

# EFEITO DO BORO, MOLIBDÊNIO E ZINCO QUANDO APLICADOS AO REVESTIMENTO DA SEMENTE NA FIXAÇÃO SIMBIÓTICA DO NITROGÊNIO ATMOSFÉRICO DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)<sup>1</sup>

ALAIDES PUPPIM RUSCHEL<sup>2</sup>, DIRCE P.P. DE SOUZA BRITTO<sup>3</sup> e LUIZ FERREIRA DE CARVALHO<sup>4</sup>

## Síntese

Foram executados dois experimentos em casa de vegetação, sendo que no primeiro foram estudados diferentes revestimentos de sementes de soja, com carbonato de cálcio, fosforita e fosfato de cálcio. Além dos três tratamentos foram introduzidos três outros, sendo o primeiro de revestimento da semente com fosfato de cálcio recebendo o solo boro, molibdênio e magnésio; o segundo, o solo além dos micronutrientes já citados, recebeu também calagem com carbonato de cálcio; e o terceiro, testemunha (sem revestimento). Todos os tratamentos competiram com e sem inoculação. No segundo experimento, estudaram-se os seguintes revestimentos: com carbonato de cálcio, com fosforita e um terceiro com 50% de fosforita mais 50% de calcário dolomítico. Cada um dos revestimentos foi combinado com boro, molibdênio e zinco num fatorial de 2<sup>4</sup>.

Ambos os experimentos foram executados em dois solos, um "Gray" Hidromórfico da Série Ecologia e outro Podzólico Vermelho Amarelo da Série Itaguaí, representativos da área do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS).

Em linhas gerais, o presente trabalho revelou eficiência dos tratamentos de revestimento de semente para nodulação e fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico.

Os tratamentos de revestimento da semente reagiram com a inoculação. O melhor revestimento foi o de fosforita para nodulação, peso seco dos nódulos e peso seco de 100 nódulos e também para o desenvolvimento da planta (peso seco) e nitrogênio total fixado. O revestimento da semente com carbonato de cálcio apresentou maior teor de nitrogênio fixado na planta (N%).

O solo da Série Ecologia foi o que revelou maiores reações para os diferentes objetivos pesquisados.

O molibdênio, quando aplicado nos diferentes revestimentos, foi altamente eficiente para a fixação simbiótica do N na planta e quando aplicado junto à fosforita mostrou, também, eficiência para o desenvolvimento da planta.

## INTRODUÇÃO

prática da inoculação de leguminosas, apesar de ser antiga, somente a partir de 1940 teve seu início no Brasil. Embora não seja generalizada atualmente em alguns Estados brasileiros, a inoculação é comum entre os agricultores. Mais recentemente, baseadas em trabalhos feitos na Austrália, foram realizadas pesquisas no sentido de, mediante o revestimento da semente inoculada, preservar-se não só o inoculante co-

mo também propiciar meios para uma inoculação adequada e, conseqüentemente, melhorar a fixação biótica do nitrogênio.

Inúmeros trabalhos foram executados com o intuito de diminuir os efeitos desfavoráveis da acidez do solo à simbiose, para tanto aplicando-se um revestimento à semente. Ruschel e Döbereiner (1965), trabalhando com feijão, conseguiram obter efeitos favoráveis do revestimento, não só na germinação, como também na nodulação e fixação simbiótica de nitrogênio.

Experimentos executados em casa de vegetação com soja, mostraram que o efeito do revestimento da semente dependia não só do solo, como também da variedade e da estirpe de *Rhizobium* (Döbereiner et al. 1965).

Não só a eficiência de *Rhizobium* (Norris 1958), como também a planta hospedeira dependem de uma

<sup>1</sup> Recebido em 4 de setembro de 1967 e aceito para publicação em 30 de abril de 1968.

Apresentado no XI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Brasília, julho de 1967.

Boletim Técnico n.º 72 do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS).

<sup>2</sup> Eng.º Agrônomo do IPEACS, Km 47, Campo Grande, GB, ZC-26.

<sup>3</sup> Eng.º Agrônomo do IPEACS e Docente da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Km 47, Campo Grande, GB, ZC-26.

certa quantidade de elementos disponíveis, dentre os quais destacam-se o cálcio, magnésio, boro, molibdênio e zinco. A necessidade de zinco para o bom desenvolvimento da planta somente tomou maior importância, no Brasil, quando recentemente foi constatado que os solos sob vegetação de cerrado, que ocupam uma boa parte do território nacional, mostraram-se carentes deste elemento.

Ruschel *et al.* (1966), trabalhando em feijão com aplicação de micronutrientes no solo, notaram que o magnésio aumentou o número de nódulos, o boro influenciou na nodulação e crescimento da planta quando na presença da calagem e o molibdênio diminuiu o número de nódulos, aumentando no entanto, o nitrogênio fixado pelos nódulos.

Em vista destes resultados seria de interesse um estudo onde a aplicação dos micronutrientes fosse feita no revestimento da semente, em vez de ser espalhado no solo na forma de adubação convencional.

Os resultados colhidos neste trabalho vêm demonstrar a possibilidade de se aplicar os micronutrientes, de modo prático e barato, diretamente no revestimento da semente diminuindo não só as despesas com os produtos químicos, como também a mão-de-obra e o tempo, melhorando além disso, as condições para a simbiose *Rhizobium* — soja e talvez até podendo suprir possíveis deficiências do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho são descritos dois experimentos, nos quais se estuda o problema do revestimento da semente inoculada de soja, sendo um com aplicação de micronutrientes no solo e outro onde os micronutrientes são aplicados no revestimento da semente, ambos executados em casa de vegetação, tendo como planta teste a soja.

**Experimento 1.** Em dois solos, "Gray" Hidromórfico da Série Ecologia e Podzólico Vermelho Amarelo da Série Itaguai (Mendes *et al.* 1954), estudaram-se além de três diferentes revestimentos da semente, a incorporação de elementos menores aos mesmos, sua influência sobre a leguminosa não inoculada e inoculada, bem como a comparação dos tratamentos de revestimentos da semente com o de adição de calcário ao solo.

Com delineamento de blocos ao acaso com três repetições usaram-se os seguintes tratamentos, com e sem inculação, em dois solos:

- A) Testemunha;
- B) Revestimento da semente com  $\text{CaCO}_3$ ;
- C) " " " "  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ;
- D) " " " " fosforita;
- E) " " " "  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  + boro-molibdênio-magnésio no solo;
- F) Calcário + boro-molibdênio-magnésio no solo.

Foi aplicado o revestimento, envolvendo-se a semente com partes iguais de goma arábica, água e inoculante seco. Logo a seguir as sementes foram colocadas em excesso da substância que constituiu o revestimento.

A razão de se incorporar os citados micronutrientes ao Tratamento E foi a de compará-lo ao tratamento C e D, pois ensaios anteriores mostraram que o revestimento da semente com fosforita apresentava bons resultados, o que de certa forma poderia ser devido não só ao cálcio e fósforo como também à contaminação com microelementos existentes na composição da fosforita. Estudaram-se também os efeitos destes micronutrientes quando aplicados ao solo, na simbiose com o *Rhizobium* e sobre a planta (Tratamento F). Aplicou-se o Tratamento B, com revestimento de  $\text{CaCO}_3$ , por ser este o tratamento usual de revestimento.

Todos os tratamentos receberam fósforo e potássio no solo na razão de 50 kg/ha de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  e também ferro, cobre e zinco.

Foram feitas determinações do número, peso seco dos nódulos, peso seco de 100 nódulos e também peso seco, nitrogênio percentual e total da planta.

**Experimento 2.** Este experimento foi executado em casa de vegetação, em potes com capacidade para 2 kg de solo. O esquema experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições, nos mesmos solos do experimento anterior. Experimentaram-se três tipos de revestimentos da semente: com  $\text{CaCO}_3$ , fosforita e um terceiro com a mistura de 50% de fosforita mais 50% de calcário dolomítico. Cada um deles foi combinado com os micronutrientes boro, molibdênio e zinco e suas combinações dando um fatorial de  $2^3$ , ou sejam zero, B, Mo, Zn, BMo, BZn, MoZn e BMoZn. Além desses tratamentos foi usado o tratamento testemunha inoculado sem revestimento um outro tratamento com adição de calagem ao solo.

Os solos receberam adubação básica de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  na razão de 50 kg/ha respectivamente, mais os micronutrientes Cu e Fe, respectivamente na razão de 5,5 e 10,5 kg/ha.

O revestimento foi feito, envolvendo-se a semente com uma mistura de solução de micronutrientes, turfa inoculada e goma arábica, na proporção 2:1:1. A semente assim envolvida foi colocada em excesso da substância que iria constituir o revestimento (ou carbonato de cálcio, ou fosforita, ou fosforita + calcário dolomítico).

As quantidades de micronutrientes usadas no revestimento da semente foram calculadas de acordo com Schiel *et al.* (1960), os quais, preparando inoculantes inertes, aplicaram micronutrientes aos mesmos sem prejuízos para o *Rhizobium*. Testes ante-

riores demonstraram que duplicando-se as quantidades usadas por Schiel *et al.* (1960) aplicando-se ao revestimento da semente, não havia prejuízos para o *Rhizobium* e para a germinação da semente. Usaram-se as seguintes soluções de micronutrientes no revestimento da semente:  $H_3BO_3 = 15$  mg/l;  $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O = 20$  mg/l;  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O = 102$  mg/l. O solo arenoso, Série Ecologia, recebeu calcário, na razão de 1 g/kg de solo e o areno-argiloso, Série Itaguaí, 0,5 g/kg de solo, quantidades estas determinadas por curva de titulação para elevar o pH a 6,2.

Usou-se a soja forrageira, var. Santa Maria. As plantas em plena floração foram colhidas e fizeram-se as mesmas determinações do experimento anterior, para nodulação, peso seco, nitrogênio total e percentual.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos Quadros 1 e 2 observam-se os resultados do Experimento 1.

Pelo Quadro 1 é possível notar que a inoculação influíu na nodulação, aumentando o número e o peso seco dos nódulos, o que vem a confirmar observações de Norris *et al.* (1965), os quais constataram a grande eficiência da inoculação da alfafa com revestimento da semente, quando comparada com os tratamentos sem inoculação.

Nos tratamentos não inoculados, com calcário no solo Ecologia, e revestimento da semente com carbonato de cálcio, notou-se um número médio de nódulos (Quadro 1) o que pode indicar que o *Rhizo-*

*bium* natural do solo, na presença de cálcio e em pH do solo mais elevado, tem capacidade de formar nódulos, tão grandes (peso seco de 100 nódulos) quanto aqueles dos tratamentos inoculados.

A interação significativa tratamento x solos indica que os tratamentos de revestimento da semente não aumentaram o número de nódulos no solo Ecologia; já no solo Itaguaí notou-se que o revestimento da semente com fosfato de cálcio + boro-molibdênio-magnésio no solo, aumentou a nodulação, diferenciando-se estatisticamente dos demais.

Entre todos os tratamentos somente a incorporação de calcário dolomítico ao solo, aumentou a massa nodular.

A interação inoculantes x tratamentos significativa para peso seco de 100 nódulos mostra que o tratamento testemunha (A) inoculado e o da incorporação de calcário ao solo, não inoculado, apresentaram nódulos maiores que os demais tratamentos (Quadro 1).

A interação inoculação x tratamentos para número de nódulos (Quadro 2) indica que o revestimento com fosfato de cálcio teve efeito, apenas quando inoculado.

Confrontando os resultados dessas interações pode-se concluir que a incorporação de calcário ao solo no tratamento inoculado diminuiu o tamanho dos nódulos e que o *Rhizobium* natural do solo neste mesmo tratamento não inoculado, teve capacidade de produzir nódulos maiores. De modo geral, o peso seco de 100 nódulos foi aumentado pelo revestimento da semente com fosforita, assim como no tratamento de incorporação de calcário ao solo.

QUADRO 1. Efeito dos diferentes revestimentos da semente com e sem inoculação na nodulação, desenvolvimento da planta e fixação simbiótica do nitrogênio da soja. Experimento I

| Solos    | Trat.* | Nódulos |         |                |         |                       |         | Planta                   |         |       |         |              |         |
|----------|--------|---------|---------|----------------|---------|-----------------------|---------|--------------------------|---------|-------|---------|--------------|---------|
|          |        | Número  |         | Peso seco (mg) |         | P. seco 100 nód. (mg) |         | Peso seco da planta (mg) |         | N%    |         | N/Total (mg) |         |
|          |        | Inoc.   | S/inoc. | Inoc.          | S/inoc. | Inoc.                 | S/inoc. | Inoc.                    | S/inoc. | Inoc. | S/inoc. | Inoc.        | S/inoc. |
| Ecologia | A      | 22,0    | 0,5     | 104            | 1       | 478                   | 13      | 250                      | 173     | 2,9   | 1,5     | 70           | 26      |
|          | B      | 24,5    | 19,1    | 189            | 58      | 347                   | 301     | 350                      | 173     | 2,9   | 1,5     | 65           | 30      |
|          | C      | 29,4    | 2,1     | 112            | 5       | 417                   | 98      | 253                      | 207     | 2,4   | 1,8     | 60           | 36      |
|          | D      | 18,9    | 8,1     | 93             | 44      | 511                   | 569     | 197                      | 210     | 3,2   | 1,4     | 61           | 29      |
|          | E      | 18,6    | 1,4     | 83             | 1       | 447                   | 43      | 197                      | 243     | 3,2   | 1,0     | 62           | 26      |
|          | F      | 94,0    | 33,0    | 345            | 116     | 402                   | 745     | 713                      | 393     | 3,1   | 2,1     | 219          | 86      |
| Itaguaí  | A      | 30,0    | 2,1     | 73             | 8       | 242                   | 221     | 370                      | 263     | 2,6   | 2,6     | 94           | 58      |
|          | B      | 49,1    | 0,9     | 68             | 2       | 119                   | 26      | 267                      | 303     | 2,7   | 2,0     | 70           | 61      |
|          | C      | 53,5    | 1,9     | 105            | 6       | 198                   | 131     | 357                      | 333     | 2,2   | 2,2     | 78           | 71      |
|          | D      | 36,5    | 8,9     | 84             | 40      | 235                   | 386     | 347                      | 440     | 2,1   | 1,8     | 69           | 78      |
|          | E      | 64,1    | 1,8     | 162            | 17      | 252                   | 294     | 547                      | 405     | 2,2   | 1,6     | 120          | 65      |
|          | F      | 35,3    | 10,2    | 65             | 62      | 186                   | 593     | 337                      | 370     | 2,7   | 2,1     | 89           | 78      |

\* Identificação no Quadro 2.

QUADRO 2. Resultados obtidos nos vários objetivos pesquisados em dois solos com e sem inoculação nos diferentes tratamentos. Experimento 1

|                                                                      | N.º | Nódulos        |                            | Planta        |      |              |
|----------------------------------------------------------------------|-----|----------------|----------------------------|---------------|------|--------------|
|                                                                      |     | Pêso seco (mg) | Pêso seco de 100 nód. (mg) | Pêso seco (g) | N.º  | N/Total (mg) |
| c/Inoculante                                                         | 37* | 108,08         | 306,5                      | 3,4           | 9,9  | 88           |
| c/Inoculante                                                         | 5   | 19,21          | 226,3                      | 2,9           | 7,67 | 53           |
| Solo Ecologia                                                        | 17  | 65,11          | 316,0                      | 2,7           | 8,49 | 64           |
| Solo Itaguaí                                                         | 19  | 45,19          | 217,9                      | 3,6           | 8,60 | 77           |
| <i>Tratamentos</i>                                                   |     |                |                            |               |      |              |
| A Testemunha                                                         | 10  | 31,64          | 195,5                      | 2,6           | 8,75 | 61,9         |
| B Revest. Ca CO <sub>3</sub>                                         | 19  | 44,66          | 169,3                      | 2,4           | 8,60 | 56,7         |
| C Revest. Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>            | 15  | 41,23          | 194,9                      | 2,9           | 8,42 | 61,2         |
| D Revest. fosforita                                                  | 16  | 61,59          | 414,4                      | 3,0           | 8,25 | 59,3         |
| E Revest. Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> — B Mo Mg* | 16  | 49,63          | 224,8                      | 3,4           | 7,38 | 66,9         |
| F Cal. B Mo Mg no solo                                               | 38  | 128,55         | 455,7                      | 4,5           | 9,02 | 118,1        |
| Trat. × inocul.                                                      | **  | —              | —                          | —             | —    | —            |
| Trat. × solos                                                        | **  | —              | —                          | —             | —    | —            |
| Inocul. × solos                                                      | —   | —              | —                          | —             | —    | —            |
| Tret. × solos × inocul.                                              | —   | —              | —                          | —             | —    | —            |

\* Os dados grifados representam os tratamentos classificados em 1.º lugar.

b Os asteriscos nas interações indicam significância estatística para as mesmas.

c Os micronutrientes foram aplicados no solo.

Quanto ao desenvolvimento da planta e fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico notou-se que embora a inoculação não influenciasse no pêso seco da planta, aumentou o nitrogênio percentual e total da mesma, o que evidencia que as estirpes selecionadas e inoculadas favoreceram a fixação simbiótica.

Os tratamentos de revestimento da semente com fosforita e fosfato de cálcio + boro-molibdênio-magnésio no solo, mostraram-se melhores no solo Itaguaí, para o pêso seco da planta, sendo que o calcário aplicado ao solo + boro-molibdênio-magnésio foi melhor no solo Ecologia, o que demonstra a necessidade de calagem neste último.

A inoculação aumentou mais o teor de nitrogênio na planta no solo Ecologia que no solo Itaguaí.

A significância estatística do tratamento testemunha (sem revestimento) na interação tratamentos x solos para nitrogênio total da planta no solo Itaguaí, demonstra que este solo tem condições essenciais para estabelecimento de *Rhizobium*, pois neste solo não foram encontradas diferenças para os demais tratamentos, enquanto que no solo Ecologia o tratamento de incorporação de calcário + boro-molibdênio-magnésio ao solo foi estatisticamente diferenciado dos demais, o que indica que esse tipo de solo precisa de calagem.

Havendo significância da interação tratamento x inoculação os tratamentos, testemunha, revestimento com fosfato de cálcio + micronutrientes no solo e

calcário + micronutrientes no solo reagiram melhor com a inoculação para o nitrogênio total da planta.

No segundo experimento, procurou-se estudar três tipos de revestimento de semente e suas interações com os micronutrientes boro, molibdênio e zinco.

Apresentamos nos Quadros 3 e 4 as médias gerais dos diferentes tratamentos de revestimento da semente e mais dois outros, testemunha inoculada sem revestimento e idem mais calcário dolomítico no solo. No entanto, na análise estatística, estes dois tratamentos foram omitidos, pois constatamos em análises anteriores a eficiência de calagem no solo e o objetivo principal deste experimento foi pesquisar os efeitos dos tratamentos de revestimento da semente.

Serão apresentados os resultados sobre nodulação e desenvolvimento da planta e fixação simbiótica do nitrogênio.

Relativamente à nodulação, como era de se esperar, os tratamentos de revestimento de semente, mais micronutrientes tiveram alta influência na nodulação da soja (Quadros 5 e 6).

O solo da Série Itaguaí apresentou maior número de nódulos embora não diferente estatisticamente do solo Ecologia. Entretanto, os nódulos das plantas cultivadas no último solo citado foram mais pesados e bem maiores (Quadro 6). Supõe-se que as diferenças encontradas sejam devidas aos diferentes revestimentos e aos micronutrientes.

QUADRO 3. *Influência do revestimento da semente com micronutrientes na nodulação da soja. (Médias de 3 repetições). Experimento 2*

| Trat. | Número |       | Peso seco (mg) |       | Peso seco 100 nód. (mg) |       |
|-------|--------|-------|----------------|-------|-------------------------|-------|
|       | Ecol.  | Itag. | Ecol.          | Itag. | Ecol.                   | Itag. |
| Ao    | 67     | 102   | 343            | 155   | 507                     | 151   |
| Aa    | 84     | 104   | 425            | 167   | 533                     | 158   |
| Ab    | 68     | 86    | 273            | 186   | 395                     | 196   |
| Ac    | 53     | 83    | 210            | 171   | 586                     | 190   |
| Ad    | 86     | 104   | 400            | 173   | 433                     | 168   |
| Ae    | 93     | 84    | 541            | 169   | 597                     | 201   |
| Af    | 109    | 89    | 638            | 180   | 597                     | 215   |
| Ag    | 107    | 101   | 687            | 184   | 635                     | 180   |
| Bo    | 108    | 70    | 636            | 207   | 599                     | 286   |
| Ba    | 98     | 104   | 619            | 219   | 634                     | 254   |
| Bb    | 106    | 63    | 839            | 129   | 788                     | 190   |
| Bc    | 98     | 99    | 518            | 228   | 547                     | 250   |
| Bd    | 84     | 90    | 479            | 145   | 579                     | 205   |
| Be    | 88     | 113   | 552            | 230   | 611                     | 193   |
| Bf    | 83     | 90    | 563            | 286   | 609                     | 287   |
| Bg    | 89     | 88    | 668            | 287   | 752                     | 255   |
| Co    | 94     | 95    | 556            | 184   | 664                     | 200   |
| Ca    | 117    | 133   | 659            | 173   | 570                     | 207   |
| Cb    | 98     | 92    | 633            | 220   | 740                     | 236   |
| Cc    | 61     | 98    | 328            | 148   | 512                     | 296   |
| Cd    | 70     | 77    | 310            | 162   | 441                     | 215   |
| Ce    | 74     | 103   | 362            | 218   | 555                     | 218   |
| Cf    | 73     | 89    | 493            | 256   | 643                     | 291   |
| Cg    | 48     | 85    | 277            | 209   | 608                     | 319   |
| T     | 49     | 86    | 287            | 257   | 290                     | 293   |
| T Ca  | 141    | 116   | 635            | 317   | 453                     | 271   |

A = Revestimento de semente com  $\text{CaCO}_3$ .

B = Revestimento de semente com fosforita.

C = Revestimento de semente com 50% fosforita + cal. dolomítico

T = Testemunha inoculada.

TCa = Testemunha inoculada + calagem no solo.

o = Testemunha (revest. s/micron.) d = B Mo

a = B e = B Zn

b = Mo f = Mo Zn

c = Zn g = B Mo Zn

Achou-se de interesse estudar quanto ao número de nódulos a interação revestimento x micronutrientes (Quadro 7), apesar de não significativa, visto seu resultado se achar próximo ao limite de significância; realmente, verificou-se que o revestimento da semente com fosforita mais calcário dolomítico, adicionado de boro revelou influência, aumentando o número de nódulos. Segundo Mulder (1948), Brechley Thornton (1952) e Ruschel (1966) o magnésio e o boro influem positivamente na formação do nódulo, o que está de acordo com o obtido no presente trabalho.

O revestimento com fosforita aumentou significativamente a massa nodular (Quadros 5 e 7). Ao que parece, deve-se este efeito ao molibdênio, uma vez que os fosfatos (Mulder 1954), podem ter uma ação

QUADRO 4. *Influência do revestimento da semente com micronutrientes no desenvolvimento da soja e na fixação simbiótica do nitrogênio (médias de 3 repetições). Experimento 2*

| Trat. <sup>a</sup> | Peso seco da planta (g) |       | N%    |       | N/Total (mg) |       |
|--------------------|-------------------------|-------|-------|-------|--------------|-------|
|                    | Ecol.                   | Itag. | Ecol. | Itag. | Ecol.        | Itag. |
| Ao                 | 6,8                     | 5,8   | 1,63  | 1,20  | 112          | 89    |
| Aa                 | 6,1                     | 6,6   | 1,50  | 1,56  | 92           | 101   |
| Ab                 | 5,0                     | 6,2   | 1,72  | 2,04  | 87           | 127   |
| Ac                 | 5,3                     | 5,6   | 1,89  | 1,49  | 100          | 66    |
| Ad                 | 6,9                     | 6,2   | 1,91  | 1,34  | 131          | 82    |
| Ae                 | 7,0                     | 6,5   | 1,36  | 1,22  | 95           | 77    |
| Af                 | 8,0                     | 7,1   | 1,48  | 1,45  | 120          | 104   |
| Ag                 | 8,6                     | 6,2   | 1,51  | 1,37  | 129          | 80    |
| Bo                 | 7,8                     | 6,3   | 1,44  | 1,23  | 116          | 77    |
| Ba                 | 6,0                     | 6,1   | 1,19  | 1,45  | 71           | 93    |
| Bb                 | 9,8                     | 5,9   | 1,50  | 1,76  | 146          | 102   |
| Bc                 | 7,4                     | 6,5   | 1,47  | 1,33  | 108          | 93    |
| Bd                 | 6,6                     | 5,7   | 1,39  | 1,39  | 91           | 80    |
| Be                 | 7,6                     | 6,1   | 1,51  | 1,14  | 115          | 68    |
| Bf                 | 8,3                     | 6,3   | 1,46  | 1,34  | 125          | 84    |
| Bg                 | 9,1                     | 7,5   | 1,58  | 1,41  | 143          | 86    |
| Co                 | 7,8                     | 5,9   | 1,56  | 0,88  | 122          | 53    |
| Ca                 | 7,2                     | 7,1   | 1,58  | 0,96  | 115          | 90    |
| Cb                 | 8,6                     | 6,7   | 1,79  | 1,34  | 148          | 90    |
| Cc                 | 5,0                     | 7,0   | 1,24  | 1,08  | 63           | 76    |
| Cd                 | 4,9                     | 5,8   | 1,47  | 1,44  | 72           | 83    |
| Ce                 | 5,0                     | 6,3   | 1,03  | 1,39  | 81           | 89    |
| Cf                 | 4,7                     | 0,0   | 1,67  | 1,45  | 79           | 88    |
| Cg                 | 4,9                     | 5,6   | 1,72  | 1,33  | 84           | 78    |
| T                  | 3,8                     | 5,7   | 1,52  | 1,36  | 57           | 79    |
| T Ca               | 10,3                    | 8,2   | 1,77  | 1,16  | 151          | 125   |

<sup>a</sup> Identificação como no Quadro 3.

estimulante no molibdênio disponível do solo, aumento este mais acentuado no solo Ecologia.

O revestimento da semente com carbonato de cálcio + molibdênio-zinco, e idem = boro-molibdênio-zinco, também aumentaram significativamente o peso dos nódulos conforme o resultado da interação revestimento x micronutrientes (Quadro 10), o mesmo acontecendo com o revestimento de fosforita mais calcário dolomítico, idem + boro, idem + molibdênio e idem + molibdênio-zinco, o que comprova o efeito da fosforita, pois no revestimento com fosforita os micronutrientes nada influenciaram (Quadro 10).

Nota-se no Quadro 7 a significância para a interação boro x molibdênio no sentido prejudicial para a massa nodular, e ainda para a interação revestimento x micronutrientes o que pode indicar que o boro só teve efeitos negativos na presença do cálcio e molibdênio pois ao se verificar a interação molibdênio-zinco constata-se um aumento da massa nodular, evidenciando que não houve efeito negativo do molibdênio. Parece que naquele caso o equilíbrio Ca/B foi deslocado, diminuindo as disponibilidades de cálcio para a planta.

QUADRO 5. *Influências dos diferentes revestimentos com suas significâncias estatísticas (valores médios). Experimento 2<sup>a</sup>*

| Revestimentos da semente | Nódulos |                |                            | Planta        |      |         |
|--------------------------|---------|----------------|----------------------------|---------------|------|---------|
|                          | N.º     | Peso seco (mg) | Peso seco de 100 nód. (mg) | Peso seco (g) | N%   | N/Total |
| Ca CO <sub>3</sub>       | 89      | 311            | 360                        | 6,50          | 1,54 | 98,71   |
| Fosforita                | 93      | 411            | 448                        | 8,08          | 1,42 | 100,080 |
| Fosf. + Cal. Dolom.      | 88      | 336            | 488                        | 6,17          | 1,42 | 86,97   |
| d.m.s.                   | —       | 49             | 55                         | 0,05          | 0,10 | 10,63   |

<sup>a</sup> Os dados grifados referem-se à classificação em 1.º lugar.

Verifica-se que o revestimento com fosforita aumentou significativamente a massa nodular, tamanho (peso seco de 100 nódulos) assim como, peso seco e o N total da planta.

O tratamento com fosforita + calcário dolomítico também aumentou o peso seco de 100 nódulos e o revestimento da semente com carbonato de cálcio aumentou o N% e total das plantas.

QUADRO 6. *Influências do solo e suas significâncias estatísticas (valores médios). Experimento 2<sup>a</sup>*

| Tipos de Solo | Nódulos         |                             |                                         | Planta        |      |                  |
|---------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------------|---------------|------|------------------|
|               | N. <sup>b</sup> | Peso seco <sup>b</sup> (mg) | Peso seco de <sup>b</sup> 100 nód. (mg) | Peso seco (g) | N%   | N/Total (mg)     |
| Ecologia      | 86              | 506                         | 608                                     | 6,87          | 1,56 | 106 <sup>b</sup> |
| Itaguaí       | 94              | 199                         | 221                                     | 6,30          | 1,37 | 84               |

<sup>a</sup> Os dados grifados representam os melhores tratamentos.

<sup>b</sup> O solo da série Itaguaí foi o que apresentou maior número de nódulos (resultado não significativo) entretanto os nódulos das plantas cultivadas no solo da série Ecologia foram mais pesados e também maiores, resultado significativo.

Com relação ao desenvolvimento da planta, observa-se que aquelas que vegetaram no solo Ecologia tiveram maior massa e nitrogênio fixado.

QUADRO 7. *Efeitos e significâncias estatísticas de número, peso seco de nódulos e peso seco de 100 nódulos. Experimento 2*

| F. Variação       | Nódulos           |                |                |         | Peso seco de 100 nód. (mg) |         |
|-------------------|-------------------|----------------|----------------|---------|----------------------------|---------|
|                   | Número            |                | Peso seco (mg) |         | Q.M.                       | E       |
|                   | Q.M. <sup>a</sup> | E <sup>b</sup> | Q.M.           | E       |                            |         |
| Revestimento      | 197               |                | 129 035**      |         | 96 412**                   |         |
| B                 | 1 051             | + 389          | 93             | — 116   | 38                         | — 74    |
| Mo                | 1 266             | — 427          | 11 378         | + 1 280 | 4 994                      | + 848   |
| Zn                | 564               | — 285          | 1 067          | + 392   | 67 167                     | + 3 110 |
| B Mo              | 2 217             | — 565          | 81 891*        | — 3 434 | 31 803                     | — 2 140 |
| B Zn              | 264               | — 195          | 23 665         | + 1 846 | 74 075*                    | + 3 266 |
| Mo Zn             | 1 799             | + 509          | 123 318**      | + 4 214 | 25 387                     | + 1 012 |
| B Mo Zn           | 24                | + 59           | 8 342          | + 1 096 | 1 829                      | + 668   |
| Revest. X micron  | 991               |                | 29 644*        |         | 13 330                     |         |
| Tipos de solo     | 2 139             |                | 3 338 024**    |         | 5 216 656**                |         |
| Blocos X t. solo  | 805               |                | 7 801          |         | 31 736                     |         |
| T. solo X revest. | 1 604             |                | 79 824**       |         | 6 833                      |         |
| T. solo X micron. | 459               |                | 30 200         |         | 16 355                     |         |
| Erro              | 576               |                | 14 704         |         | 18 574                     |         |

<sup>a</sup> Variância

<sup>b</sup> Efeitos (valores médios)

\* = Significância a 5%

\*\* = Significância a 1%

QUADRO 8. Efeitos e significâncias estatísticas para peso seco, N% e N total na planta. Experimento 2

|                   | Planta        |        |                 |         |              |       |
|-------------------|---------------|--------|-----------------|---------|--------------|-------|
|                   | Peso seco (g) |        | N% <sup>a</sup> |         | N total (mg) |       |
|                   | Q.M.          | E      | Q.M.            | E       | Q.M.         | E     |
| Revestimento      | 10,24**       |        | 1,74*           |         | 2 456*       |       |
| B                 | 1,40          | — 14,2 | 0,79            | — 10,64 | 1 413        | — 415 |
| Mo                | 1,82          | + 16,2 | 6,73**          | + 31,14 | 6 223        | + 947 |
| Zn                | 0,00          | + 0,8  | 0,35            | — 7,06  | 588          | — 291 |
| B Mo              | 1,44          | — 14,4 | 0,30            | — 6,54  | 1 785        | — 507 |
| B Zn              | 6,42*         | + 30,4 | 0,04            | + 2,34  | 2 201        | + 563 |
| Mo Zn             | 4,13          | + 24,4 | 0,86            | — 11,16 | 20           | — 53  |
| B Mo Zn           | 1,40          | + 14,2 | 1,66            | + 15,43 | 1 128        | + 403 |
| Revest. X micron. | 4,88**        |        | 0,43            |         | 634          |       |
| Tipos de solo     | 11,44*        |        | 7,53            |         | 17 845**     |       |
| Blocos X t. solo  | 0,73          |        | 2,27**          |         | 565          |       |
| T. solo X revest. | 9,72**        |        | 1,18            |         | 448          |       |
| T. solo X micron. | 2,56          |        | 0,56            |         | 961          |       |
| Erro              | 1,55          |        | 0,44            |         | 690          |       |

<sup>a</sup> A análise de N% foi executada com os dados transformados em  $\text{ang} = \text{arc. sen } \sqrt{\text{percentagem}}$ .

QUADRO 9. Comportamento dos diferentes revestimentos das sementes nos dois solos estudados. Experimento 2<sup>a</sup> (valores médios)

| Solos    | Peso seco dos nódulos |        |                     | Peso seco das plantas |       |                     |
|----------|-----------------------|--------|---------------------|-----------------------|-------|---------------------|
|          | Ca CO <sub>3</sub>    | Fosf.  | Fosf. + Cal. Dolom. | Ca CO <sub>3</sub>    | Fosf. | Fosf. + Cal. Dolom. |
| Ecologia | 10 800                | 14 633 | 10 952              | 161,7                 | 188,1 | 144,7               |
| Itaguaí  | 4 076                 | 5 089  | 5 192               | 150,5                 | 151,9 | 151,5               |

<sup>a</sup> Valores grifados foram os colocados em primeiro lugar.

Somente houve efeito prejudicial no solo Ecologia dos tratamentos zinco, boro-zinco e boro-molibdênio. Já no solo Itaguaí todos os tratamentos comportaram-se igualmente. Isto se conclui do fato de estar a interação solo x micronutrientes próxima do limite de significância.

O tamanho dos nódulos (peso seco de 100 nódulos) foi aumentado pelos revestimentos com fosforita e fosforita mais calcário dolomítico (Quadro 5). A interação boro x zinco, neste caso, foi significativa, o que sugere que o zinco inibe a influência prejudicial do boro para tamanho de nódulos (Quadro 7).

Observou-se que houve diferença entre os dois solos, quanto ao tamanho de nódulos, sendo que no solo Ecologia os nódulos foram maiores.

O zinco isoladamente não apresentou nenhuma influência na nodulação.

Com relação ao desenvolvimento da planta notou-se que as que vegetaram no solo Ecologia tiveram maior quantidade de massa nodular que as do solo Itaguaí, o que sugere que a simbiose naquele solo

foi mais favorecida estando de acordo com os resultados obtidos no estudo de nodulação.

No solo Ecologia, o melhor revestimento da semente para o peso seco da planta foi aquele com fosforita (Quadro 9), sendo que parece ser este solo deficiente de molibdênio para que se dê uma simbiose adequada. Nota-se que o molibdênio isoladamente e combinado no revestimento com fosforita se evidenciou. A interação significativa revestimento x micronutrientes (Quadro 8) indica comportamento variado dos mesmos relativamente aos revestimentos, porém nenhum dos elementos junto aos vários revestimentos causou aumento significativo com relação aos mesmos aplicados isoladamente no peso seco da planta (Quadro 10).

No solo Itaguaí, não havendo diferença no peso seco da planta, entre os revestimentos da semente e tratamentos com micronutrientes, pode-se sugerir que este solo tem um teor de cálcio e de micronutrientes suficiente para nodulação e desenvolvimento da planta.

QUADRO 10. Comportamento dos micronutrientes junto aos revestimentos para peso seco dos nódulos e peso seco das plantas. Experimento 2º (valores médios)

| Revestimentos |                     | T     | B     | Mo    | Zn    | BMo   | BZn   | MoZn  | BMoZn |
|---------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Peso          | Ca CO <sub>3</sub>  | 1 494 | 1 777 | 1 283 | 1 444 | 1 720 | 2 131 | 2 473 | 2 614 |
| Seco          | Fosforita           | 2 532 | 2 517 | 2 902 | 2 241 | 1 985 | 2 347 | 2 441 | 2 757 |
| Nódulos       | Fosf. + Cal. Dolom. | 2 321 | 2 695 | 2 581 | 1 519 | 1 418 | 1 743 | 2 248 | 1 639 |
| Peso          | Ca CO <sub>3</sub>  | 37,9  | 38,2  | 33,7  | 32,7  | 39,2  | 40,5  | 45,5  | 44,5  |
| Seco          | Fosforita           | 42,2  | 36,4  | 46,9  | 42,7  | 37,0  | 41,1  | 44,0  | 49,7  |
| Planta        | Fosf. + Cal. Dolom. | 41,4  | 42,9  | 49,0  | 36,1  | 32,1  | 34,0  | 32,2  | 31,5  |

Valores grifados foram os colocados em primeiro lugar.

O nitrogênio percentual foi igual para ambos os solos enquanto que o nitrogênio total fixado foi mais alto no solo Ecologia (Quadro 6).

O revestimento da semente com carbonato de cálcio apresentou maior teor de nitrogênio percentual e não se diferenciou do revestimento com fosforita relativamente ao nitrogênio total da planta.

O molibdênio aumentou o nitrogênio percentual e total da planta sendo seu efeito altamente significativo (Quadro 8). Observou-se no estudo da interação revestimento x micronutrientes, apesar de não significativa, que todos os revestimentos ligados ao molibdênio colocados isoladamente, apresentaram maiores teores de nitrogênio total, sugerindo igual comportamento do molibdênio-zinco em todos os três revestimentos.

### CONCLUSÕES

Apresentam-se neste trabalho resultados de pesquisas sobre diferentes revestimentos da semente inoculada de soja, bem como os efeitos da adição de boro, molibdênio, zinco e magnésio a estes revestimentos e influências na nodulação e fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico.

Os resultados do Experimento I permitem concluir:

a) A inoculação, quando aplicada no revestimento da semente, influi melhorando a nodulação da soja e fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico;

b) Quando aplicados o boro, molibdênio e magnésio no solo, o tratamento de revestimento da semente com fosfato de cálcio aumentou o número de nódulos no solo Itaguaí;

c) No solo Ecologia os tratamentos inoculados apresentaram nódulos maiores que aqueles do solo Itaguaí. O tratamento que apresentou maior número e peso de nódulos, foi o de incorporação de calcário ao solo;

d) Tanto o peso da planta, como o nitrogênio fixado foram altamente influenciados pela calagem no

solo Ecologia e significativamente maiores no tratamento com revestimento da semente com fosfato de cálcio mais micronutrientes no solo Itaguaí. A inoculação teve efeito altamente significativo no N % e N total nas plantas.

No Experimento 2 foram obtidas as seguintes conclusões:

a) O melhor revestimento da semente foi a fosforita para a nodulação, peso seco dos nódulos, peso seco de 100 nódulos, para o desenvolvimento da planta (peso seco) e nitrogênio total fixado. Quanto a N% o revestimento com carbonato de cálcio foi o melhor. A substituição na relação de 50% do fosfato pelo calcário dolomítico no revestimento da semente anulou o efeito do primeiro a não ser nas observações relativas ao peso seco de 100 nódulos;

b) Verificou-se um efeito prejudicial da interação boro-molibdênio (B x Mo) para massa nodular; no entanto, a interação molibdênio-zinco (Mo x Zn) aumentou o peso dos nódulos, o que vem demonstrar um efeito negativo do boro e positivo do molibdênio no desenvolvimento dos nódulos da soja;

c) Não houve efeito dos micronutrientes quando adicionados aos revestimentos de fosforita para peso seco dos nódulos.

d) As plantas no solo Ecologia apresentaram maior massa nodular fato este mais pronunciado quando feito revestimento da semente com fosforita; neste solo os nódulos foram maiores que no solo Itaguaí;

e) O boro e zinco aplicados juntamente aos diferentes revestimentos aumentaram o tamanho dos nódulos e peso seco da planta, o que possivelmente indica influência do boro na expansão nodular;

f) O solo Ecologia apresentou maior massa de planta assim como maior fixação de nitrogênio total, o que demonstra que os elementos menores pesquisados apresentaram maior reação neste solo;

g) Houve efeito significativo do molibdênio na percentagem de N nas plantas, quando aplicado aos diferentes revestimentos.

h) Tendo em vista as conclusões anteriores, verifica-se que o revestimento da semente com fosforita mais molibdênio é o mais indicado para o bom desenvolvimento da soja e fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico.

### REFERÊNCIAS

- Brenchley, W.E. & Thornton, H.C. 1962. Proc. R. Soc. 98: 373. (Citado por Hewitt 1958)
- Hewitt, E.J. 1958. Some aspects of mineral nutrition of legumes, p. 15-42. In E. G. Hallsworth (ed.), Nutrition of legumes. Academic Press, New York.
- Döbereiner, J., Arruda, N.B. de, Penteado, A. de F. 1965. Problemas de inoculação de soja em solos ácidos. IX Congr. int. Pastagens, São Paulo.
- Freitas, L.M.M. de, Mikkelsen, D.S., McClung, A.C., Lott, W.L. 1963. Agricultura no cerrado. Efeitos da calagem na adubação do algodão, milho e soja em três solos de campo cerrado. Simpósio sobre Cerrado. Ed. Univ. São Paulo, p. 327-355.
- Mendes, W., Lemos, P. de O. e C.L., Lemos, R.C., Carvalho, L.G. de O. & Roseburg, R.J. 1954. Contribuição ao mapeamento em séries, dos solos do Município de Itaguaí. Bolm 12, Inst. Ecologia e Experimentação Agrícolas (IEEA), Min. Agricultura, Rio de Janeiro.
- Mulder, E.G. 1948. Investigation on the nitrogen nutrition of pea-plants. Plant and Soil 1:179-212.
- Mulder, E.G. 1954. Molibdenum relation to growth of higher plants and micro-organisms. Plant and Soil 5:364-413.
- Norris, D.O., Lopes, E.S. & Weber, D. 1965. Estudo da deficiência da inoculação em alfafa. II Congr. latino-amer. e X Congr. bras. Ciênc. Solo, Piracicaba, São Paulo.
- Norris, D.O. 1958. Lime in relation to the nodulation of tropical legumes, p. 164-182. In E.G. Hallsworth (ed.), Nutrition of legumes. Academic Press, New York.
- Ruschel, A.P., Döbereiner, J. 1965. Fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). IV. Influência do revestimento da semente inoculada em solo com toxidez de manganês. I. Congr. latino-amer. Ciênc. Solo e X Congr. bras. Ciênc. Solo, Piracicaba, São Paulo.
- Ruschel, A.P., Britto, D.P.P. de S., & Döbereiner, J. 1966. Fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) II. Influência do magnésio, do boro, do molibdênio e da calagem. Pesq. agropec. bras. 1: 141-146.
- Ruschel, A.P., Britto, D.P.P. de S., Carvalho, L.F. de 1967. Efeito do boro, molibdênio e zinco quando aplicados ao revestimento da semente na fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). XI Congr. bras. Ciênc. Solo, Brasília.
- Schiel, H., Oliveira, E.G. & Yepes, M. 1960. Excipiente apto para inocular sementes de leguminosas em seco. Revta Invest. agric., B. Aires, 1:49-106.

### EFFECT OF BORON, MOLYBDENUM AND ZINC WHEN APPLIED AS COATINGS ON SEEDS OF SOYBEANS (*Glycine max* (L.) Merrill) WITH RESPECT TO SYMBIOTIC NITROGEN FIXATION

#### Abstract

Two greenhouse experiments were conducted to study the effects of minor elements and rhizobia inoculants when applied as coatings on seeds of soybeans, i.e. "pelleting".

In the first experiment calcium carbonate, "fosforita" (rock phosphate), calcium phosphate and calcium phosphate with minor elements (B, Mo, Mg), respectively, were applied in pellet coatings. These three coating treatments were compared with plants growing in soil treated with calcium carbonate and micro-nutrients (B, Mo, Mg) and plants grown on soil having no added minor elements, respectively. All treatments were studied with and without the use of *Rhizobium* inoculation.

A second experiment compared pelleting with calcium carbonate, "fosforita" and a half-and-half mixture of "fosforita" and dolomitic limestone. Each of these 3 treatments were combined with the minor elements Boron, Molybdenum and Zinc in a 2<sup>nd</sup> factorial.

Both experiments were carried out on two soils, a Gray Hydromorphic soil of the "Ecologia" series and on a Red Yellow Podzolic of the "Itaguaí" series, both of which are represented at the IPEACS.

In general terms, the present work showed that the seed coating treatments were effective in increasing nodulation and symbiotic nitrogen fixation. In terms of effect on nodulation, total nitrogen fixed and dry weight of plants, "fosforita" was the better of the pellet treatments. The pellet treatment with calcium carbonate produced the higher content of nitrogen in the plants. Treatment effects obtained were greater on the "Ecologia" series than on the "Itaguaí" soil series.

All seed coatings containing Molybdenum increased the nitrogen content of the plant through improved symbiotic fixation. When Molybdenum was applied in combination with "fosforita" the dry-weight of plants was increased.