

CONTENT OF NITROGEN AND CARBON IN HOT WATER EXTRACTION DEPENDING ON DIFFERENT SYSTEMS OF FERTILIZATION

OBSAH DUSÍKU A UHLÍKU V EXTRAKTU HORKOU VODOU V ZÁVISLOSTI NA RŮZNÝCH SYSTÉMECH HNOJENÍ

Nedvěd V., Balík J., Kulhánek M., Černý J., Balíková M.

Katedra agrochemie a výživy rostlin, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita, Kamýcká 129, 165 21 Praha-Suchdol, Česká republika.

E-mail: nedved@af.czu.cz, balik@af.czu.cz

ABSTRACT

Our objective was to follow the effects of different fertilization systems on nitrogen balance and content of hot water extractable carbon and nitrogen in long-time experiments (1997-2005) with rotation of potatoes, wheat and barley at location Humpolec in Czech Republic. The use of organic fertilization (sewage sludge, manure, barley straw) and mineral nitrogen fertilization were studied. It was used method of hot water extractable carbon and nitrogen. Average dry matter yield for the control without fertilization in the period 1997-2005 was 2.93 t of dry matter per ha of barley grain and 2.46 t of straw. Average nitrogen uptake by barley grain and straw for the control was 61.9 kg N.ha⁻¹ and 70.1 – 98.1 kg N.ha⁻¹ for fertilization treatments. Control treatment had a negative balance of N and it was -713 kg N.ha⁻¹. All treatments with organic fertilizers had positive balance of N. Treatments N and N+straw had negative balance of N and it was -258 and -136 kg N.ha⁻¹. The changes in the nitrogen regime of soil were characterized by the content of extractable nitrogen and carbon in hot water extraction.

Key words: hotwater extraction, longterm field experiment, N fertilizers, sewage sludge, N balance

ÚVOD

Půdní organická hmota (POH) hraje klíčovou roli v udržení půdní úrodnosti a také v ochraně životního prostředí a ovlivňuje fyzikální, chemické a biologické procesy v půdě. Můžeme ji rozdělit na dvě části, první je relativně inertní (složitě uvolnitelná mineralizačním procesem), zatímco druhá je mineralizovatelná (Körschens, 1980).

V podmínkách dynamické rovnováhy během jedné vegetační sezony se část POH mineralizuje a část se vytvoří. Tuto část můžeme nazvat jako „aktivní“. Její množství lze odhadnout z bilancí v dlouhodobých polních pokusech, ze kterých vyplývá roční obrat 60 – 160 kg N.ha⁻¹. Při poměru C:N 10 je to tedy 0,6 – 1,6 t C.ha⁻¹ (Kubát et al., 1999).

Jednoduchá a spolehlivá metoda pro stanovení rozložitelného uhlíku C_{dec} (decomposable carbon) je extrakce horkou vodou (Schulz, 1997). Horkou vodou rozložitelný uhlík C_{hwl} (hot water extractable carbon) je využíván jako vhodné kritérium pro stanovení rozložitelného uhlíku C_{dec} (Körschens, 2002). Voda je při této frakcionaci používána jako rozpouštědlo odpovídající přírodním podmínkám (Körschens et al., 1990; Schulz, 1990) a poskytuje realistické výsledky. Horkou vodou extrahovatelný uhlík není jasně ohraničená frakce POH. Zahrnuje části mikrobiální půdní biomasy, jednoduchých organických látek a látek, které jsou hydrolyzovatelné nebo depolymerizovatelné v podmínkách extrakce horkou vodou. Obsah inertního organického C úzce koreluje s obsahem jílových minerálů a jemných prachových částic půdy (Körschens, 1980). V závislosti na stavu zásobení půdy může kolísat každoroční množství mineralizovatelného N z půdní organické hmoty (při jinak stejných podmínkách s ohledem na roční průběh počasí) o více jak 100 %. Z tohoto důvodu má význam znát množství dusíku, který může být v průběhu roku mineralizován z POH a podle toho stanovit optimální dávku dusíkatého hnojení. Pokusy z více jak 1000 půdních vzorků na obsah N extrahovatelného horkou vodou (N_{hwl}) dokazují, že N_{hwl} podléhá větším ročním výkyvům než C_{hwl}. Příčina spočívá v tom, že součástí frakce extrahované horkou vodou je také minerální forma N v půdě (NH₄⁺, NO₃⁻), která podléhá ročním změnám i odběru rostlinami (Schulz, 1997).

V posledních letech se výrazně zvýšila produkce odpadních kalů a současně nastal problém jejich likvidace. Čistírenské kaly vznikají při biologickém čištění odpadních vod. Kaly jsou chemickým složením velmi variabilní. Mohou být zdrojem organické hmoty, živin, biologicky aktivních látek, ale i rizikových prvků, které, jsou-li zastoupeny ve vyšších koncentracích, mohou působit toxicky, ohrožovat kvalitu půdy, potravinový řetězec, a tím i zdraví lidí. Čistírenské kaly obvykle obsahují vysoký podíl organické hmoty a jsou bohaté na N a P. Přídavek organické hmoty do půdy může představovat nejlepší alternativu pro obnovu půdní úrodnosti, protože upravuje mnoho půdních vlastností zemědělských půd, zejména těch s vysokou produkcí (Brady a Weil, 1999).

Sledování vlivu čistírenských kalů na přeměny dusíku v půdě je nutno považovat za dlouhodobý složitý proces pozorování, porovnávání a vyhodnocování získaných výsledků, z důvodu dlouhodobého a komplexního působení kalů na půdu. Z tohoto důvodu byl zvolen systém dlouhodobého stacionárního pokusu. Tato práce je zaměřena na 6 variant hnojení lišících se v intenzitě a formách hnojení dusíkem.

MATERIÁLY A METODY

Stacionární dlouhodobý pokus byl založen na pokusném pozemku ČZU na lokalitě Humpolec v roce 1997 dle schématu pokusu znázorněného v tabulce 1. Pokusná lokalita se nachází ve výrobní oblasti bramborářské, v nadmořské výšce 525 m. n. m. Geologický podklad tvoří diluvium ruly, půdní typ kambizem slabě oglejená, půdní druh písčitohlinitá půda. Půda je středně hluboká, sorpční nasycenost 49 – 62 %, pH/CaCl₂ má hodnotu 5,1. Obsah celkového uhlíku C_t je 1,76 % a celkového dusíku N_t je 0,21 %. Obsah přijatelných živin stanovený dle Mehlich III je 128 mg.kg⁻¹ fosforu, 213 mg.kg⁻¹ draslíku a 76 mg.kg⁻¹ hořčíku.

Pokusná stanice spadá do oblasti mírně teplé, okrsek B5, který je charakterizován jako mírně teplý, mírně vlhký vrchovinný. Průměrná roční teplota vzduchu činí 7,0 °C, za vegetační období 12,7 °C. Průměrný roční úhrn srážek činí 660 mm, za vegetační období 400 – 450 mm. Počet srážkových dní za rok v této lokalitě je 148, z toho 15 se srážkami nad 10 mm. Průměrný počet dní se sněhovou pokrývkou je 63. Svými vlastnostmi je tato lokalita vhodná pro pozorování rychlých změn obsahu C_{hwl} a N_{hwl}.

Organickými hnojivy bylo hnojeno pouze k první plodině v osevním sledu, proto u brambor je sledováno přímé působení organického hnojení, u ozimé pšenice a jarního ječmene působení následné. Kromě varianty 1 (kontrola) a varianty 3 (kal 3) bylo aplikováno za rotaci pěstovaných plodin 330 kg N.ha⁻¹. Na variantě 6 bylo pod brambory zaoráváno 5 t.ha⁻¹ slámy ječmene. Pro potřeby pokusu jsou používány kaly z ÚČOV Praha. Dusík v minerálních hnojivech k ozimé pšenici byl aplikován ve dvou dílčích dávkách (70 kg N.ha⁻¹ - regenerační dávka, 70 kg N.ha⁻¹ - produkční dávka). U jarního ječmene byl N aplikován jednorázově před setím (70 kg N.ha⁻¹).

Tab.1. Schéma pokusu

varianta č.	hnojení	brambory	pšenice	ječmen
		kg N.ha ⁻¹		
1	kontrola	0	0	0
2	kal 1	330	0	0
3	kal 3	990	0	0
4	hnůj	330	0	0
5	N	120	140 (70+70)	70
6	N+sláma	120+5 t slámy	140 (70+70)	70

* N v LAV 27,5 %

Pro stanovení extrahovatelných forem dusíku a extrahovatelného organického uhlíku horkou vodou v půdě se používá zemina usušená na vzduchu a prosetá sítím s oky 2 mm (jemnozlem). 10 g zeminy se naváží do 100 ml extrakční baňky se zpětným chladičem. Zemina se zalije 50 ml destilované vody. Suspenze se mírně vaří po dobu jedné hodiny. Po vychladnutí jsou vzorky odstředěny. Ve výluhu je stanoven obsah N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, obsah celkového extrahovatelného organického dusíku (N_{org}) a extrahovatelného organického uhlíku (DOC). Měření se provádí segmentovou průtokovou analýzou s kolorimetrickým stanovením na přístroji SKALAR^{plus}System (fy Skalar, Holandsko). Obsah dusíku v rostlinách byl stanoven pomocí přístroje LECO CNS 2000.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Rok 2005 byl devátým rokem dlouhodobého pokusu a tudíž zakončil třetí rotaci, proto byl vybrán pro stanovení obsahů N_{hwl} a C_{hwl} a dalších sledovaných parametrů. Poslední plodinou v rotaci plodin je ječmen, tudíž sledované znaky byly měřeny po této plodině.

Tabulka 2 nám udává průměrný výnos sušiny, obsah N a odběr N zrnem a slámou ječmene za období od založení dlouhodobého polního pokusu v roce 1997 až do roku 2005. Nejvyšší průměrný výnos zrna ječmene byl dosažen na variantě s kombinovaným minerálním a organickým hnojením (varianta N+sláma) a slámy na variantě s minerálním hnojením (varianta N). Ve srovnání variant kal 1 a hnůj si můžeme všimnout minimálních rozdílů ve výnosech sušiny. Nejvyššího výnosu zrna i slámy ječmene bylo na organicky hnojených variantách dosaženo na variantě kal 3 3,72 t sušiny zrna ječmene. ha^{-1} a 3,26 t sušiny slámy ječmene. ha^{-1} .

Nejvyšší obsah dusíku v zrně ječmene byl naměřen u variant 5 (N) 1,96 % N a u varianty 6 (N+sláma) 1,94 % N. Také obsah N v sušině slámy byl u těchto dvou variant nejvyšší a to 0,51 % N u varianty 5 (N) a 0,49 % N u varianty 6 (N+sláma). Obě varianty se statisticky významně lišily od varianty kontrola. Zajímavé je zjištění, že na variantě hnůj (1,74 % N) byl naměřen nižší obsah N v sušině zrna než u varianty kontrola (1,76 % N). Ve variantách kontrola, kal 1, kal 3 a hnůj jsme naměřili téměř stejná množství N v sušině zrna i slámy. Výrazně se lišily právě jen varianty s kombinovaným minerálním a organickým hnojením (varianta N+sláma) a minerálním hnojením (varianta N).

Odběr dusíku sklizní (tab. 2) je důležitým ukazatelem, který vyjadřuje jak rozdíly ve výnosech, tak i rozdíly v koncentraci N v rostlinách (Balík et al., 2003). Nejvyšší odběr N sklizenou biomasou (zrno+sláma ječmene) byl zaznamenán u variant N a N+sláma v hodnotách 94,95 a 98,15 kg N. ha^{-1} . Téměř shodný odběr N byl u organicky hnojených variant hnůj (70,10 kg N. ha^{-1}) a kal 1 (71,69 kg N. ha^{-1}), výrazně vyšší odběr (82,64 kg N. ha^{-1}) pak byl zaznamenán u varianty kal 3 s trojnásobným množstvím dodaného kalu.

Tab. 2. Průměrný výnos sušiny, obsah N a odběr N ječmenem za období 1997-2005

č.v.	varianta	výnos (t sušiny. ha^{-1})		obsah N (% sušiny)		odběr N (kg. ha^{-1})
		ječmen		ječmen		ječmen
		zrno	sláma	zrno	sláma	zrno+sláma
1	kontrola	2,93	2,46	1,76	0,42	61,9
2	kal 1	3,31	2,78	1,79	0,44	71,7
3	kal 3	3,72	3,26	1,83	0,44	82,6
4	hnůj	3,30	2,87	1,74	0,44	70,1
5	N	3,92	3,57	1,96	0,51	95,0
6	N+sláma	4,20	3,36	1,94	0,49	98,2
	f-test	1,96	0,74	2,82	0,26	1,9
	dmin	NS	NS	0,15834	NS	NS

Tabulka 3 nám ukazuje bilanci N na stanovišti Humpolec za období 1997-2005. Vstupy zahrnují pouze N hnojiv, zatímco atmosférický dusík není zahrnut (suché a mokré deprese, biologická fixace N). Suché deprese mohou dosáhnout hodnot okolo 9 kg N. ha^{-1} (Balík et al., 1995). Výstupy zahrnují odběr N sklizenou biomasou (hlízy brambor, zrno a

sláma pšenice a ječmene). Na tomto stanovišti byla zjištěna záporná bilance u nehnojené varianty kontrola $-713 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, dále pak u varianty N s minerálním hnojením $-258 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ a také u varianty s kombinovaným minerálním a organickým hnojením N+sláma v hodnotě $-136 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na variantách organicky hnojených si můžeme všimnout mnohonásobně vyšší hodnoty bilance N u varianty kal 3 ($1849 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) v porovnání s variantami kal 1 ($4 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) a hnůj ($90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$), kde můžeme považovat bilanci N za vyrovnanou.

Tab. 3. Bilance N na stanovišti v $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (1997-2005)

č.v.	varianta	množství N dodaného hnojivem za 9 let	odběr za 9 let	bilance
1	kontrola	0	713	-713
2	kal 1	990	986	4
3	kal 3	2970	1121	1849
4	hnůj 1	990	900	90
5	N	990	1248	-258
6	N+sláma	1071	1207	-136

Tabulka 4 nám ukazuje obsahy dusíku a uhlíku v extraktech horkou vodou na stanovišti Humpolec v roce 2005 po sklizni v posledním roce třetího cyklu dlouhodobého pokusu. Nejnižší obsah N_{hwl} byl naměřen na variantách N a N+sláma $138,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $147,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, což pravděpodobně souvisí s vysokými odběry N sklizenou biomasou (tab. 2). Na variantě s minerálním hnojením byl dokonce naměřen o 5 % nižší obsah N_{hwl} než na nehnojené kontrolní variantě ($145,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), zatímco u varianty N+sláma s kombinací minerálního a organického hnojení byl naměřen obsah N_{hwl} mírně vyšší (o $2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) než u kontrolní varianty. Téměř shodný obsah N_{hwl} byl naměřen u organicky hnojené varianty kal 3 a hnůj $168,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $165,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, u varianty kal 1 byl obsah N_{hwl} nižší ($159,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), ale v porovnání s variantami N, N+sláma a kontrola byl vyšší o 15 %, 8 % resp. o 10 %.

Obsah horkou vodou extrahovatelného uhlíku C_{hwl} byl u všech hnojených variant vyšší než u kontrolní varianty. Nejvyšší obsah byl naměřen u varianty kal 3 $1385,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ C_{hwl} , což bylo o 35 % více než u nehnojené kontroly. Varianty kal 1 a hnůj se lišily mezi sebou o 4 %, a byly o 29 % vyšší resp. o 32 % oproti kontrole. Téměř stejné hodnoty byly naměřeny u variant N ($1167,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ C_{hwl}) a N+sláma ($1188,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ C_{hwl}). Oproti kontrolní variantě to pak bylo o 14 % resp. o 16 % více. Nejvýraznější rozdíl v poměru C:N oproti kontrolní variantě (7,05) byl naměřen na variantě N (8,44). Varianty kal 3 (8,21) a kal 1 (8,26) měly poměr C:N podobný.

Tab. 4. Obsah N_{hwl} a C_{hwl} v extraktech horkou vodou ($mg.kg^{-1}$) a poměr C:N na stanovišti v r.

č.v.	varianta	N_{hwl}	C_{hwl}	C:N
1	kontrola	145,0	1022,9	7,05
2	kal 1	159,4	1317,3	8,26
3	kal 3	168,7	1385,2	8,21
4	hnůj 1	165,6	1351,2	8,16
5	N	138,3	1167,4	8,44
6	N+sláma	147,8	1188,6	8,04

Příspěvek byl zpracován v rámci grantu CIGA: 20072001

LITERATURA

- Balík J., Příbyl A., Procházka J., Tlustoš P. (1995): The effect of fertilization on the yield and nitrogen uptake at replicated cultivation of silage maize. Rostl. Výr., 41: str. 345–350.
- 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. Plant Soil Environ., 49, (12): str. 554–559.
- Brady N.C., Weil R.R.: The Nature and Properties of Soils (12th ed.). Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ 1999: str 153 – 156.
- Körschens, M. (1980): Beziehungen zwischen Feinanteil, C_f - und N_f -Gehalt des Bodens. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk. 24, 9: str. 582-592.
- Körschens, M., Schulz, E. Behm, R. (1990): Heißwasserlöslicher C und N in Boden als Kriterium für das N-Nachlieferungsvermögen. Zbl. Mikrobiol. Jena 145: str. 305-311.
- Körschens, M. (2002): Importance of Soil Organic Matter (SOM) for Biomass Production and Environment (a review). Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 48, Issue 2: str. 89–94.
- Kubát, J., Klír, J.(1999): Nové pohledy na bilanci organických látek v půdě. sborník z konference Racionální použití hnojiv. Katedra agrochemie a výživy rostlin ČZU v Praze. str. 32–37.
- Schulz, E. (1990): Die heißwasserextrahierbare C-Fraktion als Kenngröße zur Einschätzung des Versorgungszustandes der Böden mit organischer Substanz (OS). Tag. –Ber. Akad. Landwirtsch.-Wiss., Berlin 295: str. 269-275.
- E. Schulz (1997): Charakterisierung der organischen Bodensubstanz (OBS) nach dem Grad ihrer Umsetzbarkeit und ihre Bedeutung für Transformationsprozesse für Nähr- und Schadstoffe. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk. 41, 6: str. 465-483.