

VYUŽITÍ STABILIZOVANÝCH MOČOVIN VE VÝŽIVĚ ŘEPKY OZIMÉ – 3-LETÉ VÝSLEDKY

Use of stabilised urea in winter oilseed rape nutrition – 3-years results

Jiří ŠIMKA, David BEČKA, Lubomír RŮŽEK, Jan VAŠÁK, Pavel CIHLÁŘ

Česká zemědělská univerzita v Praze

Summary: At the Research Station of FAFNR CULS at the locality Červený Újezd, we have completed the third year of experiments with stabilized urea in year 2011/12. In each experimental year, we established nine different variants of autumn and spring nitrogen fertilization of winter oilseed rape line variety Californium. We applied these nitrogen fertilizers: ammonium nitrate with limestone, urea and stabilized urea (ALZON and UREA stabil). The autumn dose of nitrogen was 45 kg/ha, and the spring dose was 155 kg/ha. Nitrogen application had almost at all variants positive influence on dry matter production of aboveground biomass. All variants fertilized with nitrogen surpassed in yield unfertilized control variant. Highest yields in evaluated years were achieved in variants with 45 kg/ha of nitrogen in autumn fertilization. Overall, the highest yields were achieved in variants with stabilized ureas: variant 7 (45 kg UREAstabil - autumn + 155 kg UREAstabil - spring) = 3.76 t/ha and variant 8 (45 kg ALZON - autumn + 155 kg ALZON - spring) = 3.77 t/ha. In experiments was confirmed the efficiency of the use of stabilized nitrogen fertilizers in rapeseed nutrition.

Key words: winter oilseed rape, nitrogen, nutrition, stabilised urea, yield, aboveground biomass, dry matter

Souhrn: Na Výzkumné stanici FAPPZ ČZU v Praze na lokalitě Červený Újezd jsme rokem 2011/12 završili třetí rok pokusů se stabilizovanými močoviny. V každém pokusném roce jsme založili devět různých variant podzimního a jarního hnojení dusíkem na liniové odrůdě řepky ozimé Californium. Z dusíkatých hnojiv jsme aplikovali: ledek amonný s vápencem, močovinu a stabilizované močoviny (ALZON a UREAstabil). Na podzim činila dávka dusíku 45 kg/ha a na jaře pak 155 kg/ha. Aplikace dusíku měla téměř u všech variant pozitivní vliv na tvorbu sušiny nadzemní biomasy. Všechny varianty hnojené dusíkem překonaly ve výnosu kontrolní nehnojenou variantu. Nejvyšších výnosů za hodnocené roky bylo dosaženo u variant s 45 kg N/ha podzimním přihnojením. Celkově nejvyšších výnosů bylo dosaženo u variant se stabilizovanými močoviny: varianta 7 (45 kg UREAstabil - podzim + 155 kg UREAstabil - jaro) = 3,76 t/ha a varianta 8 (45 kg ALZON - podzim + 155 kg ALZON - jaro) = 3,77 t/ha. V pokusech se potvrdila efektivnost využití stabilizovaných dusíkatých hnojiv ve výživě řepky.

Klíčová slova: řepka ozimá, dusík, hnojivo, stabilizovaná močovina, výnos, nadzemní biomasa, sušina

Úvod

Stabilizovaná dusíkatá hnojiva s inhibitory nitrifikace či ureázy mají vysoký předpoklad pro uplatnění ve výživě rostlin. Jejich cílem je zvýšení efektivity hnojení dusíkem (tj. snížení počtu aplikací, flexibilita termínu dávkování) a zároveň zlepšení ekologického hlediska omezením znečišťování podzemních vod a ovzduší (Šimka et al., 2010). Inhibitory nitrifikace omezují mikrobiální přeměnu amonných iontů (NH_4^+) na ionty dusičnanové (NO_3^-) a plyny (dusík N_2 a oxid dusný N_2O - skleníkové plyny) v půdě. Naproti tomu inhibitor ureázy je látka, která dočasně zpomaluje enzymatickou přeměnu močoviny na CO_2 a NH_3 inhibicí enzymu ureázy.

Hlavními inhibitory nitrifikace na komerční bázi jsou: Nitrapyrin - obchodní název **N serve**; Dicyandiamid (DCD) – obchodní názvy **Alzon**, **Didin** a **Ensan** (Zerulla et al., 2000). Z většiny výzkumů hnojiv s inhibitory nitrifikace vyplývá, že aplikace na půdu v kombinaci s ostatními minerálními dusíkatými hnojivy či statkovými hnojivy, má příznivý vliv na snížení ztrát dusíku. Výsledkem je zvýšení růstu (tj. zvýšení účinnosti N) (Stelly, 1980; Merino et al., 2002). Účinky těchto hnojiv jsou větší na půdách, které jsou bohaté (vysoká enzymatická aktivita) a kde je riziko ztrát N vyluhováním a denitrifikací vysoké.

Nejvýznamnějšími hnojivy s inhibitorem nitrifikace na bázi DCD registrovanými v Evropě jsou především **ALZON® 46** (46 % amidického N) a **Piadin**. ALZON® 46 je klasická močovina obsahující inhibitor brzdící nitrifikaci (směs dikyanodiamidu a 1H-1,2,4

triazolu). Toto hnojivo prokazatelně snižuje ztráty způsobené ukládáním nitrátů v hlubších vrstvách půdy (vyluhování) a uvolňováním plyných emisí, jako je např. rajský plyn (N_2O) (Agrofert, 2010). Piadin byl vyvinut obzvláště pro zvýšení účinnosti aplikace kapalných dusíkatých hnojiv v polních podmínkách (Wozniak et al., 1999).

Nejnámějším inhibitorem ureázy je NBPT (obchodní název **Agrotain**). NBPT (N-(n-butyl) thiophosphoric triamide) je přísada do hnojiva močoviny, která dočasně zpomaluje enzymatickou přeměnu močoviny inhibicí ureázy. Inhibitor ureázy blokuje přeměnu močoviny na amoniak po dobu jednoho až dvou týdnů (Trenkel, 1997). Tento fakt snižuje rizika spojená se ztrátami N vypařováním a je hlavním přínosem oproti nestabilizované močovíně.

V České republice bylo zaregistrováno hnojivo na bázi NBPT pod obchodním názvem **UREAstabil**. Jedná se o nové koncentrované minerální dusíkaté hnojivo, které stabilizuje močovinu, inhibuje její rozklad a omezuje ztráty dusíku po aplikaci močoviny. Je nutno zdůraznit, že NBPT (N-(n-butyl)-thiophosphoric triamid) nezpůsobuje omezení činnosti mikroorganismů ani jejich počtu (bakteriostatický, příp. baktericidní účinek), ale pouze potlačení činnosti volné ureázy. NBPT ani meziprodukty jejího rozkladu nejsou pro půdní mikroorganismy toxické, a proto ani hnojivo UREA stabil není pro mikroorganismy škodlivé (Mráz, 2007).

Materiál a metody

Tříleté maloparcelní polní pokusy byly založeny na Výzkumné stanici Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů ČZU v Praze na lokalitě Červený Újezd. Stanice se nachází na rozhraní okresů Kladno a Praha-západ, cca 25 km od Prahy. Zeměpisné údaje: 50°04' zeměpisné šířky a 14°10' zeměpisné délky, nadmořská výška 398 m n. m. Převažujícím půdním substrátem je hnědozem, půda má střední až vysokou sorpční kapacitu, sorpční komplex je plně nasycen. Půdní reakce je neutrální, obsah humusu střední. Obsah P a K je střední až dobrý. Pokusné stanoviště spadá do oblasti mírně teplé, průměrná roční teplota vzduchu je 6,9°C, průměrný roční úhrn srážek je 549 mm. Délka vegetačního období činí 150-160 dní. Pokusy byly založeny ve čtyřech opakováních pro každou variantu s velikostí jedné parcely 15 m², ke sklizni pak 11,875 m².

Bylo založeno devět variant s různými podzimními a jarními dávkami dusíku na liniové odrůdě řepky ozimé Californium. Vedle standardních dusíkatých hnojiv (LAV a močovina) jsme použili i hnojiva se stabilizovanou močovinou (ALZON, UREA stabil). Přehled pokusných variant je uveden v tab. 1.

Termíny aplikací dusíku:

podzim – 21.10. 2009; 20.10. 2010 resp. 17.10. 2011

jaro 1a – 5.3. 2010; 2.3. 2011 resp. 5.3. 2012

jaro 1b – 23.3. 2010; 15. 3. 2011 resp. 15.3. 2012

jaro 2 – 6.4. 2010; 31.3. 2011 resp. 2.4. 2012

jaro 3 – 20.4. 2010; 19.4. 2011 resp. 19.4. 2012

V počátku května jsme realizovali odběry pro stanovení hmotnosti nadzemní a kořenové biomasy. Z každé varianty a opakování jsme odebrali 10 rostlin pro následné stanovení hmotnosti nadzemní biomasy a kořenů v čerstvém stavu a v sušině. Rostliny jsme zbavili nečistot a omyli. Po oschnutí následovalo vážení čerstvé biomasy a poté příprava materiálu do sušár-

Výsledky a diskuze

Řepku jsme ve všech hodnocených letech vyseli v optimálním agrotechnickém termínu 23. 8. 2009, 25. 8. 2010 resp. 25. 8. 2011.

Hmotnost nadzemní biomasy a kořenů

V grafech 1 a 2 je znázorněn vliv různých variant hnojení dusíkem v závislosti na utváření hmotnosti sušiny nadzemní biomasy a kořenů. Rozdíly nejsou statisticky průkazné.

Aplikace dusíku měla u všech variant pozitivní vliv na tvorbu sušiny nadzemní biomasy (viz graf 1). Zvláště pak podzimní přihnojení dusíkem oproti variantám na podzim nehnojených. Nejlépe vycházejí varianty hnojené stabilizovanými močoviny. To lze přisoudit pozvolnému uvolňování dusíku a tím spojené využití dusíku rostlinami po delší období. Nejvyšší průměrné hmotnosti sušiny nadzemní biomasy dosáhla

na sušení při 105°C po dobu osmi hodin. Po usušení a vychladnutí jsme stanovili hmotnost sušiny.

Tab. 1: Přehled pokusných variant s hnojením dusíkem (2009/10 - 2011/12)

var. č.	označ. var.	dávka N (kg/ha)		jaro				celkem N (kg/ha)
		použité hnojivo	podzim	1a	1b	2	3	
1	0+0 (Kontrola)	dávka N	0	0	0	0	0	0
		hnojivo						
2	0 + 155 (LAV)	dávka N	0	40	35	50	30	155
		hnojivo		LAV	LAV	LAV	LAV	
3	45 (US) + 155 (LAV)	dávka N	45	40	35	50	30	200
		hnojivo	UREA stabil	LAV	LAV	LAV	LAV	
4	45 (AL) + 155 (LAV)	dávka N	45	40	35	50	30	200
		hnojivo	ALZON	LAV	LAV	LAV	LAV	
5	0 + 155 (US)	dávka N	0	90	65	0	0	155
		hnojivo		UREA stabil	UREA stabil			
6	0 + 155 (AL)	dávka N	0	90	65	0	0	155
		hnojivo		ALZON	ALZON			
7	45 (US) + 155 (US)	dávka N	45	90	65	0	0	200
		hnojivo	UREA stabil	UREA stabil	UREA stabil			
8	45 (AL) + 155 (AL)	dávka N	45	90	65	0	0	200
		hnojivo	ALZON	ALZON	ALZON			
9	45 (MO) + 155 (LAV)	dávka N	45	40	35	50	30	200
		hnojivo	močovina	LAV	LAV	LAV	LAV	

Použité zkratky: AL – ALZON, LAV – ledek amonný s vápencem, MO – močovina, US – UREA stabil

Dalšími sledovanými znaky byl výnos (t/ha), olejnatost (% v suš.) a HTS (g). Při sklizni stanovený výnos semen byl přepočten na výnos semen v t/ha při 8% vlhkosti. Olejnatost byla stanovena na přístroji NMR Bruker the minispec mq one Seed Analyzer a je uváděna procenticky v sušině. Hmotnost tisíce semen (HTS) jsme stanovili na počítadle C 21 odpočítáním dvakrát 500 semen a jejich následným zvážením na tři desetinná místa.

Statistické vyhodnocení bylo provedeno v programu STATISTICA Cz 9.1. Byla použita jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA) metodou nejmenších čtverců (MNC), na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Podrobnější vyhodnocení analýzy rozptylu bylo vyhodnoceno TUKEYEHO testem.

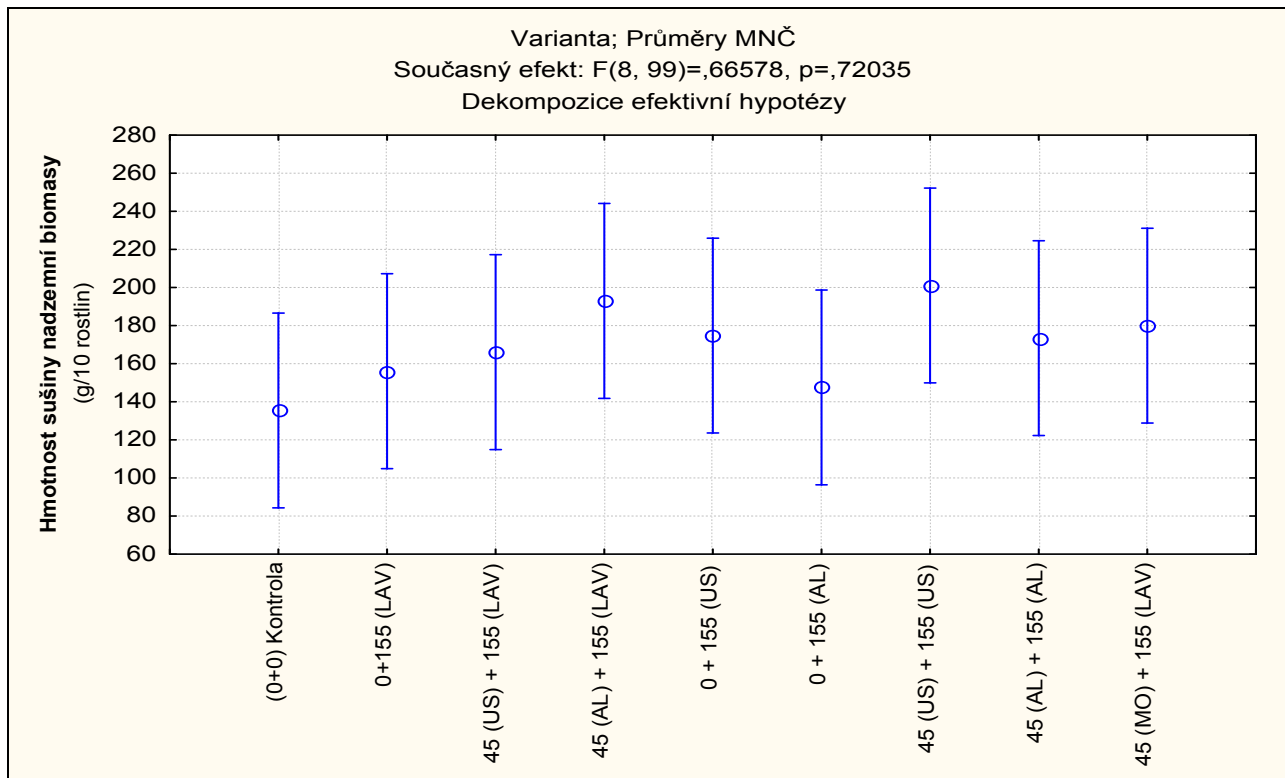
varianta 7 (45 (US) + 155 (US)) a to 201,1 g sušiny nadzemní biomasy/10 rostlin. Výsledky hmotnosti sušiny nadzemní biomasy korespondují s jednotlivými dosaženými výnosy uvedené v grafu 3. Můžeme tedy mluvit o velmi silné závislosti mezi hmotností sušiny nadzemní biomasy a výnosem. V praxi to znamená – čím „vyšší“ hmotnost sušiny nadzemní biomasy na podzim tím lepší předpoklad pro přezimování a dosažení vysokého výnosu. Neznamená to ale za každou cenu mít přerostlý porost. Přerostlý porost = klesá % sušiny = horší podmínky pro přezimování. Optimální hmotností sušiny nadzemní biomasy před nástupem řepkové zimy by mělo být rozmezí 150 – 300 g/10 rostlin.

Porovnání hmotnosti sušiny kořenů je uvedeno v grafu 2. Většina variant u hmotnosti sušiny kořenů koresponduje s hmotností sušiny nadzemní biomasy z grafu 1. Nejlepší variantou je opět varianta 7 (45 (US)

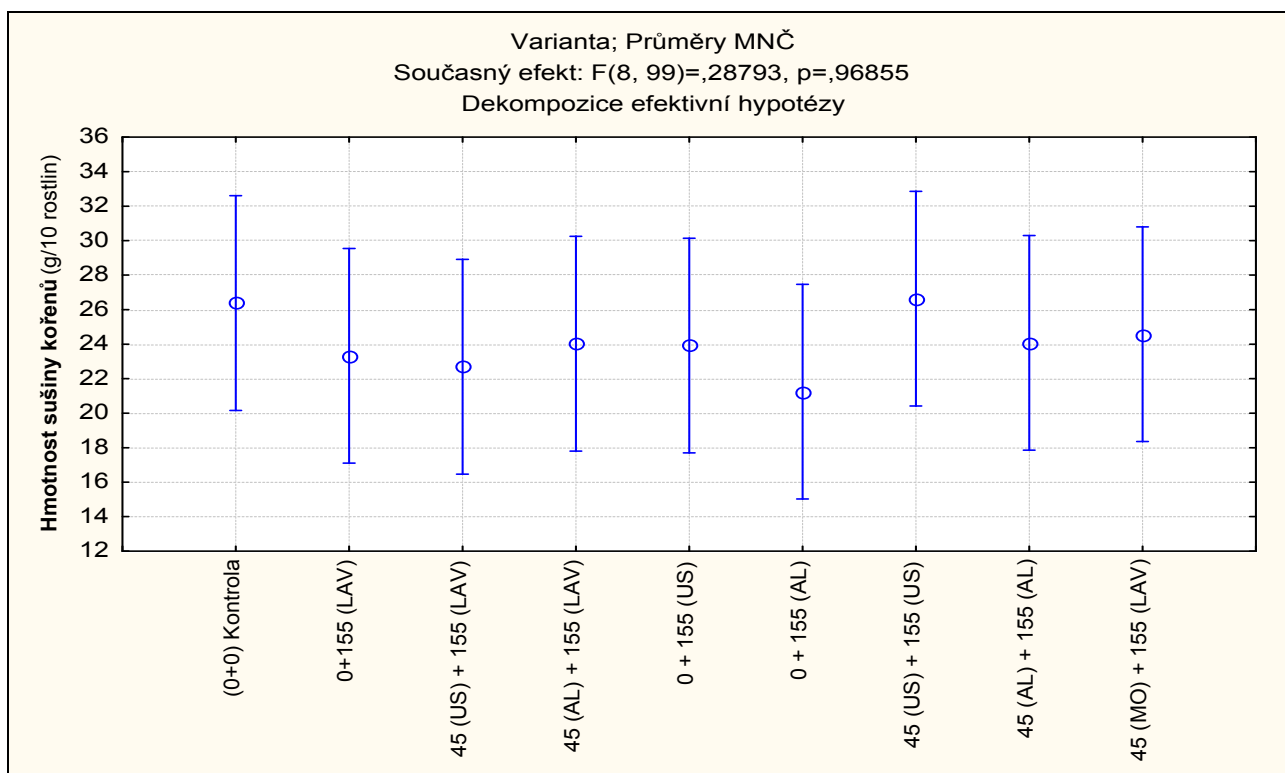
+ 155 (US) a to 26,6 g sušiny kořenů/10 rostlin. Na druhém místě se umístila kontrolní nehnojená varianta 1 (0 + 0). Tento fakt lze vysvětlit vyšším nárůstem kořenové hmoty vůči nadzemní biomase (deficit N). Celkově opět vycházejí lépe varianty hnojené na pod-

zim. Zvláště pak varianty hnojené stabilizovanými močoviny. Při porovnání dvou stabilizovaných hnojiv měly vyšší hmotnost sušiny kořenů varianty hnojené UREOU stabil.

Graf 1: Vliv různých variant N hnojení na hmotnost sušiny nadzemní biomasy (g/10 rostlin)
(Výzkumná stanice Červený Újezd 2009/10 – 2011/12)



Graf 2: Vliv různých variant N hnojení na hmotnost sušiny kořenů (g/10 rostlin)
(Výzkumná stanice Červený Újezd 2009/10 – 2011/12)

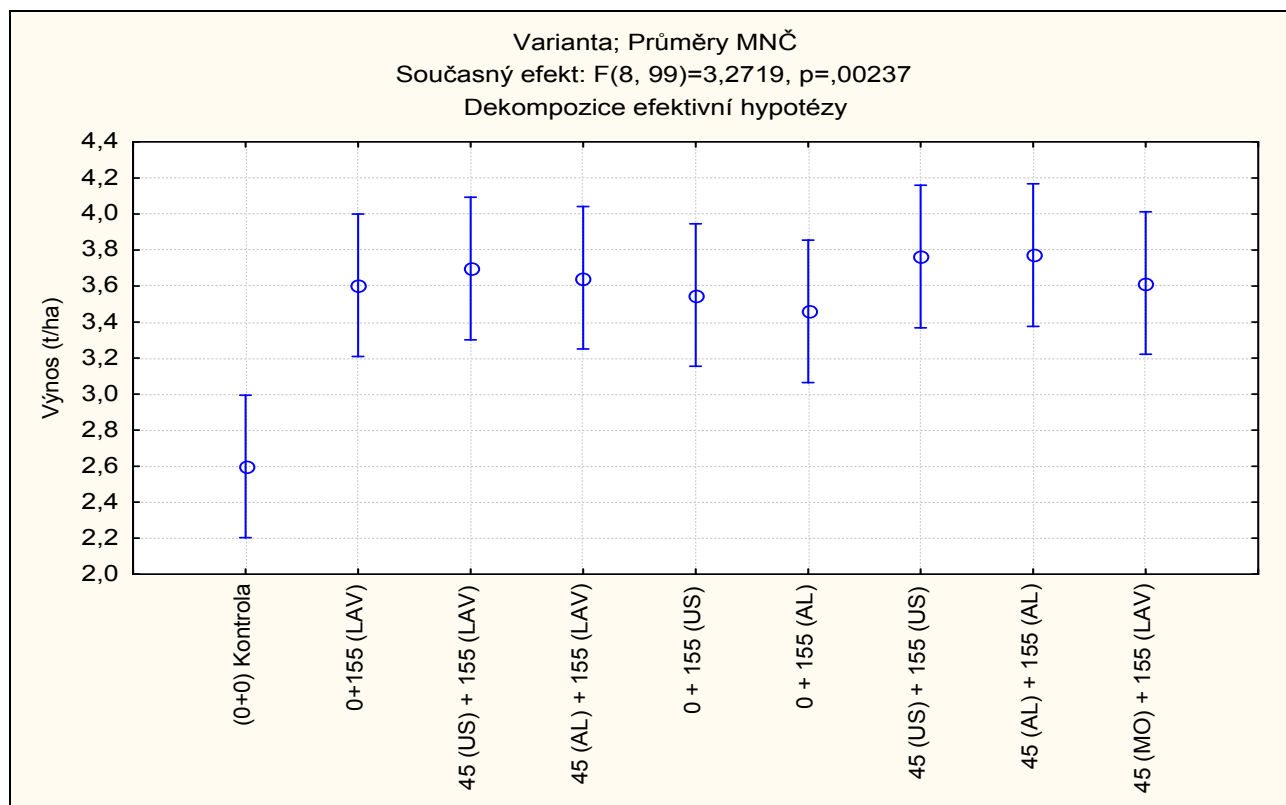


Výnos a kvalita semen

V grafu 3 a tabulce 2 je znázorněn přehled výnosů variant hnojení za sledované roky 2009/10 - 2011/12. Všechny varianty hnojené dusíkem překonaly ve výnosu kontrolní nehnojenou variantu 1 (0 + 0). Tyto rozdíly byly dokonce statisticky průkazné vyjma varianty 6 (0 + 155 (AL)). Srovnáme-li varianty s (var. 7 a 8) a bez podzimní aplikace (var. 5 a 6) stabilizovaných močovín, vycházejí jednoznačně lépe varianty na podzim hnojené. U UREYstabil se navýšil výnos u hnojené varianty oproti nehnojené na podzim o 0,19 t/ha a u ALZONu dokonce o 0,31 t/ha. Tento nárůst

výnosu, z hlediska ekonomiky, nám dostatečně pokryje vynaložené náklady na podzimní přihnojení (aplikace, hnojivo). Výhodu aplikace stabilizovaných močovín na podzim nám potvrdily varianty 3 a 4, kde byly aplikovány stabilizované močoviny oproti variantě 9, kde byla aplikována pouze klasická močovina. Stabilizované močoviny opět dosáhly nejvyšších výnosů a potvrzují tímto vhodnost využití pro podzimní přihnojení. Jejich efektivita narůstá s pozdějším nástupem řepkové zimy, kde dochází k pozvolnému uvolňování N.

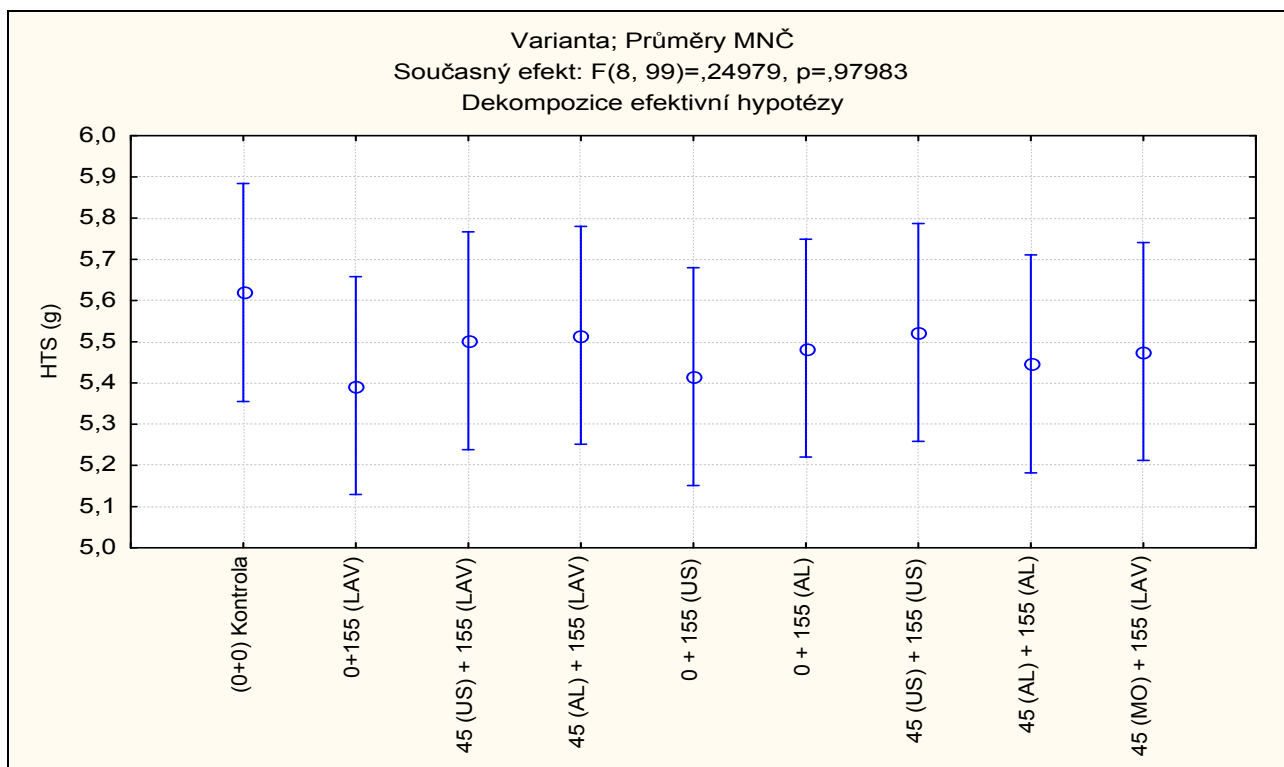
Graf 3: Vliv různých variant N hnojení na výnos (t/ha) (Výzkumná stanice Červený Újezd 2009/10 – 2011/12)



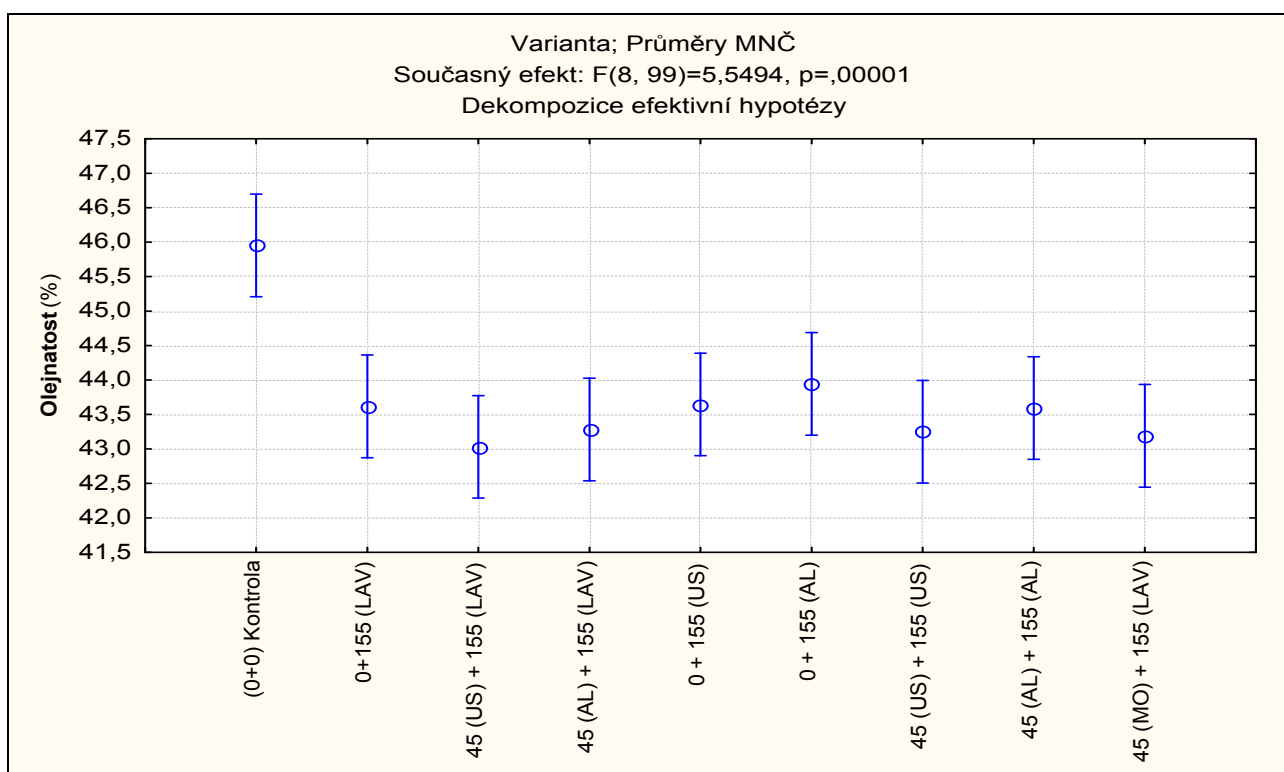
Tabulka 2: Podrobnější vyhodnocení ANOVA (graf 3), průměrné výnosy (t/ha) (Výzkumná stanice Červený Újezd 2009/10 – 2011/12)

Tukeyův HSD test; proměnná Výnos (t/ha) Homogenní skupiny, alfa = ,05000			
	Varianta	Výnos (t/ha) Průměr	
1	(0+0) Kontrola	2,60	
6	0 + 155 (AL)	3,46	****
5	0 + 155 (US)	3,55	****
2	0+155 (LAV)	3,60	****
9	45 (MO) + 155 (LAV)	3,62	****
4	45 (AL) + 155 (LAV)	3,65	****
3	45 (US) + 155 (LAV)	3,70	****
7	45 (US) + 155 (US)	3,76	****
8	45 (AL) + 155 (AL)	3,77	****

Graf 4: Vliv různých variant N hnojení na HTS (g) (Výzkumná stanice Červený Újezd 2009/10 – 2011/12)



Graf 5: Vliv různých variant N hnojení na olejnatost (%) (Výzkumná stanice Červený Újezd 2009/10 – 2011/12)



U hmotnosti tisíce semen (HTS), uvedené v grafu 4, jsou rozdíly v jednotlivých letech minimální a nejsou statisticky průkazné. Nejvyšší HTS byla dosažena ve sledovaných letech u kontrolní varianty I (0 +

0) a je způsobena nižším navětvením a nižším počtem šesulí na rostlinu (deficit N).

U obsahu oleje (viz graf 5) je opět nejvyšší kontrolní nehnojená varianta I (0 + 0). Rozdíly jsou opět

statisticky neprůkazné. Z pohledu hnojených variant velmi dobře vycházejí varianty s ALZONem (var. 6 a 8), ale i některé varianty s UREOUstabil (var. 5) či varianta s LAV (var. 2). Nejvyšší olejnatosti, vyjma kontrolní nehnojené varianty, bylo dosaženo u varianty 6 (0 + 155 (AL)) – 43,9 %, hnojené pouze na jaře.

Naopak nejnižší olejnatost byla u varianty 3 (45 (US) + 155 (LAV)) hnojené na podzim i na jaře. Výsledky jednoznačně ukazují klesající trend olejnatosti při růstu intenzity dusíkatého hnojení. Nicméně tento trend nám dostatečně kompenzuje nárůst výnosů u jednotlivých variant.

Závěr

Všechny varianty hnojené dusíkem překonaly ve výnosu kontrolní nehnojenou variantu 1 (0 +0). Vyjma varianty 6 (0 + 155 (AL)) byly tyto rozdíly také statisticky průkazné. Varianty na podzim nehnojené stabilizovanými močoviny (ALZON, UREA stabil) vychází vždy výnosově hůře než varianty, kde byly stabilizované močoviny aplikovány také na podzim. Z pohledu olejnatosti velmi dobře vycházejí varianty hnojené pouze na jaře.

Výživa řepky dusíkem pomocí stabilizovaných močoviny se v našich tříletých pokusech velmi osvědčila. Efektivnost podzimní aplikace dusíkatých hnojiv je přímo úměrná s délkou podzimní

vegetace řepky. Při pozdějším nástupu řepkové zimy stoupá význam stabilizovaných dusíkatých hnojiv. Výhodou aplikace těchto hnojiv je postupné uvolňování dusíku využitelného rostlinou a snížení ztrát (vyluhování či ztráty do ovzduší). Nesmíme také opomenout zohlednit stav porostu. Podzimní přihnojení dusíkem slabých (např. opožděný výsev) či řídkých (do 35 rostlin/m²) porostů je nutné bez ohledu na délku podzimní vegetace. Stav porostu řepky (zvláště kořenového systému) před nástupem zimy je jedním z řady důležitých faktorů pro dosažení vysokého výnosu řepky.

Použitá literatura

- Agrofert 2010.** Alzon 46 - stabilizovaná dusíkatá hnojiva snižují pracnost, zvyšují výnosy a jsou šetrná k životnímu prostředí. Informativní leták k hnojivu.
- Merino, P., Estavillo, J. M., Gracioli, L. A., Pinto, M., Lacuesta, M., Munoz-Rueda, A., Gonzalez-Murua, C. 2002.** Mitigation of N₂O emissions from grassland by nitrification inhibitor and Actilith F2 applied with fertilizer and cattle spurry. *Soil use and management*. 18. 135-141.
- Mráz, J. 2007.** UREA stabil - efektivní zdroj dusíku pro polní plodiny. Sborník referátů. Prosperující olejny. ČZU v Praze. s. 121-122.
- Stelly, M. 1980.** Nitrification Inhibitors – Potentials and Limitations. ASA Special Publication No. 38. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America. Maddison. Wisconsin.
- Šimka, J., Bečka, D., Cihlář, P., Vašák, J. 2010.** Využití stabilizovaných dusíkatých hnojiv ve výživě řepky ozimé (*Brassica napus L.*). *Úroda*. 58 (12). 821-824.
- Trenkel, M. E. 1997.** Improving fertilizer use efficiency - controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture. Ed. by IFA. Paris. 157 s.
- Wozniak H., Michel H. J., Fuchs M. 1999.** Nitrification inhibitors for economically efficient and environmentally friendly nitrogen fertilization. IFA Agricultural conference on managing Plant nutrition. Barcelona.
- Zerulla, W., Kummer, K., Wissemeier, A., Radle, M. 2000.** The development and testing a new nitrification inhibitor. *The International Fertiliser Society Proceedings*. 455. 6-23.

Kontaktní adresa

Ing. Jiří Šimka, Katedra rostlinné výroby, ČZU v Praze, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6-Suchdol, tel. 224 382 531, e-mail: simka@af.czu.cz

Řešeno za podpory grantu NAZV QH 81147 „Střet plodin v globální soutěži a řešení rizik pro ozimou řepku“.