

LABORATORNÍ PŘÍSTROJE A POSTUPY

ZÁVISLOST VÝNOSU A KVALITY SEMENE LUPINY ÚZKOLISTÉ (*Lupinus angustifolius*, L.) NA HNOJENÍ SLOUČENINAMI DUSÍKU

TOMÁŠ LOŠÁK

Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno
losak@mendelu.cz

Došlo 30.1.06, přijato 16.3.06.

Klíčová slova: lupina, dusík, hnojení, termín, dávka, výnos, semeno, bílkoviny

Úvod

Lupina úzkolistá (*Lupinus angustifolius*, L.) se botanicky řadí mezi luskoviny (leguminózy), což jsou zástupci čeledi bobovitých. Rostliny z této čeledi se odlišují od ostatních rostlin tím, že jsou schopny si opatřit převážnou část dusíku prostřednictvím symbiomy s hlízkovými bakteriemi žijícími na jejich kořenech¹. Symbiotická fixace dusíku využívá energii získanou fotosyntézou u rostlin k přeměně N₂ na NH₃. Centrální význam má enzym nitrogenasa sestávající ze dvou bílkovinných komplexů – Fe a Mo (cit.²). Redukce N₂ probíhá velmi rychle a předpokládá se, že má 3 stupně: diimid, hydrazin, amoniak³ (obr. 1). Na využití symbiotického efektu je možné inokulovat osivo příslušným druhem rhizóbií, a to zvláště na půdách, na kterých se delší čas luskoviny nepěstovaly⁴.

V běžných podmínkách spotřebují luskoviny pouze 5–10 % veškerého dusíku z půdy, a to během tzv. hladového období, které trvá do 25 dnů na počátku vegetace, než se na kořenech vytvoří hlízky. Pro překonání tohoto období je nezbytné hnojení minerálními hnojivy. Nejlepší doba k aplikaci dusíku je před výsevem, při vzházení, popř. při plném zapojení porostu⁵. Hnojení dusíkatými hnojivy lze doporučit především na méně úrodných půdách a tam, kde nebyly zajištěny dobré podmínky pro rostliny a fixaci vzdušného dusíku¹.

Kromě dusíku se na tvorbě výnosu lupiny a jeho kvalitě podílí i ostatní makrobiogenní prvky, a to především fosfor, draslík⁶ a hořčík⁷. Z mikrobiogenních prvků jsou významnými především zinek⁸, železo a molybden³. Výborné osvojování živin z půdy i z méně přijatelných forem souvisí u lupiny především s mohutnějším kořeno-

vým systémem včetně kořenové sekrece, a tím i s vyšší rozpouštěcí schopností⁵.

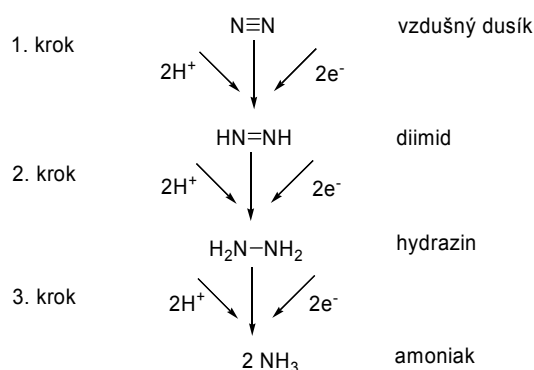
Účelem založení vegetačního nádobového pokusu s neinokulovaným osivem lupiny úzkolisté bylo posouzení vlivu suplementace sloučenin dusíku při různých termínech jeho aplikace a dávkách na změny úrovně výnosotvorných prvků, výnos semene a obsah hrubých bílkovin v semeni.

Experimentální část

Vegetační pokus

Vegetační nádobový pokus s úzkolistou lupinou odrůdy Sonet byl založen na jaře 2005 ve vegetační hale Ústavu agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně. Do Mitscherlichových vegetačních nádob bylo naváženo 6 kg středně těžké zeminy charakterizované jako fluvizem s agrochemickými vlastnostmi uvedenými v tabulce I. Zemina vykazovala alkalickou půdní reakci (pH), obsah přístupného fosforu byl vysoký, draslík, hořčík a vápník byly na úrovni dobré a síra vyhovující zásoby. Obsah kadmia a zinku v půdě byl hluboce pod přípustnou normou.

Pokus zahrnoval 4 varianty, přičemž každá z nich byla 4x opakována. 10. května 2005 byla provedena předseťová aplikace dusíku u hnojených variant 2–4 a vyseto po 6 semenech lupiny do každé nádoby do hloubky 3–4 cm. Postupně vzházení započalo za 7 až 10 dnů a 25. května po vzejití všech rostlin ve fázi 2. páru pravých listů následovala druhá aplikace dusíku u variant 3–4. V této fázi růstu vykazovaly rostliny u všech variant vyrovnanou výšku 6–7 cm. V době květu (27. června) byl u všech variant proveden odběr rostlin k chemickým analýzám



Obr. 1. Proces redukce vzdušného dusíku na amoniak u bobovitých rostlin

Tabulka I

Agrochemická charakteristika zeminy před založením pokusu (mg kg^{-1})

pH/CaCl ₂	Obsah prvků [mg kg^{-1}]						
	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cd
7,47	138	226	2784	167	24,7	11,5	0,085

Tabulka II

Termín a dávkování dusíkatých sloučenin

Var. číslo	Schéma	Termín a dávka dusíku [g dusíku na nádobu]			Celková dávka dusíku [g na nádobu]
		před setím	po vzejití	květ	
1	N ₀	0	0	0	0
2	N ₁	0,5	0	0	0,5
3	N ₂	0,5	0,5	1	2
4	N ₃	0,5	0,5	2	3

roślin na vybrané makrobiogenní prvky (N, P, K, Ca, Mg) a uskutečněna poslední aplikace N u variant 3–4. Během vegetace byla prováděna pravidelná závlhka demineralizovanou vodou na úroveň 60 % maximální kapilární kapacity, kypření a udržování bezplevebného stavu.

Sklizeň pokusu následovala v plné zralosti 2. srpna 2005. Současně byl zjišťován počet lusků na rostlinu, počet semen v lusk, výnos semen na rostlinu, hmotnost tisíce semen (HTS) a % bílkovin v semeni. Výnosové výsledky byly statisticky vyhodnoceny analýzou variance a testu LSD.

Analytické metody

Zemina byla pro stanovení přístupných živin (P, K, Ca, Mg) extrahována podle Mehlicha III (CH₃COOH, NH₄NO₃, NH₄F, HNO₃ a EDTA). Stanovení obsahu přístupného fosforu ve výluhu bylo provedeno kolorimetricky a obsah přístupného draslíku, hořčíku a vápníku byl stanoven atomovou absorpční spektrofotometrií. Stanovení síranové síry v půdě předcházela extrakce demineralizovanou vodou v poměru 1:5 podle ČSN ISO 11048 po dobu 16 h na rotační třepačce. Vlastní měření bylo prováděno v akreditované laboratoři ÚKZÚZ Brno kapilární zonální elektroforézou (CZE) na přístroji CES-1 (Dionex Corp., USA) s křemennou kapilárou. Obsah Zn a Cd v půdě byl stanoven po extrakci ve 2 M-HNO₃ (poměr půda : vyluhovadlo 1 : 5) metodou atomové absorpční spektrofotometrie. Aktivita vodíkových iontů se zjišťovala ve výluhu půdy 0,01 M-CaCl₂ potenciometricky skleněnou elektrodou proti referenční kalamelové elektrodě.

Stanovení N, P, K, Ca, Mg v rostlinném materiálu a N v semeni předcházela jeho mineralizace na mokré cestě. Proces spočívá v rozkladu rostlinné hmoty za použití koncentrované H₂SO₄ s postupným přidáváním H₂O₂. Použitím kyseliny neriskujeme ztráty na prvcích a odstraníme kvantitativně kyselinu křemičitou. Sraženinu kyseliny křemičité

eliminujeme z roztoku filtrací do 100–250 ml odměrné baňky. Doplněním filtrátu v baňce ke značce získáme zásobní roztok, z něhož zjišťujeme jednotlivé prvky. Dusík se stanovuje metodou podle Kjeldahla, fosfor kolorimetricky vanadičnanovou metodou, draslík metodou plamenné fotometrie a vápník s hořčíkem metodou atomové absorpční spektrofotometrie (AAS). Obsah hrubých bílkovin (dusíkatých látek) v semeni při sklizni byl zjištěn vynásobením procent dusíku faktorem 6,25.

Způsob a termín dávkování sloučenin dusíku

V pokusu byly studovány čtyři úrovně koncentrací N při třech termínech aplikace, jak uvádí tab. II. Dusík byl u hnojených variant vybilancován na danou úroveň ve formě NH₄NO₃. Jedná se o dusíkaté minerální hnojivo s obsahem 34,5 % N ve dvou formách, které rostliny dobře využívají a s ohledem na jeho působení se jeví jako univerzální hnojivo.

Dusičnan amonný vykazuje i nižší ekvivalent kyselosti (–33 kg CaO na 100 kg hnojiva) než močovina či síran amonný. Výhodný je zejména na přihnojení během vegetace. Hnojivo bylo u jednotlivých variant aplikováno do nádob formou závlhky.

Výsledky a diskuse

Výnosové výsledky jsou prezentovány v tabulce III. Je zřejmé, že počet lusků na rostlinu byl u všech hnojených variant (varianty 2–4) statisticky vysoce průkazně ($\alpha = 0,01$) vyšší v porovnání s nehnojenou kontrolní variantou (varianta 1). Počet lusků narůstal s dávkou dusíku o 29,1–45,4 % (tab. III), přičemž nejvyšších počtů 7,7–8 lusků na 1 rostlinu bylo dosaženo u variant 2 a 3, mezi

Tabulka III
Výnosové výsledky pokusu

Var. č.	Schéma	Dávka N [g/nádoba]	Počet lusků		Počet semen		HTS		Výnos semene	
			[ks/rost.]	[%]	[ks/lusk]	[%]	[g]	[%]	[g/rost.]	[%]
1	N ₀	0	5,5 ^a	100	4,2 ^a	100	85,4 ^a	100	1,98 ^a	100
2	N ₁	0,5	8,0 ^b	145,4	6,7 ^b	159,5	111,8 ^b	130,9	5,96 ^b	301,0
3	N ₂	2	7,7 ^b	140,0	7,5 ^c	178,6	133,2 ^c	155,9	7,65 ^c	386,3
4	N ₃	3	7,1 ^c	129,1	7,2 ^c	171,4	109,4 ^b	128,1	5,61 ^b	283,3

^{a, b, c} Varianty označené různými písmeny se od sebe statisticky průkazně liší na hladině významnosti $\alpha = 0,01$

nimiž ovšem již nebylo statistických diferencí. Podle El-Far a spol.⁹ (2001) se dělená aplikace hnojiv do dvou dávek rovněž pozitivně odrazilo jak na nárůstu počtu lusků na rostlinu, tak i na počtu větví. Soheir¹⁰ taktéž uvádí, že zvýšením dávky dusíku ze 30 na 45 kg N ha⁻¹ nastala stimulace počtu lusků lupiny.

Počet semen v lusků kolísá mezi 4,2–7,5 a rovněž se zvyšoval s dávkou dusíku o 59,5–78,6 %, přičemž mezi dvěma nejvyššími celkovými dávkami dusíku (2 a 3 g N na nádobu u variant 3 a 4) nebyly statisticky významné rozdíly. Nejvyšší počet semen nebyl spojen s nejvyšší hladinou dusíku. Ke shodným výsledkům při stejném pokusném schématu v nádobovém experimentu dospěl i Rubenschuh¹¹.

Hmotnost tisíce semen (HTS) se pohybovala v rozmezí 85,4–133,2 g a narůstala s dávkou dusíku až na hladinu 2 g N na nádobu (varianta 3). Dusík se podílel na zvýšení HTS o 28,1–55,9 %, přičemž mezi variantou 2 a 4 nebyly zaznamenány statistické rozdíly (tab. III). Wiatrak a spol.¹² uvádí, že HTS u lupiny byla 1 kg N zvýšena o 0,07 g. El-Far a spol.⁹ popisuje v polním pokusu nejvyšší hodnotu HTS při děleném hnojení ve dvou dávkách.

Celkový výnos semene na rostlinu se odvíjí od utváření výnosotvorných prvků. Úroveň výnosu je nejvýrazněji ovlivněna počtem lusků a semen na rostlinu, méně hmotností tisíce semen¹³. Výnos semene se zvyšoval s dávkou dusíku z 1,98 g na rostlinu (varianta 1) na 7,65 g na rostli-

nu (varianta 3), přičemž mezi variantami 2 a 4 nebylo statistických diferencí (tab. III). Při dělené aplikaci dusíku ve třech termínech (před setím, po vzejití, květ) bylo u varianty 3 dosaženo nejvyššího výnosu ze všech variant a výnosové zvýšení oproti nehnojené kontrolní variantě dosahovalo 286,3 %. Schulze a spol.¹⁴ uvádí zřetelný nárůst výnosu semene lupiny po aplikaci dusíku ve fázi kvetení. Taktéž El-Far a spol.⁹ popisuje zvýšení výnosu semene lupiny při dělené dvojí aplikaci živin během vegetace. Předsetová aplikace 75 kg N ha⁻¹ ve formě (NH₄)₂SO₄ snížila výnos semene v porovnání s aplikací NH₄NO₃ a Ca(NO₃)₂ (cit.)¹⁵. Samotná aplikace dusíku bez inokulace osiva, stejně jako inokulované osivo bez suplementace minerální formy dusíku a kombinace obou těchto variant, se projevila ve všech případech významným nárůstem výnosu semene v porovnání s kontrolou¹⁶.

Chemické analýzy rostlin ve fázi květu a obsah bílkovin v semeni při sklizni uvádí tabulka IV. Z výsledků analýz je zřejmé, že koncentrace dusíku v rostlinném materiálu ve fázi květu byla nejnižší u nehnojené kontrolní varianty (1,64 % N) a u všech ostatních hnojených variant se pohybovala v rozpětí 3,00–3,26 % N, bez výraznějšího vlivu dávky dusíku či termínu jeho aplikace. Obsah N v rostlinách se zvýšil s jeho dávkou v hnojivu³. Obsah fosforu kolísá v rozpětí 0,20–0,30 % P a blížil se hodnotě 0,21 %, ke které klesá jeho obsah v průběhu vegetace¹⁷.

V semeni lupiny je obsaženo 37–50 % hrubých

Tabulka IV
Chemické rozborů rostlin ve fázi kvetení a semene při sklizni

Var. č.	Schéma	Dávka N [g/nádoba]	Obsah v sušině rostliny ve fázi květu [%]					Obsah hrubých bílkovin v semeni [%]
			N	P	K	Ca	Mg	
1	N ₀	0	1,64	0,30	1,88	2,29	0,44	20,75 ^a
2	N ₁	0,5	3,26	0,21	2,16	2,49	0,37	26,00 ^b
3	N ₂	2	3,00	0,22	1,96	2,08	0,33	37,31 ^c
4	N ₃	3	3,12	0,20	1,65	2,45	0,34	42,18 ^d

^{a, b, c, d} Varianty označené různými písmeny se od sebe statisticky průkazně liší na hladině významnosti $\alpha = 0,01$

bílkovin¹⁸. S dávkou dusíku se jejich obsah statisticky výsoce průkazně zvyšoval z 20,75 % na 42,18 %, a tím významně narůstala nutriční hodnota semene. Při shodném pokusném schématu uvádí Rubenschuh¹¹ nárůst obsahu bílkovin na 45,1–47,3 %. Aplikací hnojiv s dusíkem ve formě NH_4NO_3 a $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ došlo k signifikantnímu zvýšení obsahu bílkovin oproti variantám dusíkem nehnojeným či hnojeným ve formě amonné¹⁹. Obsah bílkovin v polních experimentech mohou ovlivnit klimatické podmínky²⁰.

Závěr

Ve vegetačním nádobovém pokusu s neinokulovaným osivem lupiny úzkolisté byl prokázán pozitivní vliv dělené aplikace dusíku během vegetace ve formě NH_4NO_3 na zvýšení počtu lusků na rostlině a semen v luscích, hmotnost tisíce semen, a tím i výnos semene na rostlinu. Obsah hrubých bílkovin v semeni při sklizni lineárně narůstal s dávkou dusíku až na 42,18 %, a tím se zvyšovala i nutriční kvalita semene.

LITERATURA

1. Vaněk V., Balík J., Pavlíková D., Tlustoš P., v knize: *Výživa a hnojení polních a zahradních plodin*. Zemědělec, Praha 2002.
2. Mengel K., Kirkby E. A., v knize: *Principles of Plant Nutrition*. Int. Potash Institute, Bern 1978.
3. Marschner H., v knize: *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press Limited, London 1995.
4. Fecenko J., Ložek O., v knize: *Výživa a hnojení polních plodin*. SPU, Nitra 2000.
5. Hlušek J., Richter R., Ryant P., v knize: *Výživa a hnojení zahradních plodin*. Zemědělec, Praha 2002.
6. Gremigni P., Hamblin J., Harris D., Cowling W. A.: *Plant Soil* 253, 413 (2003).
7. Brennan R. F., Longnecker N. E.: *Aust. J. Exp. Agr.* 41, 1199 (2001).
8. Pastor J., Hernandez A. J., Prieto N., Fernandez-Pascual M.: *J. Plant Physiol.* 160, 1457 (2002).
9. El-Far I. A., Ghallab A., El-Nagar G. R.: *Assiut J. Agr. Scienc.* 32, 1 (2001).
10. Soheir A. M.: *Ann. Agricultural Sci. Cairo* 47, 225 (2002).
11. Rubenschuh U.: *Dissertation*. Justus-Liebig-Universität Giessen, Giessen 1997.
12. Wiatrak P. J., Wright D. L., Marois J. J.: *Agron. J.* 96, 1765 (2004).
13. Hondelmann W.: *Theor. Appl. Genet.* 68, 1 (1984).
14. Schulze J., Beschow H., Merbach W.: *Proceedings of the 9th International Lupin Conference*, str. 246. Klink/Muritz 1999.
15. Barlog P.: *Aust. J. Agr. Res.* 53, 671 (2002).
16. HobAllah A. A., Kandil A. A.: *Arab Universities J. Agr. Scienc.* 9, 639 (2001).
17. Bolland M. D. A., Brennan R. F.: *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 36, 1177 (2005).
18. Schöneberger H., Gross R., Cremer H. D., Elmadfa I.: *J. Nutr.* 112, 70 (1982).
19. Barlog P., Grzebisz W.: *Electron. J. Polish Agricultural Universities* 3, 2 (2000).
20. Podsiado C., Kotlarz A.: *Inzynieria Rolnicza* 5, 370 (2001).

T. Lošák (*Department of Agrochemistry, Soil Science, Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic*): **Fertilisation of Narrow-Leaf Lupine with Nitrogen Compounds and its Effect on Yields and Quality of Seeds**

In a vegetation pot experiment with non-inoculated seed stock of narrow-leaf lupine (*Lupinus angustifolius*, L.), we investigated the effect of NH_4NO_3 applied at different times and in various doses on changes in the level of yield-forming elements, seed yields and the content of crude protein in seeds. The experiment included four application procedures and control treatment with no nitrogen fertiliser. In the other treatments we applied nitrogen either in a single dose before sowing or in three split doses. In the latter case nitrogen was applied before sowing, after emergence and during flowering. The treatments resulted in a significant increase in the number of pods per plant (40 %), number of seeds in pods (78.6 %), the 1000-seed weight (55.9 %) and, therefore, higher seed yields per plant (286.3 %) compared with the control treatment. With increasing nitrogen doses, its content in plants during flowering increased to 3.00–3.26 %. The content of crude proteins in seeds during harvest increased linearly from 20.75 % to 42.18 %, thus increasing their nutritional quality.