

EFEITOS DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE COBALTO ASSOCIADAS A MOLIBDÊNIO NO DESENVOLVIMENTO RADICULAR E PRODUÇÃO DA SOJA 'BR-133'

Paulo R. C. Castro¹, Gustavo P. Silva², Jerry H. Stoller³

¹Departamento de Ciências Biológicas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP

E-mail: pcastro@esalq.usp.br

²Stoller do Brasil Ltda., Cosmópolis, SP

³ Stoller Interprises, Inc., Houston, Texas, EUA

RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes teores de cobalto associados com concentração constante de molibdênio, desenvolveu-se o presente trabalho em área experimental do Departamento de Ciências Biológicas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP, Piracicaba, SP. Os tratamentos efetuados nas sementes de soja (*Glycine max* cv, BRS-1333 foram: 0, 2,41, 3,42, 4,42, 5,41 e 6,42 g ha⁻¹ de cobalto associados com 24,1 g ha⁻¹ de molibdênio. A semeadura em rizotrons e em vasos de 20 kg contendo argila, areia e matéria orgânica (2:2:1) foi realizada em 14/02/2006. Com a germinação em 20/02/2006 iniciaram-se as mensurações diárias do crescimento da raiz principal, até que um dos tratamentos atingisse o fundo do rizotron (7 DAG). O comprimento total das raízes foi determinado pelo programa SIARCS. Paralelamente a soja foi cultivada em vasos, cuja colheita foi efetuada em 12/07/2006 para determinação da produtividade. Os dados foram submetidos a análise de variância e ao teste Duncan (5%). Verificou-se que Co 6,42 g ha⁻¹ + Mo 24,1 g ha⁻¹ promoveu maior crescimento da raiz principal no 3°, 5°, 6° e 7° DAG; sendo que o comprimento total das raízes também mostrou-se superior na soja tratada com Co 6,42 g ha⁻¹ + Mo 24,1 g ha⁻¹. Aplicação de 4,42 e 5,41 g ha⁻¹ de Co na mistura aumentou a massa de vagem e a massa de grãos por planta.

Palavras-chave: Co-Mo platinum, teor de cobalto, produtividade, *Glycine max*

EFFECTS OF SEVERAL COBALT CONCENTRATIONS ASSOCIATED WITH MOLYBDENUM ON ROOT GROWTH AND PRODUCTION OF SOYBEAN

ABSTRACT

Aiming at evaluating the effects of different concentrations of cobalt associated with concentration of molybdenum, after seed treatment, this experiment was accomplished in the experimental area of the Department of Biological Sciences, College of Agriculture, University of São Paulo, in Piracicaba, SP, Brazil. The treatments realized on soybean seeds (*Glycine max* cv. BRS-133) were 0, 2.41, 3.43, 4.42, 5.41 and 6.42 g ha⁻¹ of cobalt associated with 24.1 g ha⁻¹ of molybdenum. Sowing in rhizotrons and in vases of 20 kg containing clay, sand and organic matter (2:2:1) were done on February 14, 2006. With the germination six days later (02/20/06) the evaluations of root growth were observed during seven days and total growth of roots was established by SIARCS, program. The vases were maintained at field capacity and under low conventional fertilization. Soybean was harvested on July 12, 2006 and of the number of pods per plant, dry mass of pods per plant, dry mass of seeds per plant and mass of 100 seeds were

determined. The data were submitted to variance analysis and the significant results were analysed through Duncan's test (5%). The results showed that Co 6.42 g ha⁻¹ plus Mo 24.1 g ha⁻¹ promoted better growth of mean root on the 3th, 5th, 6th and 7th DAG; total growth of roots presented better performance of soybean under the same treatment. Application of 4.42 and 5.41 g ha⁻¹ of Co in the mixture increased pods mass and the mass of seeds per plant.

Key words: Co-Mo platinum, cobalt level, productivity, *Glycine max*

INTRODUÇÃO

Cobalto é requerido por leguminosas dependentes da fixação biológica de nitrogênio para seu suprimento de nitrogênio (Holm-Hansen et al., 1954) e respostas de campo de culturas leguminosas a aplicações de cobalto têm sido observadas (Gladstones et al., 1977).

Verificou-se que o cobalto é essencial para certas leguminosas que se desenvolvem sob condições simbióticas, mas não pode ser demonstrada resposta ao elemento quando a planta é suprida com nível adequado de nitrogênio. Esses resultados indicam que o cobalto desempenha papel no metabolismo do *Rhizobium* e na relação simbiótica do mesmo com a leguminosa hospedeira. Demonstrou-se que o crescimento de *Rhizobium japonicum* é aumentado diversas vezes por traços de cobalto (0,5 ppb) (Lowe & Evans, 1962).

Foi efetuado um trabalho para determinar o requerimento e especificidade do cobalto para o crescimento de espécies de *Rhizobium*. Notou-se que a adição de 0,1 ppb de cobalto resultou em aumento marcante no crescimento das espécies *Rhizobium meliloti*, *R. trifolii*, *R. leguminosarum* e *R. phaseoli* e que esse efeito é altamente específico para o cobalto. Observou-se que a resposta de *R. meliloti* foi superior a das outras espécies. Em função dos níveis requeridos de cobalto e das respostas definidas obtidas com outras espécies, parece provável que o cobalto é

indispensável para o crescimento do rizóbio em geral (Lowe & Evans, 1962).

Considerou-se que a suplementação com cobalto aumentou o crescimento de seringueira (Bolle-Jones & Mallikarjuneswara, 1957) e tomateiro; além de aumentar a alongação de seções do caule de ervilha Ahmed & Evans (1959) sugeriram que plantas de soja desenvolvendo-se com fixação simbiótica de nitrogênio, como sua única fonte desse nutriente, foram especialmente beneficiadas com pequenas quantidades de cobalto Delwiche et al. (1961) observaram grandes reduções na quantidade de nitrogênio fixado por alfafa (*Medicago sativa*) inoculada, quando as soluções de cultivo eram cuidadosamente purificadas com relação a contaminação de cobalto. Foi evidenciada grande diferença na produção quando se comparou plantas inoculadas de alfafa desenvolvendo-se em soluções deficientes e supridas com cobalto.

Os nódulos das leguminosas contêm hemoglobina similar a do sangue dos animais. A fixação do nitrogênio está diretamente relacionada com o conteúdo de hemoglobina no nódulo. Verificou-se que a vitamina B12 tem sido encontrada concentrada nos nódulos radiculares das leguminosas, e particularmente naqueles que contêm hemoglobina. A síntese de hemoglobina no nódulo resulta da relação simbiótica, uma vez que ela não é sintetizada pela planta ou pelo microrganismo, sozinhos (Keilin & Smith, 1947). A possível relação entre o cobalto e o processo de fixação biológica do nitrogênio foi demonstrada pela essencialidade de cobalto para o crescimento da alga azul-

verde, quando notou-se que em culturas com baixo teor de cobalto houve maior redução no crescimento em espécies fixadoras de nitrogênio do que em espécies que requeriam nitrogênio combinado (Holm-Hansen et al., 1959).

Cultivou-se alfafa em soluções nutritivas, não purificadas, sem cobalto e suplementadas com cobalto; inoculadas e não inoculadas. Plantas em soluções não purificadas e suplementadas com cobalto mostraram nódulos maiores do que aquelas de soluções sem cobalto. Plantas não inoculadas e sem cobalto mostraram sintomas de deficiência de nitrogênio, enquanto que as plantas inoculadas e com suplementação de cobalto apresentaram-se verdes e supridas de nitrogênio. Adição de cobalto em soluções purificadas aumentou o crescimento das plantas em 66% durante um período de déficit hídrico de duas semanas; sendo que a massa dos nódulos foi dobrada. Na presença de *Rhizobium*, mas sem adição de cobalto, as plantas fixaram 34 mg de nitrogênio sem cloreto de sódio, e 27 mg com cloreto de sódio. Entretanto, com a suplementação de cobalto as culturas correspondentes fixaram 237 e 154 mg de nitrogênio, respectivamente. Cobalto demonstrou ser o fator determinante da fixação de nitrogênio por alfafa inoculada. A magnitude dos resultados obtidos indicaram a função essencial do cobalto na fixação simbiótica do nitrogênio (Reisenauer, 1960).

O complexo nitrogenase envolve uma ferro-proteína (dinitrogenase reductase) e uma molibdênio/ferro-proteína (dinitrogenase). Nesta atuam três formas de co-fatores cada uma denominada pelo seu componente metálico: Fe Mo Co e Fe V Co contendo um átomo de molibdênio ou vanádio, respectivamente, enquanto que o único metal presente no Fe Fe Co é o ferro. Fe

Mo Co é o mais eficiente dos co-fatores seguido pelo Fe V Co.

Sob condições de deficiência de molibdênio, a bactéria de vida livre fixadora de nitrogênio pode sintetizar nitrogenases que utilizam Fe V Co ou Fe Fe Co. A forma Fe Mo Co de nitrogenase é a única encontrada em bactérias que estabelecem relações simbióticas com plantas. Mo-desidrogenase pode reduzir diversos compostos com múltiplas ligações, inclusive dinitrogênio e acetileno. Acetileno é convertido em etileno propiciando um teste para atividade da nitrogenase *in vivo* e *in vitro* (Crawford et al., 2000).

Em experimento em que cobalto + molibdênio foram aplicados em sementes, com o inoculante, ocorreu aumento de 44,2% na produção. Esse resultado confirma ensaios anteriores que indicaram a importância do molibdênio na fixação biológica do nitrogênio em muitos solos tropicais ácidos. Verificou-se que aplicação de molibdênio e especialmente molibdênio + cobalto em sementes aumentaram a fixação biológica de nitrogênio; sendo que a aplicação foliar de molibdênio + cobalto teve o mesmo efeito nessa fixação (Campo et al., 2000).

MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de soja (*Glycine max* cv. BRS-133) foram tratadas com Co-Mo platinum, produto da Stoller, mantendo-se a concentração de molibdênio (24,1 g ha⁻¹) e variando-se a concentração de cobalto: 2,41, 3,43, 4,42, 5,41 e 6,42 g ha⁻¹, além do controle sem Co.

A semeadura da soja foi realizada em rizotrons irrigados em 14/02/2006. Com a germinação das sementes em 20/02/2006 iniciaram-se as mensurações diárias do crescimento da raiz principal até que um dos tratamentos atingisse o fundo do rizotron (7 DAG). O comprimento total das raízes (CTR) foi também determinado pelo programa SIARCS.

Paralelamente, semeadura da soja foi efetuada em recipientes plásticos com capacidade para 20 litros em 14/02/2006. A germinação das sementes ocorreu em 20/02/2006. A soja foi conduzida sob baixa fertilização convencional, tendo o substrato sido mantido irrigado próximo da capacidade de campo.

A raiz principal da soja atingiu o fundo do mini-rizotron em 7 dias; sendo que a colheita da soja envasada foi realizada em 12/07/2006, quando se determinou o número de vagens/planta, a massa de vagens/planta, a massa de grãos/planta e a massa de 100 grãos.

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste Duncan (5%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na determinação do comprimento da raiz principal da soja cultivar BRS 133, durante sete dias após a emergência da radícula em rizotrons, variando-se as concentrações de cobalto de 2,41 a 6,42 g ha⁻¹ e mantendo-se a concentração de molibdênio em 24,1 g ha⁻¹, verificou-se que Co 6,42 g ha⁻¹ + Mo 24,1 g ha⁻¹ promoveu maior crescimento da raiz principal no 3º, 5º, 6º e 7º dias de medidas com diferenças significativas em relação ao tratamento controle (Tabela 1).

Campo et al. (2000) também observaram que a aplicação de cobalto + molibdênio em sementes aumentou a fixação biológica de nitrogênio. A importância do cobalto nesse processo foi evidenciada por Holm-Hansen et al. (1954), Bolle-Jones & Mallikarjuneswara (1957), Reisenauer (1960), Delwiche et al. (1961), Lowe & Evans (1962) e Gladstones et al. (1977).

O comprimento total das raízes mostrou-se superior nas plantas de soja 'BRS-133' tratadas com Co 6,42 g ha⁻¹ + Mo 24,1 g ha⁻¹ em relação ao controle (Figura 1). Maior desenvolvimento do sistema radicular possibilita uma maior interceptação do rizóbio pelas raízes e uma menor distância entre as raízes e a bactéria.

Os parâmetros relativos à produtividade mostraram que a utilização de 4,42 e 5,41 g ha⁻¹ de cobalto na mistura aumentou a massa de vagens/planta e a massa de grãos/planta (Tabela 2). Campo et al. (2000) também verificaram aumento na produção de soja 'BR 16' quando as sementes foram tratadas com cobalto + molibdênio. Ahmed & Evans (1959) sugeriram que plantas de soja desenvolvendo-se com nitrogênio fixado simbioticamente são especialmente beneficiadas por pequenas quantidades de cobalto.

Tabela 1. Comprimento da raiz principal (cm) da soja 'BRS 133' durante 7 dias após a emergência em rizotrons, após tratamento das sementes com Co-Mo platinum, variando-se as concentrações de cobalto. Análise de variância, valores de F, coeficiente de variação e teste Duncan (5%).

Tratamentos	DIAS						
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º
Controle	4,42 ab	3,88 a	3,38 b	4,06 ab	2,82 c	3,58 b	4,24 c
Co 2,41 Mo 24,1	3,92 ab	4,38 a	3,38 b	3,04 bc	3,30 bc	4,04 b	4,72 bc
Co 3,43 Mo 24,1	4,62 ab	3,72 a	3,56 b	2,80 c	3,94 ab	4,28 b	5,58 abc
Co 4,42 Mo 24,1	4,02 ab	4,08 a	3,94 ab	3,68 bc	3,72 abc	4,18 b	4,88 bc
Co 5,41 Mo 24,1	3,40 b	4,64 a	4,34 ab	3,76 bc	4,22 ab	4,86 ab	6,10 ab
Co 6,42 Mo 24,1	5,48 a	4,68 a	4,96 a	4,90 a	4,32 a	5,74 a	6,84 a
F (trat.)	,151 ^{ns}	0,76 ^{ns}	2,34 ^{ns}	4,62 **	3,31 *	2,98 *	3,06 *
C.V. (5)	30,10	24,26	23,35	21,07	18,96	22,26	22,92

^{ns} não significativo

* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

Obs. Letras semelhantes dentro das colunas demonstram que não há diferença significativa entre as médias pelo teste Duncan (5%).

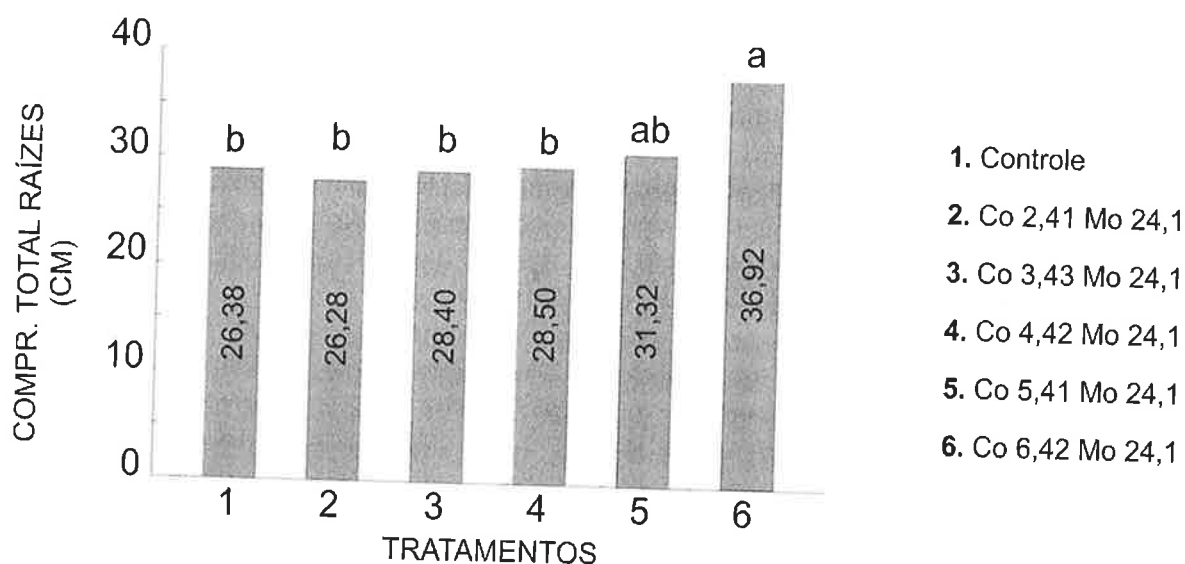


Figura 1. Histograma representativo do comprimento total das raízes da soja 'BR 133' (cm), 7 dias após a emergência em rizotrons pelo programa SIARCS. Após tratamento das sementes com Co-Mo platinum, variando-se as concentrações de cobalto F = 5,75 **, C.V. = 12,63% e teste Duncan (5%).

Tabela 2. Número de vagens (NV), massa de vagens (MV), massa de grãos (MG) e massa de 100 grãos (M 100 G), por planta de soja 'BR 133', após tratamento das sementes com Co-Mo platinum, variando-se as concentrações de cobalto. Análise de variância, valores de F, coeficiente de variação e teste Duncan (5%).

Tratamentos	NV	MV	MG	M 100 G
Controle	220,00 ab	62,47 b	47,20 b	8,55 ab
Co 2,41 Mo 24,1	256,00 ab	64,87 b	49,05 b	7,70 b
Co 3,43 Mo 24,1	205,75 b	64,05 b	48,77 b	8,45 ab
Co 4,42 Mo 24,1	236,75 ab	84,67 a	62,60 a	8,45 ab
Co 5,41 Mo 24,1	281,75 a	77,55 a	59,40 a	7,90 ab
Co 6,42 Mo 24,1	192,50 b	63,60 b	47,90 b	8,80 a
F (trat.)	2,22 ^{ns}	5,55 **	4,37 **	2,25 ^{ns}
C.V. (%)	19,14	11,32	12,22	6,72

^{ns} não significativo

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

Obs. Letras semelhantes dentro das colunas demonstram que não há diferença significativa entre as médias pelo teste Duncan (5%).

CONCLUSÕES

- Aplicação de 6,42 g ha⁻¹ de cobalto + 24,1 g ha⁻¹ de molibdênio promove maior crescimento da raiz principal da soja 'BRS-133' na maioria dos dias de mensuração em rizotrons.
- O comprimento total das raízes também se revela superior no tratamento das sementes de soja com Co 6,42 g ha⁻¹ + Mo 24,1 g ha⁻¹.
- As massas de vagens e de grãos por planta são incrementadas com aplicações de 4,42 e 5,41 g ha⁻¹ de cobalto + 24,1 g ha⁻¹ de molibdênio em plantas de soja envasadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, S.; EVANS, H.J. Effect of cobalt on the growth of soybeans in the absence of supplied nitrogen. **Biochemical Biophysical Research Communication**, v. 1, n. 5, p. 271-275, 1959.
- BOLLE-JONES, E.W., MALLIKARJUNESWARA, V.R. A beneficial effect of cobalt on the growth of the rubber plant (*Hevea brasiliensis*). **Nature**, v. 179, p. 738-737, 1957.
- CAMPO, R.J.; ALBINO, U.B.; HUNGRIA, M. Importance of molybdenum and cobalt to the biological nitrogen fixation. In: **Nitrogen fixation: from molecules to crop productivity**. PEDROSA, F.O.; HUNGRIA, M.; YATES, M.G.; NEWTON, W.E. (Eds.) Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 597-598, 2000.
- CRAWFORD, N.M., KAHN, M.L.; LEUSTEK, T.; LONG, S.R. Nitrogen and sulfur. In: **Biochemistry & molecular biology of plants**. BUCHANAN, B.B.; GRUISSSEN, W.; JONES, R.L. (Eds.), Rockville: American Society of Plant Physiologists, p. 786-849, 2000.
- COWE, R.H.; EVANS, H.J. Cobalt requirement for the growth of rhizobia. **Journal of Bacteriology**, v. 83, p. 210-211, 1962.

- DELWICHE, C.C.; JOHNSON, C.M.; REISENAUER, H.M. Influence of cobalt on nitrogen fixation by *Medicago*. **Plant Physiology**, v. 36, p. 73-78, 1961.
- GLADSTONES, J.S.; LONERAGAN, J.F. GOODCHILD, N.A. Field responses to cobalt and molybdenum by different legume species, with inferences on the role of cobalt in legume growth. **Australia Journal of Agricultural Research**, v. 28, p. 619-628, 1977.
- HOLM-HANSEN, O.; GERLOFF, G.C.; SKOOG, F. Cobalt as an essential element for blue-green algae. **Physiologia Plantarum**, v. 7, p. 665-675, 1954.
- KEILIN, D.; SMITH, J.D. Haemoglobin and nitrogen fixation in the root nodules of leguminous plants. **Nature**, v. 159, p. 692-694, 1947.
- REISENAUER, H.M. Cobalt in nitrogen fixation by a legume. **Nature**, v. 186, p. 375-376. 1960.

TWO NEW SPECIES OF *Galeopsomyia* (HYMENOPTERA, EULOPHIDAE) FROM BRAZIL

Nelson Wanderley Periotto¹, Valmir Antonio Costa², Rogéria Inês Rosa Lara¹

¹Laboratório de Bioecologia e Taxonomia de Parasitóides e Predadores, APTA Ribeirão Preto. Rua Peru, 1472-A, CEP 14075-310, Ribeirão Preto, SP, Brazil, telefax: +55-16-3626-1609. E-mail: nperiotto@apta.sp.gov.br and nperiotto2@gmail.com.

²Instituto Biológico, APTA. Rodovia Heitor Pentecado, km 3. CP. 70, CEP 13001-970, Campinas, SP, Brazil, telefax: +55-19-3252-2942. E-mail: valmir@biologico.sp.gov.br.

ABSTRACT

This paper presents two new species of *Galeopsomyia* (Hymenoptera, Eulophidae) from Brazil. The first, *Galeopsomyia macaxeira* sp. n. was obtained from leaf galls on cassava (*Manihot esculenta*, Euphorbiaceae) and the second, *Galeopsomyia glypta* sp. n., was obtained from cocoons of *Glyptapanteles* sp. (Hymenoptera, Braconidae) parasitizing *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera, Geometridae).

Key words: eucalyptus, *Jatrophobia brasiliensis*, *Manihot esculenta*, Tetrastichinae, *Thyrinteina arnobia*

DUAS NOVAS ESPÉCIES DE *Galeopsomyia* (HYMENOPTERA, EULOPHIDAE) DO BRASIL

RESUMO

Este estudo apresenta duas novas espécies de *Galeopsomyia* (Hymenoptera, Eulophidae) do Brasil. A primeira, *Galeopsomyia macaxeira* sp. n. foi obtida de galhas foliares de mandioca (*Manihot esculenta*, Euphorbiaceae) e a segunda, *Galeopsomyia glypta* sp. n., foi obtida de casulos de *Glyptapanteles* sp. (Hymenoptera, Braconidae) que parasitava *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera, Geometridae).

Palavras-chave: eucalipto, *Jatrophobia brasiliensis*, *Manihot esculenta*, Tetrastichinae, *Thyrinteina arnobia*

INTRODUCTION

The genus *Galeopsomyia* (Hymenoptera, Eulophidae) comprises 17 species distributed in the New World, 12 of which have Neotropical distribution and five of them were recorded from Brazil (Noyes, 2005). Except *G. fausta* LaSalle, 1997, a parasitoid of the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera, Gracillariidae) (LaSalle & Peña, 1997), all

known species of *Galeopsomyia* attack galls, mostly as Cynipidae and Cecidomyiidae parasitoids, but occasionally as inquilines (LaSalle, 1994).

The leaf galls on cassava (*Manihot esculenta*, Euphorbiaceae) is caused by *Jatrophobia brasiliensis* (Rubsamen, 1907) (Diptera, Cecidomyiidae) and have little economic impact but, at severe attack, can deform the leaves and prevent the normal development of young plants.