

EFEITOS DE DOSES CRESCENTES DE NITROGÊNIO E DA INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO ATMOSFÉRICO, NA CULTURA DA SOJA (*Glycine max*, Merrill).<sup>1</sup>

Julio Nakagawa<sup>2</sup>

Vivaldo F.da Cruz<sup>3</sup>

A.M.Louis Neptune<sup>4</sup>

RESUMO

Para estudar os efeitos de doses crescentes de nitrogênio, na presença e ausência de *Rhizobium*, na cultura da soja, foram instalados ensaios em dois solos arenosos pobres em matéria orgânica dos municípios de Herculândia e de Regente Feijó.

No ensaio de Herculândia constatou-se efeitos de *Rhizobium*, enquanto no de Regente Feijó houve efeitos linear e cúbico das doses de nitrogênio, não sendo observado efeito de inoculação. Em ambos os casos notaram-se cloroses nos tratamentos sem nitrogênio, todavia no ensaio de Regente Feijó foi temporária enquanto no de Herculândia a clorose persistiu até o fim do ciclo nas parcelas sem inoculação e sem nitrogênio.

INTRODUÇÃO

Em ensaio preliminar, conduzido pelos autores em 1968, em solo arenoso e pobre em matéria orgânica, utilizando doses crescentes de nitrogênio na cultura da soja, sem uso de inoculante, constatou-se uma clorose uniforme em todas as parcelas onde o nitrogênio não foi adicionado. GARGANTINI & CATANI(11), em um ensaio em vaso, verificaram o mesmo fenômeno e uma produ

---

<sup>1</sup> Entregue para publicação em 31/12/70.

<sup>2</sup> Departamento de Solos e Agrotecnia - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas - Botucatu.

<sup>3</sup> Departamento de Matemática e Estatística - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP.

<sup>4</sup> Departamento de Solos e Geologia - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP.

ção de massa verde menor nos tratamentos sem nitrogênio. A clorose, do ensaio preliminar, persistiu até o final do ciclo vegetativo da cultura, todavia a produção não diferiu entre os tratamentos, mesmo com aquele sem nitrogênio. De acordo com os trabalhos citados por CARTER & HARTWIG (6), as bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, sendo muito ativas, competem inicialmente com o hospedeiro pelo nitrogênio disponível do solo.

OHLROGGE, citado por HICKS et al (14), menciona que a soja nem sempre responde à adubação, observando-se na maioria dos casos, resposta quando os teores dos elementos minerais do solo são baixos. Entre nós, este fato foi confirmado através de estudos feitos por MIYASAKA et al (20, 21, 22, 23), por MASCARENHAS et al (16) e por GARCIA BLANCO et al (10).

O problema da adubação da soja continua sendo intrigante. BOONE & BRETZLAFF focalizam esse problema na revista da Associação Americana de Soja de abril de 1969, afirmando: "When we examine the recipes used by soybean contest winners, we find that "secret formula" has apparently not yet been found. Although no winners have won with soils that are deficient in plant food nutrients, the amount of fertilizers applied yearly varies from none to very high amounts of all analyses".

No presente trabalho, são descritos resultados de dois ensaios conduzidos em duas regiões do Estado de São Paulo, em solos arenosos e pobres em matéria orgânica, objetivando verificar os efeitos da inoculação de *Rhizobium japonicum* e do nitrogênio na produção de soja (*Glycina max.* Merrill) utilizando a variedade IAC-2.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 1. Solos e locais dos ensaios

Segundo a COMISSÃO DE SOLOS (7), os solos escolhidos pertencem a um Latossol Vermelho Escuro - Fase Arenosa (município de Regente Feijó) e a um Podzolizado Lins-Marília Var. Marília (município de Herculândia).

O solo de Regente Feijó era um solo trabalhado durante 25 anos, sendo pastagem durante 10 últimos anos. Nos anos de 1966 e 67 cultivaram-se milho e amendoim no ano de 1968. Em relação ao solo de Herculândia, tratava-se de um solo abandonado há mais de 10 anos por ter sido considerado antieconômica a sua exploração.

As análises químicas dos referidos solos, utilizando os métodos descritos em CATANI & GALLO (5), apresentaram os seguintes resultados:

| Municípios     | pH  | M.O. | Em e.mg/100 gramas de TFSA |                               |                |                  |                  |
|----------------|-----|------|----------------------------|-------------------------------|----------------|------------------|------------------|
|                |     |      | H <sup>+</sup>             | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | K <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> |
| Regente Feijão | 5,8 | 0,62 | 1,76                       | 0,09                          | 0,05           | 1,04             | 0,32             |
| Herculândia    | 5,7 | 0,26 | 1,28                       | 0,02                          | 0,05           | 1,12             | 0,24             |

## 2. Delineamento experimental

O experimento em questão era constituído de oito tratamentos, sendo eles:

Calcário + PK  
 Calcário + PK + 30 kg de N/ha  
 Calcário + PK + 60 kg de N/ha  
 Calcário + PK + 90 kg de N/ha  
 Calcário + PK + inoculação  
 Calcário + PK + 30 kg de N/ha + inocul.  
 Calcário + PK + 60 kg de N/ha + inocul.  
 Calcário + PK + 90 kg de N/ha + inocul.

A distribuição foi de blocos casualizados, com três repetições.

A área das parcelas foi de três metros de largura por cinco metros de comprimento, comportando cinco linhas de 0,60 cm de espaçamento nas entrelinhas. A área útil foi de 7,2 m<sup>2</sup> (1,8 m de largura por 4 m de comprimento).

## 3. Corretivo e fertilizantes utilizados

O corretivo utilizado foi calcário dolomítico de Rio Claro, e as doses, calculadas pelo método descrito por CATANI

& GALLO (3), foram de 700 kg/ha para Regente Feijão e 600 kg/ha para Herculândia, aplicado nos dois locais, com um mês de antecedência. A necessidade de emprêgo de calcário foi baseada nos trabalhos de MASCARENHAS et al (15), MIYASAKA et al (20,21 e 22) e de MIKKELSEN et al (17).

As doses de fósforo e de potássio foram as mesmas para os dois locais. 92 kg/ha de  $P_2O_5$  na forma de superfosfato triplo com 46%  $P_2O_5$  e 30 kg/ha de  $K_2O$  na forma de cloreto de potássio com 60% de  $K_2O$ . O adubo nitrogenado utilizado foi todo na forma de sulfato de amônio, feita em adubação fundamental junto com fósforo e potássio.

#### 4. Material inoculante

Seguiu-se a técnica descrita por MIYASAKA & GOMES(19), utilizando-se o material concedido pela Seção de Leguminosas do I.A. Campinas.

Tomou-se as devidas precauções de se plantar imediatamente após a inoculação e de evitar contato direto da semente inoculada com fertilizante.

#### 5. Plantio, condução e colheita dos experimentos

O plantio de Herculândia foi efetuado aos 11 de novembro de 1969, e colhido aos 22 de abril de 1970, enquanto o ensaio de Regente Feijão foi instalado aos 13 de novembro e colhido aos 17 de abril de 1970.

No ensaio de Herculândia houve uma pequena incidência de "lagarta rêsca", provavelmente *Agrotis* sp., sem contudo causar danos às plantas.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 1. Produção de Regente Feijão

A produção obtida e os dados das análises da variância deste ensaio seguem em Quadros I, II e III respectivamente.

Os dados da análise da variância mostram significância apenas para doses de nitrogênio, não se verificando efeitos da inoculação.

QUADRO 1 - Produção de soja em Kg/ha, de Regente Feijão

| Tratamentos                      | BI    | BII   | BIII  | Média |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Cal. + PK                        | 1,597 | 1,667 | 1,736 | 1,667 |
| Cal + PK + 30 kg de N            | 2,292 | 1,806 | 1,875 | 1,991 |
| Cal. + PK + 60 kg de N           | 1,944 | 1,597 | 1,275 | 1,806 |
| Cal. + PK + 90 kg de N           | 1,875 | 1,736 | 2,014 | 1,876 |
| Cal. + PK + inoculação           | 1,667 | 1,597 | 1,319 | 1,528 |
| Cal. + PK + 30 kg de N + inocul. | 1,875 | 1,944 | 2,014 | 1,944 |
| Cal. + PK + 60 kg de N + inocul. | 1,944 | 1,875 | 1,528 | 1,782 |
| Cal. + PK + 90 kg de N + inocul. | 2,083 | 1,667 | 2,153 | 1,968 |

QUADRO 2 - Análise de variância, de Regente Feijão

| Causas de variação | G.L. | Q.M.       | F                 |
|--------------------|------|------------|-------------------|
| Blocos             | 2    | 60.482,75  | 1,88              |
| Inoculação (I)     | 1    | 5.003,89   | 0,16              |
| Nitrogênio (N)     | 3    | 164.696,27 | 5,14 <sup>+</sup> |
| N x I              | 3    | 13.610,08  | 0,42              |
| (Tratamentos)      | (7)  | 77.131,85  |                   |
| Resíduo            | 14   | 32.006,64  |                   |
| total              | 23   |            |                   |

QUADRO 3 - Desdobramento do nº de graus de liberdade de N

| Causas de variância | G.L. | Q.M.       | F                 |
|---------------------|------|------------|-------------------|
| N'                  | 1    | 191.335,77 | 5,98 <sup>+</sup> |
| N''                 | 1    | 88.613,60  | 2,97              |
| N'''                | 1    | 214.139,46 | 6,69 <sup>+</sup> |
| N                   | (3)  | 164.696,27 |                   |
| Resíduo             | 14   | 32.006,64  |                   |

Tudo indica que a planta desfrutou apenas do nitrogênio do solo e a fixação de nitrogênio não teve efeito positivo na produção. Esse resultado de Regente Feijão, concorda com o trabalho de HAY & ANDRIAMANENTENA (12) em ensaio comparando efeito de uréia, de inoculação e de reinoculação; e também com estudo de MASCARENHAS (15) em solos de Ribeirão Preto, onde se constatou o efeito de nitrogênio na ausência de inoculação.

A análise do Quadro 3 mostra que houve efeitos linear e cúbica e não fôsse a queda na produção da dose de 60 kg/ha de N, seria esperado um comportamento apenas linear para a produção e doses.

Neste ensaio de Regente Feijão, constatou-se, no primeiro mês, clorose uniforme nas parcelas sem nitrogênio e sem inoculação (calcário + PK) e nas sem nitrogênio e com inoculação (calcário + PK + Inoculação). A clorose foi entretanto, temporária, o que leva a acreditar que havia *Rhizobium* ativo no solo e que, por se tratar de solo pobre em nitrogênio, estabeleceu-se uma competição entre a planta e as bactérias fixadoras pelo nitrogênio disponível no solo.

A existência de *Rhizobium* pode ser explicada ao se considerarem que, antes da formação de pastagens, houve plantio desta leguminosa e que a bactéria tenha sobrevivido ao longo dos anos, em ausência de planta hospedeira, corroborando assim o fato citado no trabalho de HINSON (13).

## 2. Produção de Herculândia

Os dados de produção e os resultados da análise da variância destes dados do ensaio se encontram em Quadros 4 e 5 respectivamente.

A análise estatística revelou, como se observa pelo Quadro 5, efeito de inoculação, resultado coincidente com trabalho de HAY & ANDRIAMANANTENA (12) o de MASCARENHAS (15) e o de MIYASAKA & GOMES (19).

No ensaio de Herculândia, também houve ocorrência de clorose nas parcelas sem nitrogênio, mas neste caso a clorose persistiu, o que atesta a não existência de bactérias fixadoras específicas para a soja. Esta hipótese é plausível quando se observam as produções dos tratamentos sem inoculação, que foram reduzidas em comparação com as produções dos tratamentos com inoculação que foram muito boas, superando largamente a

produtividade média do Estado levando a acreditar que, através da inoculação, houve fixação do nitrogênio atmosférico em quantidades suficientes para suprir as necessidades de N das plantas.

De outro lado, essa produção de Herculândia e mesmo a de Regente Feijó, mostram perspectivas otimistas, quanto ao cultivo da soja em solos pobres e arenosos, e muito mais quando se observam que baixas doses de nitrogênio atendem as necessidades da soja, como é o caso de Herculândia, que mesmo em parcelas não inoculadas não houve diferença significativa e que o *Rhizobium*, uma vez no solo, não se extingue facilmente, mesmo na ausência de planta hospedeira, como atesta o ensaio de Regente Feijó. Em face a todas essas considerações seria interessante frisar as observações e as recomendações de MURPHY\*: "We are now recommending some N in starter for beans, thinking some N close to the young plant prior to the formulation of nodules may be beneficial. We're also working with large applications of N, up to 250 pounds per acre applied both pre-plant and as a sidedressing. We're noted some responses to this N, arounds 5 to 7 bushels, but the response varies from year to year and location to location. In some cases, when N was applied to beans which were either not inoculated, or poorly inoculated, we got sizable increases. Responses have occurred with applications of 100 pounds of N per acre".

QUADRO 4 - Produção em kg/ha do ensaio de Herculândia

| Tratamentos                   | BI    | BII   | BIII  | Média |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Cal + PK                      | 1.250 | 1.528 | 1.458 | 1.412 |
| Cal + PK + 30 kg de N         | 1.736 | 1.611 | 1.694 | 1.686 |
| Cal + PK + 60 kg de N         | 2.139 | 1.639 | 2.014 | 1.931 |
| Cal + PK + 90 kg de N         | 1.806 | 1.556 | 1.875 | 1.747 |
| Cal + PK + Inoculação         | 2.528 | 2.389 | 2.361 | 2.426 |
| Cal + PK + 30 kg + Inoculação | 1.972 | 2.417 | 2.694 | 2.361 |
| Cal + PK + 60 kg + Inoculação | 2.389 | 2.333 | 1.944 | 2.222 |
| Cal + PK + 90 kg + Inoculação | 2.306 | 2.306 | 2.431 | 2.347 |

\* Em Soybeans - Commercial Fertilizer and Plant Food Industry(1)

QUADRO 5 - Resultado de análise de variância do ensaio de Herculândia.

| Causas de variação | G.L.      | Q.M.         | F       |
|--------------------|-----------|--------------|---------|
| Blocos             | 2         | 15.070,68    | 0,34    |
| Inoculação (I)     | 1         | 5.511.576,96 | 56,64** |
| Nitrogênio (N)     | 3         | 28.000,30    | 0,63    |
| N x l              | 3         | 132.018,49   | 2,97    |
| Tratamentos        | (8)       | 427.376,14   |         |
| Resíduo            | 14        | 44.336,23    |         |
| <b>t o t a l</b>   | <b>23</b> |              |         |

#### CONCLUSÕES

1. No ensaio de Herculândia constatou-se efeito significativo da inoculação e um efeito aparente de nitrogênio nos tratamentos sem inoculação, o que comprova a não existência de bactérias ou se existiam não eram boas fixadoras de nitrogênio. Nessas condições fica comprovado que a inoculação substitui perfeitamente a adubação nitrogenada.
2. Pelas produções de Herculândia, conclui-se que mesmo em solos pobres pode-se alcançar excelente produção com adição de calcário, fósforo, potássio e inoculação.
3. No ensaio de Herculândia e também no de Regente, observou-se uma tendência que se traduz por uma certa incompatibilidade entre inoculação e nitrogênio ao verificar que o tratamento sem nitrogênio superou os demais uniformemente.
4. Os dados obtidos em Regente Feijão sugerem, que em solos com bactérias fixadoras ativas, a adição de nitrogênio seria melhor do que a inoculação.
5. A clorose aparece nos solos de baixo teor de nitrogênio e esta persiste até o final do ciclo da planta quando não há bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico. E se estas existem e o teor de nitrogênio no solo é baixo, a clorose é temporária.



6. A ausência de bactérias fixadoras de nitrogênio e o baixo teor deste, influenciou na produção.

#### SUMMARY

To study the effects of increasing levels of nitrogen on soybean yield with and without inoculation, two field experiments were carried out on two sandy soils of the State of São Paulo, namely a Red Dark Latosol, sandy phase, in the Municipality of Regente Feijó and a Podzolizado Lins-Marília Soil, variation Marília, in the Municipality of Herculândia.

The experiment in Herculândia showed an effect of inoculation on yield, whereas the experiment in Regente Feijó showed a linear and cubic effect of rates of nitrogen on yield. Chlorosis appeared in both experiments where nitrogen has not been applied, but it was not permanent in Regente Feijó experiment, as happened in Herculândia experiment.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Prefeitura Municipal de Herculândia e ao Sr. Yuzo Nakagawa, pelo fornecimento de materiais necessários e pela assistência prestada neste presente trabalho.

#### LITERATURA CITADA

- ANÔNIMO, 1970 Soybeans. Commercial Fertilizer and Plant Food Industry, 120(2): 6-8.
- BERGERSEN, F.J., 1966 Nitrogen fixation in legume root nodules: biochemical studies with soybean. Proc. Roy. Soc. B. 172:401-416.
- BOSWELL, F.C., and ANDERSON, 1969 Effect of time of molybdenum application on soybean yield and nitrogen, oil, and molybdenum content. Agronomy Journal 61(1): 58-60.
- CALDWELL, B.E. and GRANT VEST, 1968 Nodulation interactions between soybean genotypes. Crop. Sci. 8(6): 680-682.
- CATANI, R.A., GALLO, J.R. e GARGANTINI, H., 1955 Amostragem de solos, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Bol. 69 Inst. Agr. Campinas. 26 p.

- CARTER, J.L. and HARTWING, E.E., 1963 Nutrient requirements, In The Soybean, Acad. Press. 239 p.
- COMISSÃO DE SOLOS, 1960 Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Bol. nº 12. Min. Agr. Rio de Janeiro.
- DARMIRGI, S.M., FREDERICK, L.R., and ANDERSON, I.C., 1967 Sero - groups of *Rhizobium japonicum* in soybean nodules as affected by soil types. Agronomy Journal 59(1):10-12.
- GALLO, J.R., CATANI, R.A. e GARGANTINI, H., 1956 Efeito de três tipos de calcários na reação do solo e no desenvolvimento da soja. Bragantia, 15(12):121-130.
- GARCIA BLANCO, H., VENTURINI, W.R. e GARGANTINI, H., 1965 Comportamento de fertilizantes fosfatados em diferentes condições de acidez do solo para trigo, com estudo do efeito residual para soja. Bragantia, 23(22):261-278.
- GARGANTINI, H. e CATANI, R., 1958 Fixação do nitrogênio do ar atmosférico pelas bactérias que vivem associadas com as raízes da soja. Bragantia, 17(14):195-204.
- HAY, V.H. et ANDRIAMANANTENA, S., 1970 Inoculation des Legumineuses. Resultats de l'experimentation 1968. L'Agronomie Tropicale 6-7:596-603.
- HINSON, K., 1969 Alternatives to seed-packet inoculation of soybeans with *Rhizobium japonicum*. Agronomy Journal, 61: 683-686.
- HICKS, D.R., PENDLETON, J.W., and SCOTT, W.O., 1967 Response of soybeans to TIBA (2,35 - Triodobenzoic acid) and high fertility levels. Crop Sci. 7(4): 397-98.
- MASCARENHAS, H.A.A. e OUTROS, 1967 Adubação de soja V. Efeito da inoculação das sementes com *Rhizobium* e de subsequente "peletização" com pasta de carbonato de cálcio na ausência e na presença da calagem e da adubação nitrogenada. Bragantia, 26 (10):143-154.
- MASCARENHAS, H.A.A. e OUTROS, 1967 Adubação da soja VI. Efeitos do enxofre e de vários micronutrientes (Zn, Cu, B, Mn, Fe, Mo) em vários solos latossol rão com vegetação do cerrado. Bragantia 26(29): 373-380.

- MIKKELSEN, D.S., FREITAS, L.M.M. de e McLUNG, A.A., 1963 Efeitos da calagem e adubação na produção de algodão, milho e soja em três solos de Campo Cerrado, IRI. Bol. 29, 45p.
- MIYASAKA, S., 1954-55 Melhoria da soja I. Observações preliminares sobre comportamento de algumas variedades de soja em São Paulo. *Bragantia* 14:9-17.
- MIYASAKA, S. e GOMES DA SILVA J., 1956 A inoculação de sementes com Arasan. *Bragantia*, 15:329-335.
- MIYASAKA, S., WUTKE, C.P. e VENTURINI, W.R., 1962 Adubação de soja II. Adubação mineral em "terra-rôxa misturada" com argilito glacial. *Bragantia* 21:617-630.
- MIYASAKA, S., FREIRE, E.S. e MASCARENHAS, H.A.A., 1964 Ensaio de adubação de soja e de feijoeiro em solo de Arenito Botucatu com vegetação de cerrado. *Bragantia* 23:45-54.
- MIYASAKA, S., FREIRE, E.S. e MASCARENHAS, H.A.A., 1964 Adubação da soja IV. Efeito de NPK, do enxofre e de micronutrientes em solo de arenito. Botucatu, com vegetação de cerrado. *Bragantia* 23:65-72.
- MIYASAKA, S., ALENCAR, C. e FREIRE, E.S., 1966 Resposta da soja à adubação com N, P, K, S e micronutrientes em solos pobres de Itararé, no sul do Planalto Paulista. *Bragantia* 25 (Nota nº 7): XXIX-XXXIII.

