

VLIV HNOJENÍ FOSFOREM NA VÝNOS SEMENE MÁKU A KVALITU MAKOVINY

The effect of phosphorus fertilization on the poppy yield and the quality of poppy straw

Rostislav RICHTER, Petr ŠKARPA, Tomáš LOŠÁK

Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně

Summary: In vegetation pot and field trials was explored the effect of increasing doses of phosphorus on the dry matter weight and chemical composition of poppy plants at the beginning of elongation growth and the relation to seed yields, number of capsules and their volume, the weight of poppy straw and the content of morphine in poppy straw. The trials were conducted on medium heavy soil with a satisfactory and good supply of phosphorus at the same nitrogen dose. Phosphorus was applied in the form of Amofos (10 % N and 50 % P₂O₅). Phosphorus doses had a positive effect on the dry matter weight of one plant. A higher P content in the plants increased the production of dry matter. Due to a diluting effect the content of the other nutrients was lower than in the control not fertilised with phosphorus. The total consumption of nutrients in the phosphorus-fertilised variants expressed in dry matter of one plant increased in dependence on the nutrient. Taking the average of both trials, phosphorus increased by 71 %, nitrogen by 34 %, potassium by 30 %, calcium by 37 % and magnesium by 35 %. No statistically significant differences in seed yields were observed. However, phosphorus doses increased the yields, on average by 3.2 – 8.6 %. Under the effect of P the number of capsules gradually decreased, but their volume increased. Compared to the control, the content of morphine in poppy straw decreased by 8 % on average. The optimal phosphorus fertilisation, i.e. 50 kg P₂O₅ per ha, increased the economy of poppy production at the same time improving the content of this element in the soil.

Key words: *poppy, phosphorus fertilization, content of nutrients, yield of seed, poppy straw*

Úvod

Mák se vyznačuje poměrně krátkou vegetační dobou a slabším kořenovým systémem. S ohledem na tyto skutečnosti vyžaduje dobrou zásobu živin v půdě ve všech fázích růstu, aby byl zajištěn jeho optimální výživný stav. Základem je vyrovnaná bilance všech makro i mikrobiogenních prvků v půdě, která se pozitivně odrazí jak na výnosu, tak i kvalitě produkce (Costes et al., 1976; Lošák, Richter, 2005; Ramanathan, 1979). Rozhodující roli při jeho pěstování sehraje vedle dusíkatého hnojení, kdy je nezbytná vhodná

Materiál a metody

Tabulka 1: Výsledky agrochemického rozboru půd (Mehlich III).

Lokalita	Půdní druh	pH/CaCl ₂	Obsah přístupných živin v mg.kg ⁻¹ zeminy				
			P	K	Ca	Mg	S _{vodorozpuštěná}
Brno	střední	5,7	108	251	3716	342	21
Morkovice	těžká	6,6	65	259	2844	192	15,3

A) Vegetační nádobový pokus

Vegetační nádobový pokus s mákem byl založen 5.4.2005, kdy bylo navázeno do plastových nádob 9,5 kg středně těžké zeminy charakterizované jako fluvizem a současně bylo provedeno hnojení fosforem

Souhrn: Ve vegetačním nádobovém a polním pokusu byl sledován vliv stupňovaných dávek fosforu na hmotnost sušiny a chemické složení rostlin máku na počátku dlouhivého růstu a jeho vztah k výnosu semene, počtu tobolek a jejich objemu, hmotnosti makoviny a obsahu morfinu v makovině. Pokusy probíhaly na středně těžké půdě s vyhovující a dobrou zásobou fosforu při stejné dávce dusíku. Fosfor byl aplikován ve formě Amofosu (10 % N a 50 % P₂O₅). Dávky fosforu měly kladný vliv na hmotnost sušiny jedné rostliny. Zvýšená produkce sušiny byla podmíněna vyšším obsahem P v rostlinách. Obsah ostatních živin vlivem zředovacího efektu byl nižší oproti fosforem nehnojené kontrole. Celkový odběr živin vyjádřený na sušinu jedné rostliny se u variant hnojených fosforem zvyšoval v závislosti na živině.

U fosforu dosahovalo zvýšení v průměru obou pokusů 71 %, u dusíku 34 %, u draslíku 30 %, u vápníku 37 % a u hořčíku 35 %. Ve výnosu semene nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly. Dávky fosforu však zvýšily výnos v průměru o 3,2 – 8,6 %. Vlivem P se počet tobolek snižoval, ale jejich objem rostl. Obsah morfinu v makovině byl oproti kontrole snížen v průměru o 8 %. Optimální fosforečné hnojení v dávce 50 kg P₂O₅ na ha zvýšilo ekonomiku pěstování máku a současně zlepšilo i obsah tohoto prvku v půdě.

Klíčová slova: *mák, výživa fosforem, obsah živin, výnos semene, makovina*

dávka, forma a termín aplikace (Yadav et al., 1984; Lošák et al., 2005a, b) dále hnojení fosforem (Edelbauer, Stanul, 1993; Tomar et al., 1994; Kahar, Nigam, 1990), a to zvláště na půdách s jeho nízkou zásobou. Optimální potřeba fosforu se u rostlin máku projeví krátce po vzejití zvláště při nižších teplotách. Fosfor pozitivně ovlivňuje hmotnost rostlin, velikost listové plochy, výnos semene a počet tobolek (Tomar et al., 1994) při dávkách kolem 20 – 40 kg.ha⁻¹ (Kahar, Nigam, 1990).

(Amofos). Dávka dusíku na hladinu 0,9 g N na nádobu byla upravena dusičnanem amonným. Agrochemickou charakteristiku zeminy před založením pokusu uvádí tab. 1 (lokalita Brno).

Do pokusu byly zařazeny varianty uvedené v tabulce 2, a to ve 4 opakováních.

Tabulka 2: Schéma nádobového pokusu s mákem

Var. č.	Schéma pokusu	Dávka P v g.nádoba ⁻¹
1	Kontrola	0
2	P ₁	0,25
3	P ₂	0,50

Pět dnů po navážení a přirozeném slehnutí zeminy následoval mělký výsev máku odrůdy Opál. Po zapojení porostu ve fázi 2 listů bylo provedeno vyjednocení na 7 rostlin v nádobě. Během vegetace byla prováděna pravidelná zálivka demineralizovanou vodou, odplevelování nádob a ochrana rostlin proti mšici makové přípravkem Sumithion. Odběr rostlin k chemickým analýzám byl proveden ve fázi stonkování (DC 41) a tím byl počet rostlin upraven na 4. Sklizeň byla provedena 17. srpna 2005.

B) Polní pokus

Přesný maloparcelkový polní pokus byl založen v roce 2006 v ZD Morkovice (okr. Kroměříž), v řepařské výrobní oblasti, na pozemku "Pornická niva". Předplodinou máku byla ozimá pšenice. Na podzim byl pozemek vyhnojen 0,1 t.ha⁻¹ draselné soli (60 %) a 0,1 t.ha⁻¹ Amofosu. Hnojiva byla 8.8.2005 zapravena do půdy diskovým nářadím a 18.9.2005 byla vyseta svazanka jako meziplodina (10 kg.ha⁻¹). Na jaře byl pozemek usmykován. Základní agrochemickou charakteristiku pozemku uvádí tab.1 (lokality Morkovice).

Obsah přístupných živin v půdě byl před založením pokusu na úrovni vyhovující (P, K, Mg) a obsah N minerálního (N min) činil 9,5 mg. kg⁻¹ zeminy před setím, což představuje cca 37,0 kg N.ha⁻¹. 10.5.2006 byly vytýčeny pokusné parcelky o velikosti 15 m² a 15.5.2006 byla aplikován fosfor dle pokusného schématu (tab. 3).

Tabulka 3: Schéma polního maloparcelkového pokusu s mákem

Var. č.	Schéma pokusu	Dávka P ₂ O ₅ kg.ha ⁻¹
1	Kontrola	0
2	P ₁	50
3	P ₂	75

Fosfor byl aplikován v Amofosu (10 % N a 50 % P₂O₅) v dávkách 50 a 75 kg P₂O₅. ha⁻¹ (22 a 33 kg P.ha⁻¹). Dusík byl doplněn na hodnotu 90 kg N.ha⁻¹ dusičnanem amonným. Každá varianta byla 4 x opakována.

Mák jarní (odrůda Major, mořený Chinook, Rovral) byl vyset secím strojem Accord 9.4. 2006. Výsevek byl 1,4 kg.ha⁻¹, meziřádková vzdálenost 0,2 m. Preemergentní ošetření pozemku proti plevlům bylo provedeno 9.4.2006 přípravkem Merlin (100g.ha⁻¹), Siluet (100ml.ha⁻¹) ve 300 l vody. Další ošetření porostu bylo prováděno podle zásad v podniku. Sklizeň pokusu byla provedena v plné zralosti a to 10.8.2006 ručně a 17.8.2005 parcelní mlátičkou.

Odběr vzorků rostlin k chemické analýze byl proveden ve fázi DC 41 (15.6.2006). V rostlinách byl u obou experimentů chemickým rozbořením po spálení na mokré cestě stanoven obsah N (Kjeldahlova metoda), P, K, Ca, Mg a S metodou ICP.

Při ruční sklizni byl zjištěn počet tobolek (průměr z 80 rostlin) a hmotnost makoviny na jednu rostlinu. V makovině byl stanoven obsah morfinu polarografickou metodou. Po ručním vyčistění semene ze sklízecí mlátičky byla zjištěna jeho čistá hmotnost. Statistické vyhodnocení výnosových výsledků bylo provedeno v programu STATISTICA 7.1. Pro zjištění průkaznosti rozdílů mezi průměry sledovaných charakteristik byla použita jednofaktorová analýza rozptylu s následným testováním dle Tukeye, při 95% hladině významnosti (P ≤ 0,05).

Tabulka 4: Průběh počasí v lokalitě Morkovice v r. 2006

měsíc	srážky	normál	odchylka	teplota	normál	odchylka
leden	31,0	27,0	4,0	-5,5	-2,2	-3,3
únor	30,9	25,0	5,9	-1,5	-0,7	-0,8
březen	51,5	31,0	20,5	1,7	3,7	-2,0
duben	72,6	42,0	30,6	9,4	8,7	0,7
květen	93,3	65,0	28,3	13,2	14,2	-1,0
červen	82,1	74,0	8,1	18,6	16,9	1,7
červenec	1,7	78,0	-76,3	22,7	18,8	3,9
srpen	111,3	78,0	33,3	17,0	17,8	-0,8

Výsledky a diskuse

A) Vegetační nádobový pokus

Vývoj rostlin na jednotlivých variantách byl vyrovnaný a pouze kontrolní fosforem nehnojená varianta měla v DC 41 menší hmotnost sušiny jedné rostliny jak ukazuje tab. 5. Zvýšená produkce sušiny byla podmíněná vyšším obsahem P v rostlinách. Obsah ostatních makrobiogenních prvků byl vlivem vyšší produkce sušiny nižší, avšak jejich celkový odběr rostlinou se zvyšoval (tab. 6.).

Při sklizni byl hodnocen výnos semene a slámy na nádobu (4 rostliny), počet tobolk na rostlinu, jejich objem a poměr slámy ku semeni. Z výnosových výsledků uvedených v tab.7 vyplývá, že výnos semene se u variant hnojených fosforem statisticky průkazně nezvýšil. Obě fosforem hnojené varianty (var. 2 a 3) se podílely na nárůstu výnosu semene o 3,2 – 8,6 % oproti variantě nehnojené, která byla pěstovaná na zemině s dobrou zásobou této živiny.

Ve výnosu makové slámy nebylo mezi hnojenými variantami fosforem rozdílů a výnos se pohyboval od 39,3 do 42,1 g. Vzájemný poměr mezi slámou a semenem se u variant přihnojených fosforem snižoval oproti kontrole s 3,19 na 2,96, respektive 2,91. Fosfor se tedy podílel na zvýšení podílu semene rostlinou.

Počet tobolk na 1 rostlinu se u variant se stupňovanými dávkami P snižoval z 5,8 u kontroly na 5,6 a var. 2 a 5,2 u var. 3. Velikost jedné tobolky však byla výrazně vyšší (12,7 – 13,1 ml) a po přepočtu na počet tobolk dosahovala u kontroly objemu 55,1 ml, u var. P₁ 73,4 ml a u var. P₂ 62,7 ml. Zvýšení objemu u těchto variant činilo oproti fosforem nehnojené kontrole 33,1 %, respektive 13,8 %. To vedlo k většímu zastoupení tobolk v makovině (tobolka + 15 cm stonk). Byl tedy předpoklad dosažení vyššího obsahu morfinu. Z výsledků pokusu se však tento předpoklad nepotvrdil, a jak ukazuje tab. 7, obsah morfinu byl naopak v makovině z variant hnojených fosforem o 7,2 až 8,5 % nižší.

Tabulka 5: Obsah živin v rostlinách máku v DC 41

Var. č	Sušina 1 rostl. v g	% živiny v sušině				
		N	P	K	Ca	Mg
1.Kontrola	1,79	3,71	0,48	5,55	2,63	0,319
2.P ₁	2,64	3,54	0,58	5,01	2,36	0,301
3. P ₂	2,47	3,73	0,61	4,50	2,33	0,306

Tabulka 6: Odběr živin vyprodukovanou sušinou u nadzemní hmoty máku

Var. č.	Odběr živin v mg.sušina rostliny ⁻¹									
	N		P		K		Ca		Mg	
	mg	rel.%	mg	rel.%	mg	rel.%	mg	rel.%	mg	rel.%
1.Kontrola	66,4	100,0	8,59	100,0	99,3	100,0	47,1	100,0	5,71	100,0
2.P ₁	93,4	140,7	15,31	178,2	132,3	133,2	62,3	132,3	7,94	139,1
3. P ₂	92,1	138,7	15,01	174,7	111,1	111,9	57,5	122,1	7,55	132,2

Tabulka 7: Průměrné výsledky sklizně

Var. č.	Výnos semene		Počet tobolk na rostl.	Hmotnost mak.slámy		Poměr sláma/semeno	Obsah morfinu %	Objem tobolk v ml
	g.nádoba ⁻¹ (P<0,05)	rel %		g.nádoba ⁻¹ (P<0,05)	rel. %			
1.Kontrola	13,09 (a)	100,0	5,8	41,77 (a)	100,0	3,19	0,83	9,5
2.P ₁	14,22 (a)	108,6	5,6	42,10 (a)	100,8	2,96	0,76	13,1
3.P ₂	13,51 (a)	103,2	5,2	39,30 (a)	94,8	2,91	0,77	12,1

P<0,05 – statistická průkaznost na 95% hladině významnosti

B) Polní pokus

Ve fázi 6 listu byla hmotnost sušiny rostlin bez ohledu na varianty hnojení vyrovnaná a pohybovala se v průměru od 0,14 g do 0,16 g. Ve vývojové fázi DC 41 (15.6.2006) se však hmotnost sušiny u variant hnojených P oproti kontrole hnojené pouze dusíkem výrazně zvýšila a to se odrazilo zvláště ve sníženém obsahu N v rostlinách a vyrovnaném obsahu P (tab. 8). Zvýšená produkce sušiny zvýšila odběr všech živin jak ukazuje tab. 9 oproti kontrolní variantě, kde došlo k jeho snížení. Odběr N sušinou u var. 2 a 3 se zvýšil

z 91,7 mg na rostlinu na 117,6 – 120,8 mg t.j o 28,2 – 31,7 % a u P z 16,25 mg na 26,78 – 26,9 mg t.j zvýšení o 64,8 – 65,5 %. Synergický vliv fosforu byl zaznamenán i u K, u kterého došlo k průměrnému zvýšení o 60%, rovněž u Ca (o 47,4 %), Mg (o 37,0 %) a S (o 60,7 %).

Za normálních povětrnostních podmínek by byl předpoklad výrazného zvýšení výnosu. V důsledku suchého července, kdy spadlo pouze 1,7 mm srážek (tab. 4) a průměrného zvýšení teploty o 3,9 °C (v porovnání s normálem), však došlo k negativnímu ovlivnění růstu a to se projevilo i ve výnosech jak ukazuje

tab. 10. Prokázalo se, že lepší výživný stav rostlin, i když se neprojevil statisticky průkazným zvýšením výnosu, vedl u var. 2 a 3 k jeho nárůstu z 1,806 t.ha⁻¹ semene na 1,882 t.ha⁻¹. Zvýšení sice dosáhlo pouze 76

kg semene na ha nicméně prokázalo pozitivní vliv P na chemické složení rostlin i na ekonomiku pěstování máku. Přírůstek výnosu při ceně 27 Kč.kg⁻¹ zvýšil zisk o 2 052 Kč.ha⁻¹.

Tabulka 8: Obsah živin v rostlinách máku v DC 41

Var. č	Sušina l rostl. v g	% živiny v sušině					
		N	P	K	Ca	Mg	S
1.Kontrola	2,58	3,53	0,63	4,56	2,60	0,36	0,23
2.P ₁	4,54	2,59	0,59	4,16	2,18	0,28	0,21
3. P ₂	4,27	2,83	0,63	4,30	2,42	0,28	0,28

Tabulka 9: Odběr živin vyprodukovanou sušinou u nadzemní hmoty máku

Var. č.	Odběr živin v mg.sušina rostliny ⁻¹									
	N		P		K		Ca		Mg	
	mg	rel.%	mg	rel.%	mg	rel.%	mg	rel.%	mg	rel.%
1.Kontrola	91,7	100,0	16,25	100,0	117,6	100,0	67,1	100,0	9,28	100,0
2.P ₁	117,6	128,2	26,78	164,8	188,8	160,5	98,9	147,4	12,71	137,0
3. P ₂	120,8	131,7	26,90	165,5	183,6	156,1	103,3	153,4	12,00	129,3

Tabulka 10: Průměrné výsledky sklizně

Var.č.	Výnos semene		Hmotnost makoviny		Počet tobolek	Obsah morfinu %
	t.ha ⁻¹ (P<0,05)	rel. %	g.rostlina ⁻¹ (P<0,05)	rel. %		
1.Kontrola	1,806 (a)	100,0	2,52 (a)	100,0	1,73	0,72
2.P1	1,882 (a)	104,2	2,18 (a)	86,5	1,35	0,66
3.P2	1,883 (a)	104,3	2,66 (a)	105,5	1,65	0,69

P<0,05 – statistická průkaznost na 95% hladině významnosti

Závěr

Aplikace fosforečných hnojiv při nízké a vyhovující zásobě fosforu v půdě pozitivně ovlivňuje hmotnost sušiny a obsah fosforu v rostlině. Zvýšená produkce sušiny se kladně odrazila v intenzivním odběru P (nárůst o 71 %), ale i N, K, Ca a Mg, které oproti variantě bez P se zvýšily v průměru o 30 - 37 %.

Výnos semene sice nezaznamenal statisticky průkazné rozdíly, ale vedl k jeho zvýšení o 3,2 – 8,6 %, což představuje nárůst zisku při ceně 27 Kč za kg semene minimálně o 2052 Kč na ha. Použitím fosforečných hnojiv se současně zlepšuje i živinný režim a zásoba tohoto prvku v půdě.

Použitá literatura

- Costes, B., Milhet, Y., Candillon, C., Magnier, G. (1976): *Physiologia plantarum* 36, 201-207.
 Edelbauer, A., Stangl, J. (1993): *Journal für landwirtschaftliche Forschung*, 44. Band, 15-27.
 Kahar, L.S., Nigam, K.B. (1990): *Indian J. of Agr. Sci.* 60:6, 417-418.
 Lošák, T., Richter, R. (2005): *Plant Soil and Environment*. Vol.50:11., 484-488.
 Lošák, T., Páleníček, L., Richter, R. (2005a): *Rośliny oleiste*, 108-109.
 Lošák, T., Richter, R., Hlušek, J., Popp, T., Antonkiewicz, J., Duksay, L. (2005b): *Fertilizers and Fertilization* Nr 3 (24), VII, 379-383.
 Ramanathan, V. S. (1979): *Indian J. Agric. Res.*, 13, 85.
 Tomar, S.S., Abbas, M., Trilochan-Singh, Nigam, K.B., Singh (1994): *Indian Journal of Agronomy*, 39:4, 713-714.
 Yadav, R. L., Mohan, R., Singh, R., Verma, R. K. (1984): *Indian J. of Agr. Sci.* Camb. 102, 361-366.

Kontaktní adresa

Prof. Ing. Rostislav Richter, DrSc., Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1,613 00 Brno, tel.. 545 133 104, fax 545 133 096, e-mail: rich@mendelu.cz

Příspěvek je řešený v rámci grantu „Inovace pěstitelských technologií máku (*Papaver somniferum*)“ pod označením QF 3173.