) v mg.kg <sup>-1</sup> |            |            | suchá (S)(5) v mg.kg <sup>-1</sup> |            |            | rozdiel v %, Č = 100 % (6) |            |            |
|             |                           | $N_{an}$                              | $N-NH_4^+$ | $N-NO_3^-$ | $N_{an}$                           | $N-NH_4^+$ | $N-NO_3^-$ | $N_{an}$                   | $N-NH_4^+$ | $N-NO_3^-$ |
| 1           | I. 42 dní od sejby (7)    | 14,47                                 | 1,98       | 12,49      | 19,87                              | 4,96       | 14,92      | 29,2                       | 150,5      | 19,5       |
| 2           |                           | 19,33                                 | 3,36       | 15,97      | 24,04                              | 6,04       | 17,99      | 40,0                       | 79,8       | 12,6       |
| 3           |                           | 12,98                                 | 1,95       | 11,02      | 19,55                              | 4,95       | 14,60      | 2,8                        | 153,8      | 32,5       |
| 4           |                           | 12,43                                 | 1,97       | 10,46      | 19,79                              | 5,01       | 14,78      | 63,0                       | 154,3      | 41,3       |
| 5           |                           | 16,73                                 | 3,36       | 13,37      | 19,85                              | 5,58       | 14,27      | 68,7                       | 66,1       | 6,7        |
| 6           |                           | 18,05                                 | 4,05       | 14,00      | 22,23                              | 5,53       | 16,70      | 19,9                       | 36,5       | 19,3       |
| 7           |                           | 14,21                                 | 1,26       | 12,95      | 19,97                              | 3,92       | 16,05      | 40,5                       | 211,1      | 23,9       |
| Priemer (8) |                           | 15,46                                 | 2,56       | 12,89      | 20,76                              | 5,35       | 15,62      | 37,73                      | 121,7      | 22,26      |
| 1           | II. 55 dní od sejby (9)   | 12,44                                 | 1,28       | 11,16      | 22,95                              | 8,26       | 14,70      | 84,5                       | 545,3      | 31,7       |
| 2           |                           | 12,11                                 | 1,87       | 10,24      | 18,90                              | 5,91       | 12,99      | 56,1                       | 216,0      | 26,9       |
| 3           |                           | 14,94                                 | 1,30       | 13,65      | 20,63                              | 5,91       | 14,73      | 38,1                       | 354,6      | 7,9        |
| 4           |                           | 11,36                                 | 2,55       | 8,81       | 15,68                              | 5,92       | 9,76       | 38,0                       | 132,2      | 10,8       |
| 5           |                           | 11,91                                 | 1,89       | 10,02      | 17,22                              | 5,48       | 11,74      | 44,6                       | 189,9      | 17,2       |
| 6           |                           | 10,50                                 | 1,29       | 9,21       | 14,16                              | 3,54       | 10,63      | 34,9                       | 174,4      | 15,4       |
| 7           |                           | 11,84                                 | 1,29       | 10,55      | 18,00                              | 5,90       | 12,10      | 52,0                       | 357,4      | 14,7       |
| Priemer (8) |                           | 12,16                                 | 1,64       | 10,52      | 18,22                              | 5,85       | 12,38      | 49,74                      | 281,4      | 18,70      |
| 1           | III. 59 dní od sejby (10) | 19,26                                 | 1,57       | 17,69      | 26,48                              | 6,14       | 20,33      | 37,5                       | 291,1      | 14,9       |
| 2           |                           | 12,42                                 | 0,89       | 11,52      | 17,39                              | 3,76       | 13,63      | 40,0                       | 322,5      | 5,2        |
| 3           |                           | 21,35                                 | 1,53       | 19,82      | 23,96                              | 3,15       | 20,81      | 12,2                       | 105,9      | 5,0        |
| 4           |                           | 10,09                                 | 1,51       | 8,58       | 16,45                              | 5,55       | 10,91      | 63,0                       | 267,5      | 27,2       |
| 5           |                           | 13,55                                 | 2,09       | 11,46      | 21,74                              | 9,74       | 12,00      | 48,6                       | 366,0      | 4,7        |
| 6           |                           | 16,22                                 | 2,17       | 14,04      | 19,44                              | 3,75       | 15,69      | 19,9                       | 172,8      | 11,8       |
| 7           |                           | 14,26                                 | 2,16       | 12,10      | 18,47                              | 4,34       | 14,14      | 9,5                        | 100,9      | 16,9       |
| Priemer (8) |                           | 15,31                                 | 1,703      | 13,60      | 20,56                              | 5,20       | 15,36      | 35,81                      | 232,4      | 12,24      |

**Table 4** Content of  $N_{an}$ ,  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ , determined in fresh and dry soil in a soil layer of 0,0–0,6 m during growing sunflower (1) treatment, (2) date of soil sampling, (3) soil, (4) fresh soil, (5) dry soil, (6) differences, (7) 42 days after sowing, (8) average, (9) 55 days after sowing, (10) 59 days after sowing

**Tabuľka 5** Vzťah medzi úrodou nažiek slnečnice a formami anorganického dusíka stanoveného v čerstvo odobratej a v sušenej vzorke pôdy (vrstva 0,0–0,3 m)

| Odber (1) | Pôda na analýzu (2) | Parameter (3) |               |            |            |             |               |            |            |
|-----------|---------------------|---------------|---------------|------------|------------|-------------|---------------|------------|------------|
|           |                     | závislý (4)   | nezávislý (5) |            |            | závislý (4) | nezávislý (5) |            |            |
|           |                     |               | $N_{an}$      | $N-NH_4^+$ | $N-NO_3^-$ |             | $N_{an}$      | $N-NH_4^+$ | $N-NO_3^-$ |
| I.        | mokrú (6)           | úroda (8)     | 0,451         | 0,550      | 0,283      | HTN         | 0,620         | 0,501      | 0,604      |
|           | suchú (7)           |               | 0,680         | 0,910**    | 0,509      |             | 0,663         | 0,812*     | 0,538      |
| II.       | mokrú (6)           |               | -0,399        | -0,346     | -0,332     |             | -0,515        | -0,679     | -0,257     |
|           | suchú (7)           |               | -0,527        | -0,508     | -0,373     |             | -0,280        | -0,310     | -0,274     |
| III.      | mokrú (6)           |               | -0,793*       | 0,072      | -0,795*    |             | -0,357        | 0,486      | -0,396     |
|           | suchú (7)           |               | -0,907**      | 0,108      | -0,864*    |             | -0,346        | 0,300      | -0,397     |

HTN – hmotnosť tisícich nažiek

HTN – thousand seed weight

**Table 5** Correlation between achene yield and  $N_{an}$ ,  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$  determined in fresh and dry soil (layer 0,0–0,3 m) (1) sample, (2) soil, (3) parameter, (4) dependent, (5) independent, (6) fresh soil, (7) dry soil, (8) achene yield**Tabuľka 6** Vzťah medzi úrodou nažiek slnečnice a formami anorganického dusíka stanoveného v čerstvo odobratej a v sušenej vzorke pôdy (vrstva 0,0–0,6 m)

| Odber (1) | Pôda k analýze (2) | Parameter (3) |               |            |            |             |               |            |            |
|-----------|--------------------|---------------|---------------|------------|------------|-------------|---------------|------------|------------|
|           |                    | závislý (4)   | nezávislý (5) |            |            | závislý (4) | nezávislý (5) |            |            |
|           |                    |               | $N_{an}$      | $N-NH_4^+$ | $N-NO_3^-$ |             | $N_{an}$      | $N-NH_4^+$ | $N-NO_3^-$ |
| I.        | mokrú (6)          | úroda (8)     | 0,302         | 0,444      | 0,146      | HTN         | 0,510         | 0,539      | 0,413      |
|           | suchú (7)          |               | 0,434         | 0,622      | 0,347      |             | 0,479         | 0,825*     | 0,340      |
| II.       | mokrú (6)          |               | -0,567        | -0,341     | -0,539     |             | -0,631        | -0,679     | -0,355     |
|           | suchú (7)          |               | -0,771*       | -0,695     | -0,629     |             | -0,349        | -0,393     | -0,322     |
| III.      | mokrú (6)          |               | -0,663        | 0,530      | -0,706     |             | -0,134        | 0,640      | -0,193     |
|           | suchú (7)          |               | -0,775*       | 0,173      | -0,761*    |             | -0,086        | 0,349      | -0,212     |

HTN – hmotnosť tisícich nažiek

HTN – thousand seed weight

**Table 6** Correlation between achene yield and  $N_{an}$ ,  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$  determined in fresh and dry soil (layer 0,0–0,6 m) (1) sample, (2) soil, (3) parameter, (4) dependent, (5) independent, (6) fresh soil, (7) dry soil, (8) achene yield

t. j. sušením sa zvyšovali najmä obsahy amónneho dusíka. Uvedené nepotvrďujú zistenia Kováčika a Zaujeca (2002) uvádzajúcich, že sušením antropogénnej pôdy sa zvyšuje najmä obsah dusičnanového dusíka.

Vo vrstve 0,0–0,3 m nárasty hladín  $N-NH_4^+$  sa pohybovali v intervale 7,8–260,4 %, čo v priemere predstavovalo 134,36 % zvýšenia. Obsahy  $N-NO_3^-$  sa zvyšovali od 1,3 % po 28,9 % a v priemere ich zvýšenia boli na úrovni 10,41 % (tab. 3).

Sušením vzoriek odobratých z hlbšej vrstvy pôdy sa obsahy  $N-NH_4^+$  v priemere zvýšili až o 211,84 % a obsahy  $N-NO_3^-$  len o 17,73 % (tab. 4). Z uvedeného je zrejmé, že vo vzorkách odobratých z hlbších vrstiev pôdy sušenie percentuálne viac zvyšovalo obsahy anorganického dusíka ako zo vzoriek odobratých z vrchnej vrstvy pôdy. Zároveň sa zistilo, že sušením sa viac zvyšuje hladina  $N-NH_4^+$  ako  $N-NO_3^-$ . Pravdepodobnou príčinou tohto javu je skutočnosť, že na proces sušenia lepšie reagovala mineralizačná ako nitrifikačná mikroflóra.

Obsah anorganického dusíka stanovený vo vrstve 0,0–0,3 m sa sušením zvýšil od 6,1 do 61 %, v priemere 24,5 %, čo je v porovnaní s poznatkami Bízika (1989) výrazne menší nárast (tab. 3). Uvedený autor zistil, že sušením sa obsahy  $N_{an}$  v priemere zvyšujú o 150 %. Kováčik a Zaujec (2002) konštatujú, že percentuálne vyššie nárasty obsahov  $N_{an}$  sa zaznamenávajú na vzorkách pôd odobraných z hlbších vrstiev pôdy. Nami zistené údaje to potvrdzujú. Vo vrstve 0,3–0,6 m sa obsahy  $N_{an}$  v priemere zvýšili o 41,09 %, čo v porovnaní s vrstvou 0,0–0,3 m je výraznejšie zvýšenie (tab. 4).

Štatistickým hodnotením (lineárnou regresnou analýzou) sa zistilo, že v počiatočnom období vegetácie (I. odber – 42 dní

od sejby), obsah dusíka v pôde pozitívne vplýval na výšku úrody nažiek a na hmotnosť tisícich nažiek (tab. 5). V neskoršom období, 55 dní a najmä 59 dní od sejby, zvýšená hladina anorganického dusíka v pôde pôsobila na tvorbu úrody nažiek slnečnice štatisticky preukazne negatívne, na čom sa podieľal najmä obsah dusičnanového dusíka. Toto zistenie je v kontraste s poznatkami Ivaniča et al. (1984), Marschnera (2005) považujúcich dusičnanový dusík za pozitívnejšie vplyvajúci na úrodu pestovaných rastlín ako dusík amónny. Na strane druhej tento poznatok je v súlade s poznatkami Kováčika (2002) uvádzajúceho, že vplyv jednotlivých foriem dusíka na tvorbu úrody pestovaných rastlín je závislý od druhu pestovanej plodiny a hladiny  $N_{an}$  v pôde.

V počiatočnom období vegetácie (odber č. I) sa zistil výraznejšie kladný vzťah medzi obsahom anorganického dusíka a úrodou, resp. medzi  $N_{an}$  a hmotnosťou tisícich nažiek ak bol obsah  $N_{an}$  stanovený v suchej vzorke pôdy (tab. 5 a 6). Naopak, v neskoršom období (odber č. II a III) obsahy stanovené v suchej vzorke pôdy vykazovali výrazne zápornejší vzťah k výške úrody ako obsahy stanovené v čerstvej vzorke pôdy.

Kladný vzťah medzi  $N_{an}$  a úrodou nažiek v počiatočnom období (I. odber) a negatívny vzťah medzi  $N_{an}$  a úrodou nažiek v neskoršom období vegetácie (odber. II. a III.) bol zistený nezávisle od toho, či sa obsah anorganického dusíka zisťoval v mokrej alebo v suchej vzorke pôdy (tab. 5). Na základe uvedených zistení možno konštatovať: „Úroda slnečnice je v počiatočnom období vegetácie pozitívne ovplyvňovaná zvýšenou hladinou  $N_{an}$  a v neskoršom období vegetácie reaguje na vyššiu

**Tabuľka 7** Vzťah medzi úrodou nažiek slnečnice a obsahmi  $C_{ox}$  a organických látok v pôde

| Hĺbka v m (1) | Parameter (2) |               |        |        |        |        |                     |
|---------------|---------------|---------------|--------|--------|--------|--------|---------------------|
|               | závislý (3)   | nezávislý (4) |        |        |        |        | organické látky (5) |
| $C_{ox}$      |               | odber (6)     |        |        |        |        |                     |
|               |               | I.            | II.    | III.   | I.     | II.    | III.                |
|               |               | r             |        |        |        |        |                     |
| 0,0–0,3       | úroda (7)     | -0,033        | -0,621 | 0,095  | 0,165  | -0,099 | 0,004               |
| 0,3–0,6       |               | -0,530        | -0,447 | -0,137 | -0,136 | -0,199 | 0,294               |

**Table 7** Correlation between achene yield and content of  $C_{ox}$  and organic substances (1) depth, (2) parameter, (3) dependent, (4) independent, (5) organic substances, (6) sample, (7) achene yield**Tabuľka 8** Zmena obsahov celkového uhlíka a organických látok v pôde počas vegetácie slnečnice ročne v priemere za všetky varianty pokusu

| Hĺbka v m (1) | $C_{ox}$ v % |        |        |        |             | Organické látky (2) v % |        |        |
|---------------|--------------|--------|--------|--------|-------------|-------------------------|--------|--------|
|               | odber (3)    |        |        |        |             |                         |        |        |
|               | PZP          | I.     | II.    | III.   | priemer (4) | I.                      | II.    | III.   |
| 0,0–0,3       | 1,21         | 1,1618 | 1,0605 | 1,1812 | 1,1345      | 4,4789                  | 4,6308 | 4,7826 |
| 0,3–0,6       | 0,81         | 0,8735 | 0,8770 | 0,9819 | 0,9108      | 4,1929                  | 4,3286 | 4,4465 |

**Table 8** Change of the total carbon and organic substances contents in soil during a vegetation period of sunflower (average of all experimental treatments) (1) depth, (2) organic substances, (3) sample (4) average

hladinu anorganického dusíka negatívne; pre výpočet dávok hnojív k slnečnici pestovanej na pôde v ktorej sa v procese mineralizácie uvoľňuje málo  $N_{an}$  je vhodnejšie stanovovať obsah  $N_{an}$  v mokrej vzorke pôdy v dôsledku čoho sa stanoví vyššia dávka hnojív. Naopak, pri pestovaní slnečnice na humóznej, mikrobiologicky aktívnej pôde, kde počas vegetácie sa bude uvoľňovať dostatočné množstvo  $N_{an}$  je vhodnejšie pre výpočet dávok hnojív analyzovať suchú vzorku pôdy čím sa vypočíta menšia dávka N hnojív.

Na negatívnom vzťahu medzi úrodou a obsahom anorganického dusíka v pôde (III. odber, tab. 5) sa podieľal najmä dusičnanový dusík ako dôsledok skutočnosti, že v tomto období bolo v pôde 3,5 až 9 x viac dusičnanového ako amónneho dusíka (tab. 3).

Z údajov prezentovaných v tabuľke 6 je zrejme, že na úrodu nažiek má výraznejší vplyv, a to ako v kladnom, tak i v zápornom zmysle, dusík nachádzajúci sa vo vrstve 0,0–0,3 m ako dusík nachádzajúci sa vo vrstve 0,0–0,6 m.

Mortvedt et al. (2004), Richter et al. (2004), Málek et al., (2005) odporúčajú pri výpočte dávok N hnojív rešpektovať okrem zásoby  $N_{an}$  aj obsah uhlíka v pôde. Štatisticky vyjadrená závislosť medzi úrodou nažiek a obsahmi celkového uhlíka, resp. organických látok v pôde prezentovaná v tabuľke 7 tento názor nepodporuje.

Pozoruhodné je zistenie, že varianty pokusu výrazne nemenili obsahy uhlíka (tab. 8). Priemerná diferencia v obsahoch  $C_{ox}$  stanovených pred založením pokusu a počas vegetácie bola -0,0755 % (vrstva 0,0–0,3 m) a +0,1008 % (vrstva 0,3–0,6 m). Obsahy  $C_{ox}$  počas pokusu boli vo vrchnej vrstve pôdy menšie a v nižšej vrstve vyššie ako pred založením pokusu. Zistené nekorešponduje s tvrdením Sotákovej (1982), že priemyselné hnojivá negatívne vplyvajú na hladinu organickej hmoty v pôde. Naopak, v prezentovanom pokuse s postupujúcou rastovou fázou obsahy organických látok (nie  $C_{ox}$ ) stúpali, ako dôsledok dobrého prekorenenia pôdy rastlinami slnečnice.

## Záver

Sušením vzoriek pôd sa obsah anorganického dusíka vo vzorkách pôd odobratých z vrstiev 0,0–0,3 m a 0,3 až 0,6 m zvyšoval od 2,8 do 84,5 %, na čom sa podieľalo najmä zvýšenie obsahov amónneho dusíka. Nárasty amónneho dusíka varírovali od 7,8 do 366 % a v priemere dosahovali úroveň 173,1 %. Zvýšenia obsahov dusičnanového dusíka boli výrazne nižšie a v priemere boli na úrovni 14,07 %. Sušením vzoriek nedošlo k prevýšeniu hladiny amónneho dusíka nad hladinou dusičnanového dusíka v dôsledku čoho možno konštatovať, že výsledky autorov uvádzajúcich vyšší obsah  $N-NH_4^+$  ako  $N-NO_3^-$  nie sú výsledkom len sušenia vzoriek pôd.

Lineárnou regresnou analýzou sa zistilo, že v počiatočnom období vegetácie (BBCH 14–16), obsah dusíka v pôde pozitívne vplýval na výšku úrody nažiek a na hmotnosť tisícich nažiek. V neskoršom období (BBCH 35–38) zvýšená hladina anorganického dusíka v pôde pôsobila na tvorbu úrody nažiek slnečnice štatisticky preukazne negatívne, na čom sa podieľal najmä obsah dusičnanového dusíka.

V počiatočnom období vegetácie sa zistil výraznejší vzťah medzi obsahom anorganického dusíka a úrodou, resp. hmotnosťou tisícich nažiek ak obsah  $N_{an}$  bol stanovovaný v suchej vzorke pôdy. Naopak v neskoršom období obsahy stanovené v suchej vzorke pôdy vykazovali výrazne záporný vzťah k výške úrody.

Úroda slnečnice je v počiatočnom období vegetácie pozitívne ovplyvňovaná zvýšenou hladinou  $N_{an}$  a naopak, v neskoršom období vegetácie reaguje na vyššiu hladinu anorganického dusíka negatívne.

Pre výpočet dávok hnojív k slnečnici pestovanej na pôde v ktorej sa v procese mineralizácie uvoľňuje málo  $N_{an}$  je vhodnejšie stanovovať obsah  $N_{an}$  v mokrej vzorke pôdy v dôsledku čoho sa stanoví vyššia dávka hnojív. Naopak, pri pestovaní slnečnice na humóznej, mikrobiologicky aktívnej pôde, kde sa počas vegetácie bude uvoľňovať dostatočné množstvo  $N_{an}$  je vhodnejšie pre výpočet dávok hnojív analyzovať suchú vzorku pôdy čím sa vypočíta menšia dávka N hnojív.

Nezistila sa závislosť medzi úrodou nažiek a obsahmi celkového uhlíka, resp. obsahmi organických látok.

Aplikáciou priemyselného dusíka sa obsahy celkového uhlíka v pôde menili nevýrazne.

## Súhrn

Vo vzorkách pôd odobratých z poľného, maloparcelového pokusu realizovaného v lokalite obce Veľké Ripňany (48° 30' N, 18° 00' E) na hlinitej stredoeurópskej hnedozemi vyznačujúcej sa slabokyslou až neutrálnou pôdnou reakciou, strednou zásobou  $N_{an}$  sa zistoval vplyv sušenia vzorky pôdy na obsahy  $N_{an}$  a ich vzťah k úrode slnečnice ročne. Lineárnou regresnou analýzou sa zistilo, že v počiatočnom období vegetácie (BBCH 14–16), obsah dusíka v pôde pozitívne vplýval na výšku úrody nažiek a na hmotnosť tisícich nažiek V neskoršom období (BBCH 35–38) zvýšená hladina anorganického dusíka v pôde pôsobila na tvorbu úrody nažiek slnečnice štatisticky preukazne negatívne, na čom sa podieľal najmä obsah dusičnanového dusíka. V počiatočnom období vegetácie sa zistil výraznejší vzťah medzi obsahom anorganického dusíka a úrodou, resp. hmotnosťou tisícich nažiek ak obsah  $N_{an}$  bol stanovený v suchej vzorke pôdy. Naopak v neskoršom období obsahy stanovené v suchej vzorke pôdy vykazovali výrazne záporný vzťah k výške úrody. Úroda slnečnice je v počiatočnom období vegetácie pozitívne ovplyvňovaná zvýšenou hladinou  $N_{an}$  a naopak, v neskoršom období vegetácie reaguje na vyššiu hladinu anorganického dusíka negatívne. Pre výpočet dávok hnojív k slnečnici pestovanej na pôde v ktorej sa v procese mineralizácie uvoľňuje málo  $N_{an}$  je vhodnejšie stanovovať obsah  $N_{an}$  v mokrej vzorke pôdy v dôsledku čoho sa stanoví vyššia dávka hnojív. Naopak, pri pestovaní slnečnice na humóznej, mikrobiologicky aktívnej pôde, kde počas vegetácie sa bude uvoľňovať dostatočné množstvo  $N_{an}$  je vhodnejšie pre výpočet dávok hnojív analyzovať suchú vzorku pôdy čím sa vypočíta menšia dávka N hnojív.

**Kľúčové slová:** anorganický dusík, celkový uhlík, pôdna vzorka, slnečnica

## Literatúra

BIELEK, P. 1998. Dusík v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. Bratislava : VÚPÚ, 1998, 255 s. ISBN 80-85361-44-2.

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

FECENKO, J. – LOŽEK, O. 2000. Výživa a hnojenie poľných plodín. Nitra : SPU v spolupráci s Duslom, a.s. Šaľa, 2000, 452 s. ISBN 80-7137-777-5.

FECENKO, J. – BÍZIK, J. – LOŽEK, O. – KOVÁČIK, P. 1990. Optimalizácia minerálnej výživy jarného jačmeňa na podklade využitia progresívnych informácií. Záverečná správa. Nitra : VŠP, 1990, 83 s.

IVANIČ, J. – HAVELKA, B. – KNOP, K. 1984. Výživa a hnojenie rastlín. Bratislava – Praha : Príroda – SZN, 1984, 488 s.

KOVÁČIK, P. 2000. Vplyv doby spracovania pôdnej vzorky na stanovený obsah  $N_{an}$ . In: Aktuálne problémy riešené v agrokomplexe. Nitra : SPU, 2000, s. 137–138. ISBN 80-7137-801-1.

KOVÁČIK, P. 2009. Výživa a systémy hnojenia rastlín. České Budějovice : Kurent, s.r.o., 2009, 109 s. ISBN 978-80-87111-16-1.

RICHTER, R. a kol. 1997. Výživa a hnojenie rastlín – díl II (studijní materiál pro vzdělávací kurz). Brno : MZLU, 1997, 78 s.

RICHTER, R. a kol. 2004. Multimediální učební texty z výživy a hnojenie poľných plodín. Brno : MZLU, 2004. [http://www.af.mendelu.cz/ustav/221/multitexty\\_2/index.htm](http://www.af.mendelu.cz/ustav/221/multitexty_2/index.htm).

MARCHNER, H. 2005. Mineral nutrition of higher plants. Second edition, London : Academic press, 2005, 889 s. ISBN 0-12-473543-6.

KOVÁČIK, P. 2002. Frakcie dusíka v pôde a ich využitie vo výžive rastlín. Habilitačná práca, Nitra : SPU, 2002, 172 s.

KOVÁČIK, P. – ZAUJEC, A. 2002. Vplyv doby spracovania pôdnej vzorky na stanovený obsah  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$  a  $N_{an}$ . In: Acta fytotechnica et zootechnica. roč. 2002, č. 1, s. 14–18.

MÁLEK, B. a kol. 2005. Metodika pěstování slnečnice. Praha : Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, 2005, 65 s.

MORTVEDT, J. J. – JOHNSON, D. L. – CROISSANT, R. L. 2004. Fertilizing Sunflowers. Available online: <http://www.ext.colostate.edu/pubs/crops/00543.html> [2004 August 23].

PETR, J. – VANĚK, V. – PROCHÁZKOVÁ, J. – NAJMANOVÁ, J. 1995. Vliv dlouhodobého hnojení na obsah minerálního dusíku v půdě. In: Rostlinná výroba, roč. 41, 1995, č. 3, s. 103–108.

SOTÁKOVÁ S. 1982. Organická hmota a úrodnost půdy. Bratislava : Príroda, 1982, 234 s.

TRÁVNIK, K. – ZBÍRAL, J. – NĚMEC, P. 1998. Vliv úpravy vzorků půd na stanovení dusičnanového a amónneho dusíku. In: Odběr, skladování a zpracování půdních vzorků pro biologické a chemické analýzy. České Budějovice : ÚPB AV ČR, 1998, s. 29–34. ISBN 80-902020-3-9.

---

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Peter Kováčik, Katedra agrochémie a výživy rastlín, FAPZ, SPU v Nitre

---