

Využitie izotopu dusíka ^{15}N na štúdium kumulácie dusičnanov v zelenine

MIROSLAV MEDVEĎ - BOŽENA PECHOVÁ -
DUŠAN MIKLOVIČ - JAROSLAV PRUGAR

SÚHRN. Na modelovej plodine - špenáte (cv. *Monores*) pestovanej v poľných podmienkach južného Slovenska sú prezentované možnosti využitia izotopu dusíka ^{15}N pri štúdiu kumulácie dusičnanov v zelenine. Použitím ^{15}N možno exaktne stanoviť podiel rôznych foriem a dávok N-hnojív na kumuláciu dusičnanov v ľubovoľných častiach rastliny. Využitím ^{15}N možno bližšie špecifikovať zdroje kumulácie dusičnanov v zelenine.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: izotop ^{15}N , dusičnany, špenát

Jedným z faktorov, ktoré najviac ovplyvňujú obsah dusičnanov v zelenine je hnojenie dusíkom. Veľký počet prác uvádza, že stupňované dávky dusíka zvyšujú obsah dusičnanov v zelenine [1-5]. Kumuláciu dusičnanov v zelenine však ovplyvňujú nielen dávky dusíkatých hnojív, ale aj ich forma [4-7]. Z viacerých publikácií vyplýva zhodné stanovisko, že z dôvodu vyššej kumulácie dusičnanov v zelenine je najmenej vhodné používať liadkovú formu hnojiva. Ako najvhodnejšie dusíkaté hnojivá sa javia síran amónny a močovina [4,8,9]. Z hľadiska príjmu a kumulácie dusičnanov v zelenine sú osobitne dôležité procesy nitrifikácie a imobilizácie dusíka v pôde [4,8,10,11]. Tieto procesy sú veľmi citlivé na podmienky prostredia a závisia aj od hnojenia, najmä dusíkom. Zvýšený obsah dusičnanov v zelenine môže byť zapríčinený aj ďalšími faktormi, ktoré majú vplyv na intenzitu fotosyntézy a na metabolismus dusíka prijatého z pôdy. Sem patria najmä klimatické podmienky, hlavne teplota, slnečný svit a zrážky [12]. Z podmienok vonkajšieho prostredia, ktoré sa podieľajú na kumulácii dusičnanov v zelenine, zohrávajú významnú úlohu vlhkostné pomery. Je nesporné, že z hľadiska zvýšenia pro-

Ing. Miroslav MEDVEĎ, CSc., Ing. Božena PECHOVÁ, CSc., RNDr. Dušan MIKLOVIČ, CSc.,
Výskumný ústav pôdnej úrodnosti, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava.
Doc. Ing. Jaroslav PRUGAR, DrSc., Výskumný ústav rastlinnej výroby, Drnovská 507,
161 06 Praha 6 - Ruzyně, Česká republika.

dukcie zeleniny má veľký význam zavlažovanie. Aj na konečnom obsahu dusičnanov v zberaných produktoch zohráva zavlažovanie významnú úlohu. Odborne riadenou závlahou možno podstatne znížiť obsah dusičnanov v zelenine a závlaha sa tak môže stať jedným z prostriedkov vedúcich k zníženiu ich koncentrácie [4,8]. Zavlažovanie teda nie je jednoúčelové opatrenie na uhradenie deficitu vody v pôde, ale pôsobí aj na formovanie kvality produkcie. Pozornosť však treba venovať aj kvalite závlahovej vody, pretože zvýšený obsah dusičnanov v zelenine môže súvisieť s vysokým obsahom N-látok v závlahovej vode [4,8]. Podiel dusíka z N-hnojív a pôdy na kumulácii dusičnanov v zelenine možno najpresnejšie stanoviť pomocou izotopu dusíka ^{15}N . Jeho použitie umožňuje detailnejšie objasniť charakter vzájomného pôsobenia medzi rastlinou, pôdou a dusíkatými hnojivami. V pôdohospodárskom výskume je využitie izotopu ^{15}N zamerané hlavne na štúdium využitia dusíka z N-hnojív, bilanciu a premeny dusíka v systéme pôda - dusíkaté hnojivo - rastlina - atmosféra - voda. Využitie ^{15}N je pri riešení problematiky kumulácie nežiaducich dusičnanov v zelenine ojedinelé. Cieľom tejto práce je poukázať na možnosti využitia izotopu ^{15}N na konkrétnej plodine - špenáte.

Materiál a metódy

Špenát (cv. *Monores*) sme pestovali v maloparcelovom poľnom pokuse na hlinitej (stredne ťažkej) pôde čiernici karbonátovej, vyvinutej na aluviálnych náplavoch na Výskumno-prevádzkovej stanici Výskumného ústavu pôdnej úrodnosti v Macove, okres Dunajská Streda na Podunajskej nížine. Uvedená lokalita sa nachádza v oblasti s mierne teplým typom teplotného režimu pôdy s dobrou štruktúrou. Získané údaje o priemernom obsahu prístupných živín v pôde pred založením pokusov zaraďujú pôdu pokusného miesta do kategórie s dobrým obsahom fosforu, s dobrým obsahom draslíka a vysokým obsahom horčíka. Potenciálna zásoba fosforu a draslíka ukázala dostatočnú zásobenosť sledovanými živinami.

Pokus bol rozdelený na dve časti:

- I. - časť s menšou hĺbkou navlaženia pôdy,
- II. - časť s väčšou hĺbkou navlaženia pôdy.

V každej časti boli vytvorené tri varianty hnojenia dusíkom:

- A variant - kontrola nehnojená dusíkom,
- B variant - hnojenie síranom amónnym,
- C variant - hnojenie močovinou.

Aplikované hnojivá boli obohatené 25 atom. % ^{15}N (VEB Berlin-Chemie). Dávky dusíkatých hnojív zodpovedali dávke dusíka $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a boli aplikované v priebehu vegetácie dvakrát po $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ v týchto termínoch: 10. apríla a 30. apríla.

Aplikácia bola pásová a po každej aplikácii nasledovala okopávka, pri ktorej boli hnojivá zapracované do pôdy. Špenát sa pestoval a ošetroval bežnou v súčasnosti odporúčanou technológiou. Pestovanie v podmienkach menšieho navlaženia pôdy zodpovedalo minimalizácii závlhovej vody na zabezpečenie ešte dobrej úrody špenátu dobrej kvality. Závlahové množstvá vody aplikované pri pestovaní špenátu sú uvedené v tab. 1. Zavlažovalo sa studničnou vodou, ktorá v priebehu vegetácie obsahovala NO_3^- 3 až $5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ a obsah celkového dusíka v nej bez dusičnanov nepresahoval $1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Základná plocha jedného pokusného variantu predstavovala z ekonomických dôvodov (vysoké náklady na hnojivá označené izotopom ^{15}N) výmeru 1 m^2 rozdelenú na štyri opakovania. Jednotlivé varianty boli od seba izolované fóliou z linolea zakopanou do hĺbky $0,35 \text{ m}$, vlahové varianty boli od seba izolované priestorovo. Termín sejby bol 11. marca a termín zberu 27. mája. Na stanovenie izotopového zloženia dusíka sa vzorky izolovali vo forme $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$ [13] a analyzovali na hmotovom spektrometri MAT 230.

TABUĽKA 1. Závlahové množstvo vody aplikované pri pestovaní špenátu.

TABLE 1. Irrigation water dose applied at spinach cultivation.

Dátum zavlažovania ¹	11.5.	14.5.	18.5.	21.5.	22.5.
Vlahový variant ²	Závlahová dávka ³ [mm]				
I.			10		10
II.	10	10	10	10	10

I. - menšie navlaženie pôdy, II. - väčšie navlaženie pôdy.

I. - less soil moistening, II - greater soil moistening, 1 - date of irrigation, 2 - irrigation variants, 3 - irrigation dose.

Výsledky a diskusia

Z údajov v tab. 2 vyplýva, že dusík z hnojív v závislosti od formy aplikovaného N-hnojiva a vlhkostných pomerov bol v špenáte využitý na 14,55 až 31,79 %. Využitie dusíka bolo vplyvom N-hnojív rozdielne. Močovina poskytla špenátu vzhľadom k zapravenému množstvu dusíka o 12,74 až 15,41 %

TABUĽKA 2. Prijímanie dusíka z N-hnojív a kumulácia jeho dusičnanovej formy v špenáte.
TABLE 2. Nitrogen uptake from N-fertilizers and accumulation of its nitrate form in spinach.

Variant hnojenia ¹	Vlahový variant ²	% využitia N z hnojív ³	
		celou rastlinou ⁴	na kumuláciu dusičnanového dusíka ⁵
B	I.	14,55	0,14
C		27,29	0,29
B	II.	16,38	0,21
C		31,79	0,34

B - hnojenie síranom amónnym, C - hnojenie močovinou, I. - menšie navlaženie pôdy, II. - väčšie navlaženie pôdy.

B - application of ammonium sulphate, C - application of urea, I. - less soil moistening, II. - greater soil moistening, 1 - fertilization treatments, 2 - irrigation variants, 3 - % utilization of N from fertilizers, 4 - in entire plant, 5 - for nitrate N accumulation.

viac dusíka ako síran amónny, čo predstavuje zvýšenie príjmu dusíka úrodou špenátu v podmienkach väčšieho navlaženia až o 91,1 %. Vplyv vlahových pomerov na využitie dusíka z hnojív špenátom bol nižší ako vplyv foriem N-hnojív. Väčšie navlaženie pôdy zvýšilo využitie dusíka z hnojív špenátom u oboch variantov hnojenia a to pri hnojení síranom amónnym o 1,8 % a pri hnojení močovinou o 4,5 % vzhľadom k zapravenému dusíku. V prvom prípade to predstavuje zvýšené čerpanie N z hnojiva o 12,6 %, v druhom o 16,5 %.

V závislosti od variantov hnojenia a vlhkostných pomerov bol dusík z dodaných hnojív využitý na kumuláciu dusičnanového dusíka v rozmedzí od 0,14 do 0,34 % (tab. 2), čo predstavuje 0,96 až 1,28 % z celkového dusíka prijatého z hnojív. Výsledky ukázali, že vplyv formy N-hnojiva na kumuláciu dusičnanov a špenáte bol väčší ako vplyv vlhkostných pomerov.

Podiel dusičnanov kumulovaných v špenáte z hnojív v závislosti od formy hnojiva a vlhkostných pomerov predstavoval 6,67 až 10,02 % (tab. 3). Znamená to, že špenát využíval na kumuláciu dusičnanového dusíka prevažne dusík z pôdy. Z výsledkov vidieť, že podiel dusičnanov ovplyvňovali formy N-hnojív i vlhkostné pomery. Najvyšší podiel dusičnanového dusíka z hnojiva v špenáte bol pri hnojení močovinou. Pri menšom navlažení pôdy bol tento podiel vyšší o 49,3 %, pri väčšom navlažení o 26,2 % ako pri hnojení síranom amónnym. Väčšie navlaženie pôdy zvýšilo podiel dusičnanového dusíka z N-hnojív v špenáte pri hnojení síranom amónnym o 19,0 %. Pri hnojení močovinou sa vplyvom väčšieho navlaženia pôdy podiel nezmenil.

Tabuľka 3. Pôvod dusičnanového dusíka v špenáte.
TABLE 3. Nitrate N origin in spinach.

Variant hnojenia ¹	Vlahový variant ²	Podiel dusičnanového dusíka ³ [%]			Podiel kumulovaného dusičnanového dusíka vplyvom N-hnojenia ⁷ [%]
		z pôdy ⁴	z hnojiva ⁵	z „priming effect“ ⁶	
B	I.	93,33	6,67	25,60	32,27
C		90,04	9,96	39,79	49,75
B	II.	92,06	7,94	21,16	29,10
C		89,98	10,02	35,99	46,01

B - hnojenie síranom amónnym, C - hnojenie močovinou, I. - menšie navlaženie pôdy, II. - väčšie navlaženie pôdy.

B- application of ammonium sulphate, C - application of urea, I. - less soil moistening, II. - greater soil moistening, 1 - fertilization treatments, 2 - irrigation variants, 3 - proportion of nitrate N, 4 - from soil, 5 - from fertilizer, 6 - from „priming effect“, 7 - proportion of N accumulated in nitrate form influenced with N-fertilizers.

Hnojenie dusíkom nezvyšuje minerálny dusík v pôde len o dodané množstvo, ale aj o ďalší minerálny dusík, uvoľnený z pôdných zásob vyvolaním vyššej intenzity mineralizácie dusíkatej organickej hmoty (tzv. priming effect). Tab. 3 udáva, aký podiel dusičnanového dusíka obsahuje špenát z „priming effect“ a ako tento podiel ovplyvňujú formy N-hnojív a vlahové pomery. Po sčítaní podielov dusičnanového dusíka z hnojiva a z „priming effect“ v špenáte možno konštatovať, že 29,1 až 49,8 % dusičnanov v špenáte sa kumulovalo vplyvom N-hnojenia.

Záver

Dusík z dodaných N-hnojív bol využitý na kumuláciu dusičnanov v špenáte na 0,14 až 0,31 %, čo predstavovalo 0,96 až 1,28 % z celkového dusíka prijatého z hnojív špenátom. Ukázalo sa, že vplyv formy N-hnojiva na kumuláciu dusičnanov v špenáte je väčší ako vplyv daných vlhkostných pomerov. Špenát využil na akumuláciu dusičnanov prevažne dusík z pôdných zásob. Len 6,7 až 10 % dusičnanov v špenáte pochádzalo priamo z dusíkatých hnojív.

Využitím izotopu dusíka ¹⁵N možno stanoviť podiel rôznych foriem a dávok N-hnojív na využití dusíka zeleninou a s tým súvisiacu kumuláciu dusičnanov v ľubovoľných častiach rastliny. Využitím ¹⁵N možno bližšie špecifikovať zdroj kumulácie dusičnanov v zeleninových druhoch a prispieť tak k riešeniu ich neuspokojivej kvality z aspektu obsahu dusičnanov.

Literatúra

1. SCHUPHAN, W. - BENGTTSSON, B. - BOSWALD, J. - BOSUNDIHYLÖ, B.: Nitrate accumulation in spinach. *Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles* (Den Haag), 14, 1967, s. 317-330.
2. LEU, H.: Düngungsversuche über den Nitratgehalt in Spinat. Referát na seminári EGA - Arbeitsgruppe Nitrate in Nahrungsmitteln. Bern, 1978.
3. PECHOVÁ, B. - PRUGAR, J.: Obsah dusičnanov v špenáte v závislosti od hnojenia a poveternostných podmienok. *Rostlinná výroba*, 31, 1985, č. 8, s. 861-869.
4. PRUGAR, J. - PRUGÁROVÁ, A.: Dusičnany v zelenine. Bratislava, *Príroda* 1985. 150 s.
5. PECHOVÁ, B. - PRUGAR, J.: Vplyv agroekologických faktorov na akumuláciu dusičnanov v zelenine. [Záverečná správa.] Bratislava, Výskumný ústav pôdnej úrodnosti 1990. 28 s.
6. PRUGAR, J. a kol.: Kvalita rastlinných produktů. Praha, Státní zdravotní nakladatelství 1977. 302 s.
7. PECHOVÁ, B. - MIKLOVIČ, D. - MEDVEĎ, M.: Vplyv hnojenia dusíkom a zavlažovania na akumuláciu dusičnanov v špenáte. *Agrochémia*, 33, 1993, č. 10, s. 253-255.
8. PRUGAR, J. a kol.: Dusíkatá výživa a akumulácia dusičnanov v niektorých zeleninových druhoch. Bratislava, Výskumný ústav pôdoznalectva a výživy rastlín 1986. 36 s.
9. POLÁCH, J.: K nitrátům v zelenině. *Záhradnictvo*, 9, 1984, č. 3, s. 122.
10. PECHOVÁ, B.: Vplyv niektorých agroekologických faktorov na akumuláciu dusičnanov v zeleninách. [Kandidátska dizertačná práca.] Bratislava, Výskumný ústav pôdoznalectva a výživy rastlín 1985. 102 s.
11. BIELEK, P.: Možnosti dusíkatej výživy vo vzťahu k pedoekologickým a výrobným podmienkam. II. Tvorba a akumulácia minerálnych dusíkatých živín v pôde. *Poľnohospodárstvo*, 27, 1981, č. 10, s. 887-895.
12. PECHOVÁ, B. - PRUGAR, J.: Vplyv dusíkateho hnojenia a osvetľovania na akumuláciu dusičnanov v špenáte. [Záverečná správa.] Bratislava, Výskumný ústav pôdnej úrodnosti 1989. 7 s.
13. MEDVEĎ, M.: Emisno-spektrometrické stanovenie rastlinami prijatého dusíka z dodaných hnojív označených izotopom dusíka ^{15}N . In: *Vedecké práce Výskumneho ústavu závlahového hospodárstva Bratislava*, 15, 1981, s. 399-407.

Do redakcie došlo 14.8.1998.

Utilization of nitrogen ^{15}N isotope to study of accumulation of nitrate in vegetables

MEDVEĎ, M. - PECHOVÁ, B. - MIKLOVIČ, D. - PRUGAR, J.:
Bull. potrav. Výsk., 37, 1998, p. 183-188.

SUMMARY. Nitrate accumulation in vegetables was studied. Using a model commodity - spinach (cv. *Monores*) cultivated at field conditions of South Slovakia, possibility of ^{15}N nitrogen utilization at the study is demonstrated. Utilizing the ^{15}N nitrogen, effect of proportion of the individual forms and doses of the N-fertilizers on nitrate accumulation in any part of plants can be determined exactly. The same method enables also to specify different sources of nitrate accumulation in vegetables.

KEYWORDS: ^{15}N isotope, nitrates, spinach