

## FIXAÇÃO DE NITROGÊNIO E ESTABELECIMENTO DE DUAS VARIEDADES DE SOJA PERENE (*Glycine javanica* L.) COM TRÊS NÍVEIS DE FÓSFORO E DE CÁLCIO, EM SOLO COM TOXIDEZ DE MANGANÊS<sup>1</sup>

SEBASTIÃO MANHÃES SOUTO\* e JOHANNA DÖBEREINER\*

### Sinopse

Foi feito um experimento de casa de vegetação para estudar a interferência do fósforo e do cálcio na fixação simbiótica de nitrogênio e no desenvolvimento de duas variedades de soja perene (*Glycine javanica* L.) em solo com toxidez de manganês. No mesmo experimento pesquisou-se a possibilidade de suprir as elevadas demandas de fósforo e cálcio na fase do estabelecimento das plantas pelo revestimento das sementes com fosforita de Olinda ("pellet"). Chegou-se às seguintes conclusões:

1) O revestimento das sementes com fosforita nada adiantou em relação à substituição da adubação fosfatada mas melhorou a deficiência de cálcio das plantas recém-germinadas.

2) Houve efeito altamente significativo da adubação fosfatada sobre o desenvolvimento dos nódulos uma vez formados e sobre a fixação de nitrogênio, não se registrando efeito sobre a eficiência dos mesmos. Os efeitos do fósforo foram mais pronunciados na variedade SP.1.

3) O cálcio, aplicado em forma de gesso, aumentou o tamanho dos nódulos tendendo a diminuir seu número e não tendo por isto efeito sobre o nitrogênio fixado. A eficiência dos nódulos também não foi afetada.

4) O fósforo e o sulfato de cálcio estimularam a absorção do manganês, e o gesso aumentou ainda a translocação daquele elemento para a parte aérea.

5) Foram confirmadas as diferenças fisiológicas entre as duas variedades usadas, sob os seguintes aspectos:

5.1) Em solo com toxidez de manganês a variedade SP.1 apresentou vantagens sobre a variedade Tinaroo, no que se refere à nodulação e fixação de N e, como consequência, na produção de forragem.

5.2) A variedade Tinaroo absorveu mais manganês que a variedade SP.1 não se registrando diferenças na translocação. A absorção do manganês na variedade Tinaroo foi aumentada ainda pelo revestimento da semente, que ao mesmo tempo diminuiu o peso dos nódulos e o N fixado. O contrário aconteceu com a variedade SP.1.

### INTRODUÇÃO

A importância da soja perene, no campo da alimentação animal, baseia-se em estabelecer massa de elevada concentração de alimentos de alto valor nutritivo, mesmo na época da baixa precipitação pluviométrica.

Das variedades introduzidas, Tinaroo e SP-1 são as que se comportam melhor, quando são utilizadas dentro de suas inúmeras utilidades como forrageiras.

Tem surgido, no entanto, dificuldades no estabelecimento da simbiose desta leguminosa, que dependem da variedade e fatores nutricionais (Souto & Döbereiner 1968).

A importância do fósforo no desenvolvimento das leguminosas é bem conhecida (Vincent 1965) mas seu papel na simbiose com *Rhizobium* não está ainda bem esclarecido. Em trabalho anterior, com soja perene, os autores (Souto & Döbereiner 1968) observaram aumentos pronunciados do peso dos nódulos e da fixação de nitrogênio com a aplicação de fósforo, sendo que doses elevadas (200 kg/ha de  $P_2O_5$ ),

<sup>1</sup> Recebido em 14 de junho de 1968 e aceito para publicação em 13 de agosto de 1968.

Apresentado na IV Reunião Latina-Americana de Inoculantes para Leguminosas, Porto Alegre, 1968.

Boletim Técnico n.º 79 do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS).

\* Eng.º Agrônomo da Seção de Agrostologia do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS), Km 47, Campo Grande, GB, ZC-26, e bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas.

\* Eng.º Agrônomo da Seção de Solos do IPEACS e bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas.

muito acima das usadas habitualmente, foram necessárias para o bom estabelecimento das plantas.

O papel do cálcio na simbiose das leguminosas já foi comprovado por vários autores (Vincent 1965), sendo sua função ligada ao desenvolvimento dos nódulos (Andrew & Norris 1961). A concentração de cálcio na planta, necessária para o perfeito funcionamento da simbiose, é mais alta que aquela para o desenvolvimento da planta em si (Andrew 1962).

Num solo com toxidez de manganês, como o usado no presente experimento, o papel de cálcio se torna muito mais complexo. A aplicação de cálcio em forma de calcário, aumenta o pH do solo, eliminando o manganês excessivo por insolubilização, ao passo que a aplicação do gesso ( $\text{CaSO}_4$ ), deve implicar num ligeiro declínio de pH do solo, aumentando assim a quantidade de manganês solúvel. Assim, efeitos diretos de cálcio dificilmente podem ser separados dos indiretos, que agem através de modificações do pH (Döbereiner 1966).

Loneragan *et al.* (1955) sugeriram o uso do revestimento de calcário ("lime pellet") para sementes de leguminosas, entre outras, com a finalidade de fornecer cálcio às plantas recém-germinadas. Um "pellet" preparado com fosfatos possivelmente poderá fornecer fósforo, durante o início da vegetação.

O presente trabalho visa estudar num solo com toxidez de manganês diferenças fisiológicas existentes entre as duas variedades de soja perene e a possibilidade de se usar o "pellet" com fosforita de Olinda para suprir pelo menos inicialmente as necessidades de fósforo e cálcio da planta.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi feito um expediente em vasos, sob condições controladas em casa de vegetação.

O esquema experimental foi um fatorial  $2 \times 2 \times 3 \times 3$  com quatro repetições e os seguintes tratamentos:

*Pellet*: Com e sem

*Variedades*: IRI var. I (S.1) e Tinaroo

*Níveis de  $\text{P}_2\text{O}_5$* : 0-30 e 90 ppm

*Níveis de cálcio*: 0-100 e 200 ppm

O solo usado foi classificado como "gray hidromórfico" antigamente designado como série "Ecologia", e que apresenta elevada toxidez de manganês, segundo Döbereiner e Alvahydo (1963). Foi colhido na profundidade de 0 a 40 cm.

Todos os vasos foram preenchidos com 2,5 kg de solo e feita uma adubação básica constituída de 40 mg de  $\text{K}_2$  por kg de solo, na forma de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  e

uma adubação de elementos menores da seguinte composição:

|                                                     |         |
|-----------------------------------------------------|---------|
| $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$           | 2,22 g  |
| $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 0,50 g  |
| $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$           | 3,95 g  |
| $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$           | 37,50 g |
| $\text{H}_3\text{BO}_3$                             | 0,25 g  |
| $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$            | 5,00 g  |
| Ácido cítrico                                       | 5,00 g  |
| Água                                                | 250 ml  |

Desta solução, usamos 1 ml por kg de solo.

Para os tratamentos que receberam adubação fosfatada, usamos as dosagens de 0-30 e 90 ppm de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , na forma de superfosfato.

Para os tratamentos que receberam uma adubação de cálcio, na forma de sulfato de cálcio, usamos as dosagens de 0-100 e 200 ppm de  $\text{Ca}^{++}$ .

As duas variedades usadas foram cedidas pelo Serviço de Introdução e Avaliação de Plantas Forrageiras, com os números 13/64 (Tinaroo) e 29/65 (SP.1) ou IRI var. I.

A Tinaroo é a mais difundida na Austrália e a SP.1 já é usada largamente em São Paulo e quase toda a região Centro-Sul.

O "pellet" com fosforita de Olinda, que é um fosfato de rocha natural tricálcio, foi preparado da seguinte maneira:

Adicionaram-se a cada porção de 50 g de sementes, 2 ml de cultura líquida de *Rhizobium* selecionado, 2 g de goma arábica em pó e 1 g de turfa esterilizada, misturando-se estes ingredientes num saco plástico até as sementes ficarem uniformemente umedecidas com a mistura. Em seguida, adicionaram-se 100 g de fosfato de Olinda, agitando-se novamente até as sementes aparecerem completamente revestidas de fosforita. Desta maneira, nos tratamentos com "pellet", cada vaso recebeu em média 280 mg de fosfato de Olinda.

Nos tratamentos sem "pellet" as sementes foram inoculadas com 2 ml da mesma cultura de *Rhizobium* adicionada de 1 g de turfa esterilizada/50 g de sementes.

A colheita foi realizada dois meses após a semeadura. Determinamos o número e o peso dos nódulos e das plantas.

O material foi secado em estufa a 65°C, pesado e determinado o nitrogênio pelo método de Kjeldahl (semi-micro).

O teor de manganês foi determinado em amostras de folhas e raízes, retiradas de cada amostra após a secagem. O produto da digestão feita pelo método de Kjeldahl, foi diluído para 20 ml. Tomaram-se 5 ml desta solução, juntaram-se 4 ml de  $\text{HNO}_3$  e mais

ou menos 100 mg de periodato de potássio; aquecendo-se em seguida em banho-maria. Completou-se para 10 ml avaliando-se o manganês pela coloração vermelha num foto colorímetro de Klett Summerson.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do experimento são apresentados nos Quadros 1 a 6 e sua análise de variância no Quadro 7.

Entre outros objetivos, este experimento teve por finalidade pesquisar a possibilidade de substituir, pelo menos parcialmente, a adubação fosfatada, para suprir, nas primeiras semanas após a germinação, as altas demandas em fósforo observados em trabalhos anteriores na soja perene (Souto & Döbereiner 1968). Foram feitas avaliações empíricas do desenvolvimento das plantas 15 dias após o plantio (Quadro 4), e já nesta época não se verificou efeito do "pellet", en-

QUADRO 1. Efeito do "pellet", cálcio e fósforo, na fixação do nitrogênio atmosférico e produção de forragem de duas variedades de soja perene (médias de 4 repetições)

| "Pellet" | Cálcio <sup>a</sup><br>(ppm) | Variedades | Peso seco das plantas<br>(g/vaso) |      |                                      | Teor de N nas plantas<br>(%) |      |                                      | N total<br>(mg/vaso) |     |                                      |
|----------|------------------------------|------------|-----------------------------------|------|--------------------------------------|------------------------------|------|--------------------------------------|----------------------|-----|--------------------------------------|
|          |                              |            | 0                                 | 30   | 90 ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0                            | 30   | 90 ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0                    | 30  | 90 ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| Com      | 0                            | Tinaroo    | 3,85                              | 6,23 | 5,40                                 | 1,84                         | 1,92 | 1,76                                 | 71                   | 119 | 94                                   |
|          |                              | SP. 1      | 6,30                              | 6,93 | 7,58                                 | 1,97                         | 2,04 | 2,37                                 | 123                  | 140 | 172                                  |
|          | 100                          | Tinaroo    | 5,10                              | 4,90 | 5,63                                 | 1,77                         | 1,78 | 2,19                                 | 89                   | 87  | 124                                  |
|          |                              | SP. 1      | 6,75                              | 7,18 | 7,09                                 | 2,10                         | 2,12 | 1,94                                 | 137                  | 152 | 139                                  |
|          | 200                          | Tinaroo    | 5,00                              | 5,62 | 5,18                                 | 1,73                         | 1,81 | 1,95                                 | 81                   | 102 | 101                                  |
|          |                              | SP. 1      | 7,05                              | 7,36 | 7,00                                 | 1,85                         | 1,99 | 1,93                                 | 130                  | 147 | 136                                  |
| Sem      | 0                            | Tinaroo    | 4,88                              | 5,58 | 5,53                                 | 1,57                         | 1,86 | 1,87                                 | 78                   | 103 | 105                                  |
|          |                              | SP. 1      | 5,96                              | 8,28 | 5,43                                 | 1,89                         | 2,02 | 1,98                                 | 112                  | 165 | 105                                  |
|          | 100                          | Tinaroo    | 4,58                              | 6,28 | 6,13                                 | 2,01                         | 1,79 | 1,88                                 | 92                   | 114 | 115                                  |
|          |                              | SP. 1      | 6,48                              | 6,98 | 7,00                                 | 2,16                         | 1,85 | 1,88                                 | 135                  | 128 | 135                                  |
|          | 200                          | Tinaroo    | 5,08                              | 5,45 | 5,70                                 | 1,90                         | 1,80 | 1,81                                 | 94                   | 99  | 104                                  |
|          |                              | SP. 1      | 6,58                              | 7,70 | 7,45                                 | 2,06                         | 1,85 | 1,83                                 | 133                  | 143 | 136                                  |

<sup>a</sup> O cálcio foi aplicado sob a forma de sulfato de cálcio.

QUADRO 2. Efeito do "pellet", cálcio e fósforo, na nodulação de duas variedades de soja perene (médias de 4 repetições)

| "Pellet" | Cálcio <sup>a</sup><br>(ppm) | Variedades | Tamanho dos nódulos <sup>b</sup><br>(mg/nódulo) |     |                                      | Número dos nódulos/vaso |    |                                      | Peso dos nódulos<br>(mg/vaso) |     |                                      |
|----------|------------------------------|------------|-------------------------------------------------|-----|--------------------------------------|-------------------------|----|--------------------------------------|-------------------------------|-----|--------------------------------------|
|          |                              |            | 0                                               | 30  | 90 ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0                       | 30 | 90 ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0                             | 30  | 90 ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| Com      | 0                            | Tinaroo    | 2,6                                             | 4,2 | 3,4                                  | 58                      | 80 | 58                                   | 142                           | 259 | 224                                  |
|          |                              | SP. 1      | 3,0                                             | 5,1 | 4,3                                  | 75                      | 74 | 78                                   | 222                           | 326 | 315                                  |
|          | 100                          | Tinaroo    | 3,3                                             | 4,7 | 4,1                                  | 66                      | 52 | 57                                   | 208                           | 189 | 212                                  |
|          |                              | SP. 1      | 3,0                                             | 5,4 | 4,1                                  | 82                      | 69 | 89                                   | 225                           | 323 | 297                                  |
|          | 200                          | Tinaroo    | 3,6                                             | 3,4 | 3,8                                  | 61                      | 59 | 60                                   | 213                           | 196 | 171                                  |
|          |                              | SP. 1      | 2,7                                             | 4,3 | 4,4                                  | 97                      | 78 | 75                                   | 253                           | 293 | 315                                  |
| Sem      | 0                            | Tinaroo    | 3,8                                             | 4,4 | 3,6                                  | 45                      | 66 | 70                                   | 169                           | 242 | 221                                  |
|          |                              | SP. 1      | 2,0                                             | 3,9 | 3,4                                  | 77                      | 88 | 81                                   | 151                           | 329 | 251                                  |
|          | 100                          | Tinaroo    | 3,0                                             | 5,0 | 4,2                                  | 68                      | 59 | 65                                   | 193                           | 233 | 252                                  |
|          |                              | SP. 1      | 2,7                                             | 8,4 | 6,0                                  | 91                      | 45 | 52                                   | 229                           | 279 | 275                                  |
|          | 200                          | Tinaroo    | 3,6                                             | 3,7 | 4,3                                  | 52                      | 68 | 51                                   | 182                           | 249 | 210                                  |
|          |                              | SP. 1      | 3,2                                             | 4,2 | 4,5                                  | 75                      | 71 | 64                                   | 206                           | 288 | 281                                  |

<sup>a</sup> O cálcio foi aplicado sob a forma de sulfato de cálcio.

<sup>b</sup> Tamanho médio dos nódulos avaliado pelo peso/número.

QUADRO 3. Efeito do "pellet", cálcio e fósforo, no teor de manganês na folha, raiz e na relação folha/raiz de duas variedades de soja perene (médias de 4 repetições)

| "Pellet" | Cálcio*<br>(ppm) | Variedades | Teor de manganês<br>na folha (ppm) |      |                                      | Teor de manganês<br>na raiz (ppm) |     |                                      | Teor de manganês<br>na relação folha/raiz |      |                                      |
|----------|------------------|------------|------------------------------------|------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----|--------------------------------------|-------------------------------------------|------|--------------------------------------|
|          |                  |            | 0                                  | 30   | 90 ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0                                 | 30  | 90 ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0                                         | 30   | 90 ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| Com      | 0                | Tinaroo    | 1281                               | 1612 | 1610                                 | 401                               | 710 | 440                                  | 3,19                                      | 2,27 | 3,65                                 |
|          |                  | SP. 1      | 507                                | 911  | 1331                                 | 347                               | 340 | 446                                  | 1,46                                      | 2,67 | 2,98                                 |
|          | 100              | Tinaroo    | 2695                               | 1606 | 1892                                 | 369                               | 455 | 432                                  | 7,30                                      | 3,52 | 4,37                                 |
|          |                  | SP. 1      | 1391                               | 1690 | 1342                                 | 304                               | 475 | 350                                  | 4,57                                      | 3,55 | 3,83                                 |
|          | 200              | Tinaroo    | 1947                               | 1645 | 2035                                 | 425                               | 297 | 577                                  | 4,58                                      | 5,53 | 3,52                                 |
|          |                  | SP. 1      | 879                                | 1205 | 1360                                 | 348                               | 374 | 317                                  | 2,52                                      | 3,22 | 4,29                                 |
| Sem      | 0                | Tinaroo    | 1116                               | 882  | 2038                                 | 325                               | 337 | 439                                  | 3,43                                      | 2,61 | 4,64                                 |
|          |                  | SP. 1      | 902                                | 904  | 1613                                 | 327                               | 297 | 599                                  | 2,75                                      | 3,04 | 2,69                                 |
|          | 100              | Tinaroo    | 1213                               | 1111 | 1536                                 | 475                               | 382 | 561                                  | 2,55                                      | 2,90 | 2,73                                 |
|          |                  | SP. 1      | 718                                | 1569 | 1390                                 | 330                               | 445 | 325                                  | 2,17                                      | 3,52 | 4,27                                 |
|          | 200              | Tinaroo    | 1514                               | 1795 | 1798                                 | 379                               | 524 | 448                                  | 3,99                                      | 3,42 | 4,01                                 |
|          |                  | SP. 1      | 957                                | 1208 | 1559                                 | 248                               | 223 | 323                                  | 3,85                                      | 5,41 | 4,82                                 |

\* O cálcio foi aplicado sob a forma de sulfato de cálcio.

QUADRO 4. Observação sobre tamanho das plantas e sintomas de toxidez de manganês e deficiência de cálcio no início do desenvolvimento (2 semanas após o plantio) (médias de 4 repetições)

| "Pellet" | Cálcio* | Variedades | Tamanho da planta <sup>b</sup> |      |                                      | Sintoma de toxidez<br>de manganês <sup>c</sup> |      |                                      | Sintoma de carência<br>de cálcio <sup>d</sup> |      |                                      |
|----------|---------|------------|--------------------------------|------|--------------------------------------|------------------------------------------------|------|--------------------------------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------------------|
|          |         |            | 0                              | 30   | 90 ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0                                              | 30   | 90 ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0                                             | 30   | 90 ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| Com      | 0       | Tinaroo    | 2,25                           | 2,50 | 2,75                                 | 1,00                                           | 1,25 | 1,25                                 | 0,75                                          | 0,00 | 0,00                                 |
|          |         | SP. 1      | 1,00                           | 1,50 | 1,25                                 | 0,25                                           | 0,25 | 0,25                                 | 1,25                                          | 0,75 | 0,75                                 |
|          | 100     | Tinaroo    | 2,75                           | 2,75 | 2,75                                 | 1,25                                           | 1,25 | 1,25                                 | 0,50                                          | 0,00 | 0,00                                 |
|          |         | SP. 1      | 1,75                           | 2,00 | 2,00                                 | 0,25                                           | 0,25 | 0,25                                 | 0,25                                          | 0,25 | 0,25                                 |
|          | 200     | Tinaroo    | 2,75                           | 2,50 | 2,75                                 | 1,25                                           | 1,25 | 1,50                                 | 0,00                                          | 0,00 | 0,00                                 |
|          |         | SP. 1      | 1,25                           | 1,25 | 2,00                                 | 0,25                                           | 0,25 | 0,25                                 | 0,50                                          | 0,25 | 0,00                                 |
| Sem      | 0       | Tinaroo    | 2,50                           | 2,50 | 2,25                                 | 0,75                                           | 1,00 | 1,25                                 | 2,25                                          | 2,25 | 0,00                                 |
|          |         | SP. 1      | 1,25                           | 2,00 | 1,75                                 | 0,25                                           | 0,25 | 0,25                                 | 2,00                                          | 0,25 | 0,75                                 |
|          | 100     | Tinaroo    | 2,75                           | 3,00 | 2,50                                 | 1,25                                           | 1,00 | 1,25                                 | 0,00                                          | 0,25 | 0,00                                 |
|          |         | SP. 1      | 1,75                           | 1,75 | 2,00                                 | 0,25                                           | 0,25 | 0,50                                 | 0,75                                          | 0,25 | 0,00                                 |
|          | 200     | Tinaroo    | 2,25                           | 3,00 | 3,25                                 | 1,25                                           | 1,50 | 1,25                                 | 0,00                                          | 0,00 | 0,00                                 |
|          |         | SP. 1      | 1,50                           | 2,00 | 1,75                                 | 0,25                                           | 0,25 | 0,25                                 | 0,25                                          | 0,25 | 0,25                                 |

\* O cálcio foi aplicado sob a forma de CaSO<sub>4</sub>.

<sup>b</sup> O tamanho da planta foi avaliado empiricamente pela numeração de 1 a 4, ou seja, da planta mais baixa para a mais alta.

<sup>c</sup> O sintoma de toxidez de manganês foi avaliado empiricamente segundo a intensidade de toxidez de manganês (ver no texto os sintomas de toxidez de manganês), pela seguinte numeração: 0 — sem sintoma de toxidez; 1 — pouco sintoma de toxidez; 2 — muito, sintoma de toxidez.

<sup>d</sup> O sintoma de carência de cálcio foi avaliado empiricamente segundo a intensidade de carência de cálcio na planta (ver no texto, os sintomas de carência de cálcio) pela seguinte numeração: 0 — sem sintoma de carência; 1 — pouco sintoma de carência; 2 — muito sintoma de carência.

QUADRO 5. *Interação variedade x fósforo no número e tamanho dos nódulos*

| Fósforo (ppm) | Variedade | Número de nódulos | Tamanho de nódulos |
|---------------|-----------|-------------------|--------------------|
| 0             | Tinaroo   | 360               | 792                |
|               | SP. 1     | 497               | 669                |
| 30            | Tinaroo   | 382               | 975                |
|               | SP. 1     | 425               | 1255               |
| 90            | Tinaroo   | 361               | 960                |
|               | SP. 1     | 439               | 1069               |
|               | d.m.s.    | n.s.              | 227                |

QUADRO 6. *Efeito da interação "pellet" x variedade, no peso dos nódulos, nitrogênio total e teor de manganês na relação folha/raiz*

| "Pellet" | Variedades | Peso dos nódulos* (mg/vaso) | N total (mg/vaso) | Teor de manganês na relação folha/raiz |
|----------|------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------------------|
| Com      | Tinaroo    | 501,3                       | 3474              | 225                                    |
|          | SP. 1      | 602,6                       | 5125              | 149                                    |
| Sem      | Tinaroo    | 524,5                       | 3637              | 133                                    |
|          | SP. 1      | 563,7                       | 4778              | 220                                    |
|          | d.m.s.     | 35,4                        | n.s.              | n.s.                                   |

\* Dados transformados em  $\sqrt{n+1}$ .QUADRO 7. *Análise da variância dos resultados apresentados nos Quadros 1, 2, 3 e 4*

| Fonte da variância                      | G.L. | Tamanhos dos nódulos | Número dos nódulos <sup>b</sup> | Peso dos nódulos <sup>b</sup> | Peso seco das plantas | N%      | N total | Manganês folha <sup>a</sup> | Manganês folha/raiz |
|-----------------------------------------|------|----------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------|---------|-----------------------------|---------------------|
|                                         |      | F                    | F                               | F                             | F                     | F       | F       | F                           | F                   |
| Cálcio                                  | 2    | 3,93*                | 1,18                            | —                             | —                     | 1,35    | —       | 11,15**                     | 3,15*               |
| Fósforo                                 | 2    | 12,08**              | —                               | 11,70**                       | 6,64**                | —       | 5,90**  | 16,55**                     | —                   |
| "Pellet"                                | 1    | 1,79                 | 3,10                            | —                             | —                     | 2,13    | —       | —                           | —                   |
| Variedade                               | 1    | —                    | 17,84**                         | 25,57**                       | 59,21**               | 12,85** | 69,61** | 20,66**                     | —                   |
| Fósforo x variedade                     | 2    | 3,10*                | 2,50                            | 1,21                          | —                     | —       | —       | —                           | 1,14                |
| "Pellet" x variedade                    | 1    | —                    | —                               | 4,99*                         | —                     | —       | 2,20    | —                           | 3,43                |
| Fósforo x "pellet" x cálcio x variedade | 4    | —                    | —                               | —                             | 1,51                  | 1,71    | 2,62*   | —                           | —                   |
| C.V. (%)                                |      | 41,0                 | 19,1                            | 15,1                          | 20,3                  | 12,5    | 23,3    | 4,5                         | 14,6                |

\* Analisado em escala logarítmica.

<sup>b</sup> Analisado segundo  $\sqrt{n+1}$ .

quanto a diferença entre as variedades já era pronunciada. Como se pode observar no Quadro 6, o tratamento "pellet" não manifestou efeito significativo em nenhuma das observações, a não ser na interação variedade x "pellet" que será discutida mais adiante. Sendo a fosforita de Olinda uma fonte de fósforo muito pouco solúvel, provavelmente as plântulas pequenas não tiveram capacidade de solubilizá-la. As exigências em fósforo das plântulas recém-germinadas de soja perene, aliás, já indicam uma fraca capa-

cidade do sistema radicular ainda novo desta planta, para extrair este elemento.

Nota-se, por isto, efeito altamente significativo do fósforo, tanto nos vasos com, como nos sem "pellet", manifestando-se tanto na nodulação como na fixação de nitrogênio e no desenvolvimento das plantas. Como já foi observado em trabalho anterior (Souto & Döbereiner 1968), no presente experimento a deficiência de fósforo se manifesta no tamanho dos nódulos, no seu peso total e no nitrogênio fixado, en-

quanto o número de nódulos não foi afetado. Isto indica um efeito específico do fósforo no desenvolvimento do tecido nodular, não havendo, no entanto, necessidades maiores deste elemento para a indicação dos nódulos.

Ludecke (1941) observou uma correlação positiva entre o nitrogênio fixado por grama de nódulos e o conteúdo de fósforo nos mesmos. No presente experimento, no entanto, como em anteriores (Souto & Döbereiner 1968), o fósforo não teve efeito na quantidade de N fixado, por grama de nódulos da soja perene. Estando o N fixado na dependência direta do peso nodular em funcionamento, independentemente da adubação fosfatada, obteve-se uma única linha de regressão do N total nas plantas (log) sobre o peso dos nódulos para todos os tratamentos fosfatados (Fig. 1). Um efeito do fósforo sobre a eficiência do tecido nodular se manifestaria num coeficiente de regressão (b) mais alto para os tratamentos que receberam adubação com este elemento. Estes resultados indicam que o papel do fósforo na simbiose da soja perene é de proporcionar maior desenvolvimento dos nódulos uma vez formados, não havendo efeito nem sobre a iniciação dos nódulos, nem sobre a sua eficiência na fixação do nitrogênio atmosférico. Experimentos com feijão (Döbereiner *et al.* 1966) já tinham dado resultados semelhantes.

Ainda em relação ao papel do fósforo na nodulação, nota-se um efeito mais pronunciado deste elemento no peso total dos nódulos da variedade SP.1, enquanto que o número de nódulos tendeu até a diminuir nesta variedade, quando aplicada adubação fosfatada. Estes efeitos parecem menos pronunciados na variedade Tinaroo (Interação variedades x fósfo-

ro, Quadro 5). A maior resposta da variedade SP.1 à influências ambientais, já havia sido observada em trabalho anterior (Souto & Döbereiner 1968).

Tanto para a nodulação como para o desenvolvimento das plantas, a dosagem de 30 ppm de  $P_2O_5$  (60 kg/ha) foi suficiente, não se registrando mais aumentos com a dose de 90 ppm. Em trabalho anterior (Souto & Döbereiner 1968) verificou-se que dosagens muito altas (100 ppm) foram necessárias para compensar efeitos deletérios de temperaturas excessivas. Tendo sido feito o presente experimento na estação fria não se notou necessidade de fósforo tão alta. Portanto, o limite máximo ou mínimo de aplicação de fósforo nas condições de campo, dependerá da região e da época de plantio.

O cálcio aplicado em forma de gesso, isto é, sem promover neutralização do solo, mostrou efeito significativo apenas sobre o tamanho dos nódulos tendendo até a diminuir seu número. Se isto se deve a um efeito direto do cálcio, ou indireto através da toxidez de manganês que foi agravada pelo gesso (Quadro 3), não é fácil de decidir. Sugeriu-se em trabalho anterior (Döbereiner 1966) com feijão, a compensação de baixos números de nódulos por um maior desenvolvimento dos mesmos, quando a toxidez de manganês não for demasiada. Por efeito direto, o cálcio, de acordo com as observações de Andrew e Norris (1961), agiria sobre o desenvolvimento dos pontos meristemáticos. Como foi dito acima, tratar-se-ia de uma compensação de tamanho com número de nódulos, para poder de uma ou outra maneira, cobrir as necessidades da planta em nitrogênio. Neste caso, o desenvolvimento mais lento dos nódulos nos vasos sem cálcio, seria respondido pela formação de maior

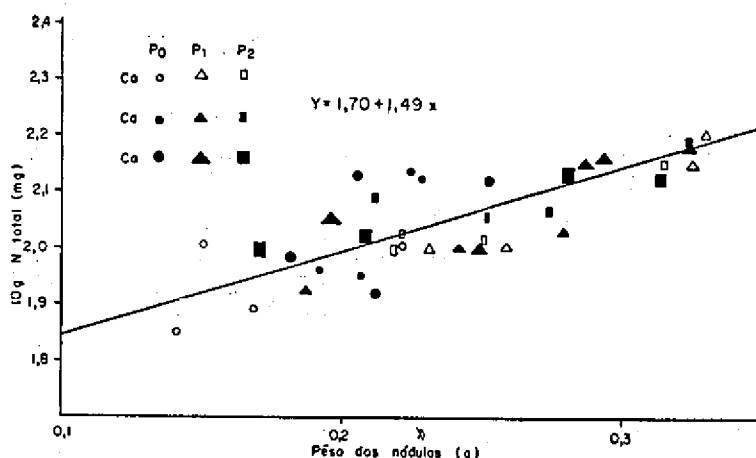


FIG. 1. Regressão do nitrogênio total nas plantas sobre o peso dos nódulos demonstrando a dependência da fixação de nitrogênio do peso dos nódulos, independentemente dos tratamentos.

número dos mesmos. Nem o cálcio, nem tampouco o fósforo, afetaram a eficiência dos nódulos, isto é, a quantidade de N fixado por grama de nódulos (Fig. 1).

Apesar de não ter sido significativo o efeito do cálcio sobre o nitrogênio total e sobre o peso das plantas, nota-se que os valores mais baixos foram sempre obtidos nos vasos sem cálcio e sem fósforo. Tendo sido o fósforo aplicado em forma de superfosfato, parece que o cálcio contido no mesmo foi suficiente para suprir as necessidades das plantas. Observações na sintomatologia das plantas novas (duas semanas) que são apresentadas no Quadro 4, mostram ainda sintomas de deficiência de cálcio (secamento das gemas e folhas novas) muito mais pronunciados nos vasos sem cálcio, sem fósforo e sem "pellet", indicando que, nesta fase, o "pellet" com fosforita de Olinda forneceu cálcio às plantas recém-germinadas.

Neste mesmo Quadro pode-se observar ainda que a variedade SP.1 parece mais sensível à deficiência de cálcio que a variedade Tinaroo, no início do ciclo.

Constante, apesar de surpreendente, foi a diferença entre as duas variedades de soja perene, mostrando a variedade SP.1 melhor nodulação, maior fixação de N e melhor desenvolvimento que a variedade Tinaroo. Surpreendente, pois o contrário tem sido observado em experimentos anteriores (Souto & Döbereiner 1968), onde a variedade Tinaroo foi mais vantajosa.

A diferença principal entre o presente experimento e os anteriores foi a elevada toxidez de manganês no solo usado, e é por isto que estudamos mais detalhadamente as diferenças entre as duas variedades relacionadas com esta toxidez. No início do ciclo até certo ponto (Quadro 4), isto é, quando a planta ainda era alimentada pelas reservas da semente, a variedade Tinaroo se desenvolveu mais rapidamente mostrando tamanho maior e menos sintomas de deficiência de cálcio, onde este elemento escasseou. Mas já nesta época se observou maior incidência de sintomas de toxidez do manganês (Quadro 4). Estes sintomas foram parecidos com os observados em soja anual, isto é, manchas cloróticas entre nervuras, mais intensas na parte periférica das folhas. Toxidez mais grave ainda se manifestou por manchas necróticas e enrugamento das folhas, podendo ser confundida com uma virose.

Foi determinado, nesta fase, o teor de manganês nas plantas de desbaste de 12 vasos de cada variedade, obtendo-se em média os valores de 760 ppm para a variedade Tinaroo e 720 ppm para a SP.1, não sendo significativa esta pequena diferença. Mais tarde, no entanto, à medida em que as plantas ab-

sorveram mais substâncias do solo, o teor de manganês nas folhas da variedade Tinaroo se tornou significativamente maior do que o da variedade SP.1, chegando, nos vasos sem fósforo, ao dobro do conteúdo desta última (Quadro 3).

Quellette e Dessureux (1958) sugeriram que diferenças entre linhagens de alfafa, na resistência à toxidez de manganês são devidas à maior ou menor translocação deste elemento para a parte aérea. No presente experimento não houve realmente diferença significativa no teor do manganês nas raízes, mas sim no das folhas, que foi muito mais alto na variedade Tinaroo. Para avaliar melhor a translocação, calculou-se a relação teor de manganês na folha sobre o teor de manganês na raiz, que também está apresentada no Quadro 3. Não houve, no entanto, diferenças entre variedades nesta relação, mas sim um efeito significativo do sulfato de cálcio, demonstrando maior deslocação do manganês, com a aplicação do gesso. Isto, pelo menos aparentemente, é contrário às observações de Quellette e Dessureux (1958) em alfafa, onde maior disponibilidade de cálcio nas raízes reduziu a translocação do manganês da raiz para a parte aérea.

O aumento da absorção do manganês com a aplicação de gesso manifestou-se também no efeito significativo do cálcio, no teor de manganês nas folhas, e poderia ser explicado indiretamente através da acidificação do solo pelo sulfato liberado.

É interessante notar que também o fósforo aumentou a absorção do manganês, não tendo no entanto havido efeito na translocação (Mn folha/Mn raiz, Quadro 3). Assim, o efeito do fósforo possivelmente foi prejudicado pelo aumento da toxidez de manganês, nos vasos adubados com superfosfato.

Interessa finalmente a interpretação da interação variedade x "pellet", que foi significativa no peso dos nódulos, e esteve perto da significância para N total e para a relação Mn folha/Mn raiz (Quadro 6). Enquanto na variedade Tinaroo, o "pellet" estimulou a translocação do manganês para a parte aérea, e diminuiu o peso de nódulo e o N fixado, o contrário aconteceu na variedade SP.1 que parece ter um mecanismo de defesa contra a absorção excessiva deste elemento, isto indicando outra diferença fisiológica entre as duas variedades.

Parece, diante do exposto, que a inferioridade da variedade Tinaroo no presente experimento se deve à maior sensibilidade desta variedade à toxidez de manganês, tendo o teor de manganês nas folhas maior influência sobre a nodulação e fixação de N do que aquele das raízes. Isto indica efeito através do fornecimento de material energético necessário para o desenvolvimento dos nódulos e não inibição do *Rhizo-*

*bium* na fase da iniciação dos nódulos. Döbereiner (1963) verificou com feijão que concentrações muito mais elevadas de manganês são necessárias para inibir o *Rhizobium* do que as que agem na simbiose.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Engenheiros Agrônomos Rosa Droumond Villani e Gilberto Gastim Pessanha, a colaboração na análise estatística dos dados, e ao laboratorista Carlos Alberto Gonçalves Cavalcante pelas análises do nitrogênio e manganês.

### REFERÊNCIAS

- Andrew, C. S. & Norris, D. O. 1961. Comparative responses to calcium of five tropical and four temperate pastures legume species. *Aust. J. agric. Res.* 12:40-55.
- Andrew, C.S. 1962. Influence of nutrition on nitrogen fixation and growth of legumes, p. 130-146. In *A review of nitrogen in the tropics with particular reference to pastures*. Bull. 46, Commonw. Bur. Past. Field Crops, Hurley.
- Döbereiner, J. & Alvañhydo, R. 1963. Toxicidez de manganês em solos da série Ecologia. IX Congr. bras. Ciênc. Solo, Fortaleza.
- Döbereiner, J. 1963. Manganese toxicity in the *Rhizobium*-bean symbiosis (*Phaseolus vulgaris* L.). M. S. thesis, Univ. Wisconsin.
- Döbereiner, J. 1966. Manganese toxicity effects on nodulation and nitrogen fixation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.), in acid soils. *Plant and Soil* 14:153-166.
- Döbereiner, J., Arruda, N.B. de & Penteado, A. de F. 1966. Avaliação da fixação do nitrogênio, em leguminosas, pela regressão do nitrogênio total das plantas sobre o peso dos nódulos. *Pesq. agropec. bras.* 1:233-237.
- Loneragan, J.F., Meyer, F., Fawcett, R. G. & Anderson, A. J. 1955. Lime pelleted clover seeds for nodulation on acid soils. *J. aust. Inst. agric. Sci.* 21:264.
- Ludecke, H. 1941. *Phosphorsäure* 10, p. 196. (Citado por Andrew 1962)
- Quellette, G. J. & Dessureaux, L. 1958. Chemical composition of alfalfa as related to the degree of tolerance to manganese and aluminium. *Can. J. Plant. Sci.* 38:315-323.
- Souto, S. M. & Döbereiner, J. 1968. Efeito do fósforo, temperatura e umidade do solo, na nodulação e no desenvolvimento de duas variedades de soja perene (*Glycine javanica* L.). *Pesq. agropec. bras.* 3:215-221.
- Vincent, J.M. 1965. Environmental factors in the fixation of nitrogen by legumes, p. 384-435. In Bartholomew, W.V. & Clark, F.E. (ed.), *Soil nitrogen*. Am. Soc. Agron. Inc. Publ., Madison, Wis.

### MANGANESE TOXICITY, PHOSPHORUS AND CALCIUM IN TWO VARIETIES OF PERENNIAL SOYBEANS (*Glycine javanica* L.)

#### Abstract

A greenhouse experiment was carried out to study the interference of phosphorus and calcium with symbiotic nitrogen fixation of two varieties of perennial soybean (*Glycine javanica* L.) in soils with manganese toxicity. The same experiment explores the possibility of supplying the high demand for phosphorus and calcium during plant establishment by coating the seed with rockphosphate. The following conclusions were drawn:

- 1) Seed pelleting with rockphosphate (from Olinda) did not substitute for phosphorus fertilizer but it did increase calcium deficiency symptoms in very young plants.
- 2) Fertilization with phosphorus increased, significantly, nodule growth and total nitrogen in the plant but had no effect on nodule numbers of the amount of N fixed per unit of nodule weight. These effects were more pronounced with variety SP.1.
- 3) Calcium applied as gypsum increased nodule size but tended to decrease their number so that there was no significant effect on total nodule weight or nitrogen fixation. The amount of N fixed per unit nodule weight was also unaffected by calcium.
- 4) Phosphorus and calcium stimulated manganese absorption. The latter increasing translocation of this element from roots to the aerial portion of the plant.
- 5) In soil with manganese toxicity, the variety SP.1 produced higher nodule weights, more total nitrogen in plants and higher forage yields than did the variety Tinaroo.
- 6) The variety Tinaroo absorbed more manganese than variety SP.1 without evidencing differences in translocation.
- 7) Seed coating increased manganese absorption and reduced nodule weight and nitrogen fixation in the variety Tinaroo. The opposite occurred with the variety SP.1.