

ENSAIOS PRELIMINARES SOBRE A APLICAÇÃO DE MOLIBDÊNIO E DE COBALTO NA CULTURA DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)*

Arnoldo Junqueira Netto
Osmar Souza dos Santos
Homero Aidar
Clibas Vieira**

1. INTRODUÇÃO

Os ensaios de adubação da cultura do feijão, realizados na Zona da Mata de Minas Gerais, têm mostrado resposta positiva à aplicação dos adubos fosfatado e nitrogenado e ausência de resposta ao fertilizante potássico (7, 9, 14). A aplicação de calcário também pode aumentar a produtividade da cultura (10). Quanto aos micronutrientes, há apenas um estudo realizado por BRAGA (6), que encontrou resposta positiva e linear à aplicação de boro até 0,69 kg/ha e resposta quadrática ao molibdênio, sendo o rendimento máximo obtido com 13,5 g/ha deste nutriente.

Além de ser essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas superiores, o Mo tem também efeito direto, benéfico, na fixação simbiótica do N atmosférico (3, 4). Em testes preliminares realizados em Viçosa, foi verificado que, em solos dotados de *Rhizobium phaseoli*, o Mo pode substituir a adubação nitrogenada em algumas variedades de feijão (12).

O Co é outro elemento essencial para a fixação simbiótica do N, conforme foi verificado em alfafa (8, 11) e soja (1, 2). Em seringueira, a aplicação de pequena dose de Co foi capaz de aumentar, significativamente, o peso da matéria seca e a altura da planta (5).

No presente artigo serão relatados os efeitos do Mo e do Co na cultura do feijão, quando aplicados em solos típicos da região, isto é, argilosos, medianamente ácidos, com baixo teor de P e de Al trocável, médio a alto teor de K e teor médio de Ca + Mg.

2. MATERIAL E METODOS

O primeiro experimento foi instalado na Fazenda São Geraldo, de Francisco Ferreira de Paula, no Município de Paula Cândido, na Zona da Mata, em 3 de novem-

* Recebido para publicação em 2-08-1977.

** Respectivamente, Prof. Assistente da Escola Superior de Agricultura de Lavras, MG, Prof. Assistente da Universidade Federal de Santa Maria, RS, Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e Prof. Titular da Universidade Federal de Viçosa, MG (todos bolsistas do CNPq, à exceção do terceiro autor).

bro de 1975, utilizando-se delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos estão arrolados no Quadro 1. O calcário foi aplicado na dosagem de 2000 kg/ha (PRNT = 52,4%) e o superfosfato simples na dosagem de 1000 kg/ha, equivalente a 200 kg de P_2O_5 /ha, sendo ambas as aplicações feitas por ocasião da semeadura. O Mo foi aplicado na quantidade de 12,9 g/ha, na forma de $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ (molibdato de sódio), nas sementes umedecidas; o Co, na dosagem de 0,25 g/ha, na forma de $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ (cloreto de cobalto), aplicado em solução nas sementes.

O segundo experimento foi montado na Fazenda Água Limpa, de Roberto Ferreira da Silva e José Francisco da Silva, no Município de Viçosa, Zona da Mata, em 18 de março de 1977. Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos estão alistados no Quadro 2. Como fonte de P, empregou-se o superfosfato simples, na dosagem de 150 kg/ha de P_2O_5 . O N, na forma de sulfato de amônio, foi aplicado em duas dosagens: 20 e 40 kg/ha. O Mo e o Co foram aplicados nas mesmas quantidades e da mesma forma empregada no ensaio anterior. Como este segundo experimento foi instalado em terreno de pastagem, onde, seguramente, o feijão não foi plantado nos últimos 15 anos, resolveu-se inoculá-lo com *R. phaseoli*. Para tanto, utilizou-se terra proveniente de terreno sabidamente contaminado pela bactéria e não adubado no último ano agrícola, colocada nos sulcos de plantio.

Nos dois experimentos, cada parcela foi constituída de quatro fileiras com 5 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m. Nas fileiras foram colocadas cerca de 15 sementes por metro da variedade 'Ricobaio 1014'. Nas colheitas, realizadas em 21 de janeiro de 1976 e 14 — 21 de junho de 1977, consideraram-se apenas as duas fileiras centrais, desprovidas de 0,5 m de cada extremidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Primeiro Experimento

Os resultados obtidos encontram-se no Quadro 1. O Co sozinho dobrou a produção de feijão, enquanto o Mo aumentou-a em 130%, em relação à testemunha. Associados, esses elementos foram tão eficientes quanto o superfosfato simples. Quando se associou P com Co, com Mo ou com ambos, os resultados não foram melhores do que o conseguido com apenas P. O calcário não teve efeito significativo sobre a produção; mas, associado aos micronutrientes, principalmente ao Mo, trouxe acentuado aumento de produção, talvez causado apenas por eles. Os mais altos rendimentos foram obtidos no tratamento PCa, com ou sem Mo e Co. Em certos tratamentos observou-se que o Co deprimiu a produção; isso pode ser verificado quando se compara o tratamento PCo com P ou CaMoCo com CaMo ou, ainda, CaPCo com CaP.

De modo geral, o efeito dos tratamentos sobre a produção de palha seguiu, aproximadamente, a mesma tendência observada na produção de sementes, embora com respostas percentuais menores. Realmente, há uma correlação entre esses dois parâmetros ($r = 0,659^{**}$). Chama a atenção a alta produção de palha (162% de aumento em relação à testemunha) no tratamento CaCo.

As alturas de plantas seguiram, aproximadamente, as produções de sementes ($r = 0,752^{**}$), mas não as de palha ($r = 0,483$ n.s.). Neste último caso, a correlação não é significativa por causa do tratamento CaCo, que produziu as plantas mais baixas, embora as mais pesadas. Eliminando este tratamento, obtém-se $r = 0,863^{**}$.

Não houve efeito significativo dos tratamentos sobre os pesos médios das sementes.

Possivelmente, no presente experimento, a ação benéfica do Mo e do Co se deve ao seu efeito sobre a fixação simbiótica de N. O solo utilizado estava contaminado por *Rhizobium phaseoli*, comum na área, ocorrendo nodulação em todos os tratamentos. Outros efeitos benéficos do Mo podem ser supostos, porquanto, isoladamente, teve efeito algo superior ao Co sobre a produção de sementes e, combinados, igualaram-se ao efeito do superfosfato simples. Possivelmente este adubo apresenta esses micronutrientes como impureza (13), daí a associação deles com P não ter causado aumento na produção. Isto explicaria também por que o Co deprimiu a produção quando associado ao P, o que se verifica quando se comparam os tratamentos P e PCo e, também, CaP e CaPCo: o cobalto trazido pelo superfosfato somado ao adicionado como cloreto teria aumentado o teor no solo para nível algo indesejável, porquanto o cobalto deve ser aplicado em quantidades extremamente pequenas, medidas em partes por bilhão.

QUADRO 1 - Resultados médios obtidos no experimento de Paula Cândido, MG, em 1975/76

Tratamento	Produção de sementes		Produção de palha		Alturas das plantas		Peso de 100 sementes	
	kg/ha	%	kg/ha	%	cm	%	g	
O (testemunha)	583	100	663	100	27,7	100	17,8	
Co	1166	200	1070	161	32,6	118	17,5	
Mo	1342	230	991	149	30,1	109	19,0	
CoMo	1532	263	1302	196	42,1	152	18,5	
P	1526	262	1416	213	48,9	176	18,4	
PCo	1392	239	1338	202	53,2	192	17,8	
PMo	1500	257	1345	203	43,2	156	18,1	
PMoCo	1546	265	1371	207	49,9	180	18,1	
Ca	641	110	805	121	31,0	112	17,7	
CaCo	1045	179	1741	262	24,6	89	17,1	
CaMo	1556	267	1362	205	45,5	164	17,9	
CaMoCo	1319	226	962	145	35,6	128	18,2	
CaP	1629	279	1347	203	46,0	166	18,3	
CaPCo	1475	253	1399	211	49,9	180	18,3	
CaPMo	1557	267	1448	218	58,9	213	17,7	
CaPMoCo	1645	282	1382	208	63,2	228	17,7	
C.V.	9,6%		16,7%		11,8%		5,9%	
Dif. Sign. 5% (*)	133		213		12,9		n.s.	

(*) Teste de Tukey.

QUADRO 2 - Resultados médios obtidos no experimento de Viçosa, MG, em 1976/77

Tratamento	Produção de sementes "Stand" final		Altura das plantas		Cor das folhas	Nodulação
	kg/ha	%	nº	%	cm	%
O (testemunha)	306	100	80	100	26,0	100
Co	283	92	97	121	25,2	97
Mo	329	107	105	131	26,0	100
N ₁	287	94	71	89	25,0	96
MoCo	261	85	105	131	22,7	87
N ₁ Mo	366	120	106	132	26,7	103
N ₁ Co	260	85	97	121	25,0	96
P	652	213	83	104	35,2	135
PMo	734	240	105	131	35,5	136
PCo	686	224	100	125	34,7	133
PCoMo	522	170	106	132	30,2	116
N ₁ P	701	229	77	96	40,2	155
N ₂ P	1108	362	84	105	46,2	178
N ₁ PCoMo	1139	372	107	134	45,2	174
C.V.	19,8%		7,8%		9,4%	
Dif. sign. 5% (*)	273		18,7		7,5	

(*) Teste de Tukey.

3.2 Segundo Experimento

Os resultados obtidos encontram-se no Quadro 2. As produções de feijão foram prejudicadas pela escassez de chuvas no período final do ciclo da cultura.

Nos tratamentos sem P as produções foram baixas, as plantas desenvolveram-se mal e exibiram coloração verde-escura e a nodulação foi nula. Essas ocorrências comprovam a pobreza em P do solo utilizado.

Com a aplicação do superfosfato simples a produção dobrou e as plantas mostraram-se cerca de 10 cm mais altas, porém as folhas exibiram coloração verde-amarelada, demonstrando carência de N. Esta deficiência não pôde ser corrigida pelo Mo e pelo Co, embora estes tenham melhorado a nodulação radicular. No tratamento N₁P as plantas apresentaram coloração mais escura, mas a produção não diferiu, significativamente, da dos tratamentos P, PMo, PCo e PMoCo.

As maiores produções foram obtidas nos tratamentos N₂P e N₁PCoMo, com resultados praticamente idênticos, isto é, cerca de 800 kg/ha mais do que a testemunha (aumento de 270%). As plantas quase dobraram de altura, ostentando coloração verde normal. Portanto, o solo utilizado era também bastante deficiente em N, e o Mo e Co tiveram o mesmo efeito de uma dose do adubo nitrogenado.

A inoculação do solo com *Rhizobium phaseoli* não foi muito eficiente, mesmo nas parcelas que receberam P. É possível que, com melhor nodulação, os efeitos do Mo e do Co fossem mais conspícuos, conforme observado no ensaio de Paula Cândido.

Houve correlação significativa entre a altura das plantas e a produção de sementes ($r = 0,919^{**}$), tal qual no primeiro experimento.

O «stand» final atingiu os mais altos valores nos tratamentos com Co, Mo ou ambos. Seria interessante determinar a razão deste sucedido.

4. RESUMO

Estudaram-se os efeitos do molibdênio e do cobalto sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Ricobaio 1014'), em experimentos de campo realizados em Paula Cândido e Viçosa, Minas Gerais. O Mo foi aplicado na base de 12,91 g/ha, na forma de molibdato de sódio, e o Co na base de 0,25 g/ha, na forma de cloreto de cobalto, ambos sobre sementes umedecidas.

Em Paula Cândido, em solo contaminado por *Rhizobium phaseoli*, a produção de sementes, a produção de palha e a altura das plantas foram aumentadas pela aplicação de Co e Mo, conforme segue: 100 e 130%, 61 e 49% e 18 e 9%, respectivamente. Juntos, esses micronutrientes foram tão eficientes como o superfosfato simples aplicado na dose de 1000 kg/ha. A combinação deste adubo com Mo e Co não aumentou a produção de sementes, quando comparada com superfosfato apenas ou Mo + Co.

Em Viçosa, o solo não continha *R. phaseoli*, sendo necessário introduzi-lo. Sozinhos, ou apenas com P ou N, o Mo e o Co não influenciaram, significativamente, a produção de grãos e a altura das plantas. Porém, associados com o P (750 kg/ha de superfosfato simples) e uma dose de N (20 kg/ha), igualaram os resultados do tratamento N₂P, aumentando a produção em 270% e a altura das plantas em 75% em relação à testemunha sem adubo. Portanto, o Mo mais o Co tiveram, nesse tratamento, o mesmo efeito de uma dose de N.

5. SUMMARY

The effects of molybdenum and cobalt on dry bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Ricobaio 1014') were studied in field experiments at Paula Cândido and Viçosa, Minas Gerais, Brazil. Molybdenum was applied at the rate of 12.91 g/ha as Na₂MoO₄, and cobalt was used at the rate of 0.25 g/ha as CoCl₂, both applied to the moist seeds.

At Paula Cândido the soil was already contaminated by *Rhizobium phaseoli*. Seed production, straw production, and plant height were increased by the application of cobalt and molybdenum as follows: 100 and 130%, 61 and 49%, and 18 and 9%, respectively. Together, molybdenum and cobalt were as efficient as the ordinary superphosphate applied at the rate of 1,000 kg/ha. The combination of this fertilizer with molybdenum and cobalt did not increase the yield as compared to the superphosphate alone or molybdenum plus cobalt.

At Viçosa the soil had no *R. phaseoli*, and it was introduced during planting. Alo-

ne or associated with only phosphorus or nitrogen, the elements molybdenum and cobalt had no significant effects on yield and plant height. However, associated with phosphorus (750 kg/ha of ordinary superphosphate) and a dose of nitrogen (20 kg/ha), they attained the same results as the treatment N_2P , increasing the yield and plant height as follows: 270 and 75%, respectively. Therefore, molybdenum plus cobalt showed in that treatment the same effect as a nitrogen dose.

6. LITERATURA CITADA

1. AHMED, S. & H.J. EVANS. Cobalt: a micronutrient element for the growth of soybean plants under symbiotic conditions. *Soil Sci*, 90: 205-210. 1960.
2. AHMED, S. & H.J. EVANS. The essentiality of cobalt for soybean plants grown under symbiotic conditions. *Proc Nat Acad Sci*, 47: 24-36. 1961.
3. ANDERSON, A.J. Molybdenum as a fertilizer. *Adv in Agronomy*, 8: 163-202. 1956.
4. ARNON, D.I. & P.R.S. STOUT. Molybdenum as an essential element for high plants. *Plant Physiol.*, 14: 599-602. 1939.
5. BOLLE — JONES, E.W. & V.R. MALLIKARJUNESWARA. A beneficial effect of cobalt on the growth of the rubber plant (*Hevea brasiliensis*). *Nature*, 179: 738-739. 1957.
6. BRAGA, J.M. Resposta do feijoeiro 'Rico 23' à aplicação de enxofre, boro e molibdênio. *Rev Ceres*, 19: 222-226. 1972.
7. BRAGA, J.M., B.V. DEFELIPO, C. VIEIRA & L.A.N. FONTES. Vinte ensaios de adubação N-P-K da cultura do feijão na Zona da Mata, Minas Gerais. *Rev Ceres*, 20: 370-380. 1973.
8. DELWICHE, C.C., C.M. JOHNSON & H.M. REISENAUER. Influence of cobalt on nitrogen fixation by Medicago. *Plant Physiol*, 36: 73-78. 1971.
9. FONTES, L.A.N., F.R. GOMES & C. VIEIRA. Resposta do feijoeiro à aplicação de N, P, K e calcário, na Zona da Mata, Minas Gerais. *Rev Ceres*, 12: 265-285. 1965.
10. FONTES, L.A.N., L.J. BRAGA & F.R. GOMES. Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de calcário, adubo nitrogenado e fosfatado, em municípios da Zona da Mata, Minas Gerais. *Rev Ceres*, 20: 313-325. 1973.
11. REISENAUER, H.M. Cobalt in nitrogen fixation by a legume. *Nature*, 186: 375-376. 1960.
12. ROBITAILLE, H.A. Effect of foliar molybdenum sprays on nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L. *Ann Rept Bean Improvement Cooperative* 18: 65. 1975.
13. SWAINE, D.J. *The trace element content of fertilizers* Farnham Royal, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1962. 306 p. (Tech. Communication no. 52).
14. VIEIRA, C. & F.R. GOMES. Ensaio de adubação química do feijoeiro. *Rev Ceres*, 11: 253-264. 1961.