

INOCULAÇÃO, ADUBAÇÃO NITROGENADA E REVESTIMENTO CALCÁRIO EM TRÊS VARIEDADES DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)¹

NORMA BERGALLO DE ARRUDA², JOHANNA DÖBEREINER³ e
CLAUS MAGNO GERMER⁴

Sinopse

Foram feitos três experimentos de campo em anos consecutivos e em localidades diferentes, com o esquema experimental fatorial 3 x 3 x 3, incluindo três variedades, três tratamentos nitrogenados (0, inoculação e adubação nitrogenada) e três tratamentos calcários (0, "pellet" e calagem do solo), para estudar a interferência do nitrogênio e da calagem na fixação simbiótica e na produção de três variedades de soja.

A variedade Mamouth mostrou, nos três experimentos, nodulação mais abundante que as outras duas, sendo esta nodulação independente dos tratamentos, inclusive da inoculação. A variedade Pelikan foi a que apresentou nodulação mais fraca, tendo esta nodulação sido equivalente à da variedade Abura em um dos experimentos, mas somente nos tratamentos com inoculação, sendo, portanto, muito mais dependente das condições ambientais.

A calagem do solo, apenas num dos experimentos, teve efeito significativo na nodulação, apesar de se tratar de solos ácidos (pH 4,8; 5,8; 5,4). O revestimento calcário, neste mesmo experimento, ultrapassou o efeito da calagem, mostrando-se ainda superior aos demais tratamentos num outro experimento, mas somente nas parcelas inoculadas (interação tratamentos calcários x tratamentos nitrogenados).

Quanto à produção de grãos, apenas se notaram diferenças entre variedades sendo, como na nodulação, a Mamouth e a Abura superiores à Pelikan. Num dos experimentos a inoculação superou os efeitos da adubação nitrogenada enquanto noutro, a adubação nitrogenada foi mais eficiente.

Houve uma regressão altamente significativa, em dois experimentos, entre o peso dos nódulos e a produção, indicando que a fixação simbiótica foi fator limitante da produção da soja, especialmente na ausência da adubação nitrogenada.

INTRODUÇÃO

A cultura da soja está tomando uma importância cada vez maior no Brasil, já sendo usada a prática da inoculação, em grande escala, no Sul do País (Freire 1965) onde se fabricam, comercialmente, inoculantes, usando-se estirpes de *Rhizobium japonicum* isoladas e testadas para esta região. Entretanto, o mesmo não ocorre nas regiões mais quentes,

como na região Centro, devido à falta de inoculantes selecionados para as variedades e para os solos desta região. O sucesso da inoculação depende não só das estirpes de *Rhizobium* selecionadas, mas principalmente das variedades de soja (Döbereiner *et al.* 1966). Em trabalho recente concluiu-se que há variedades de nodulação fácil e outras que nodulam apenas em condições ótimas e ainda, que este fato está relacionado com diferenças fisiológicas entre variedades, o que se manifesta através da nutrição (Döbereiner & Arruda 1967). O cálcio e o nitrogênio foram os elementos que mais interferiram.

O presente trabalho traz mais uma pequena contribuição para a solução deste problema confirmando, em condições de campo e em três anos consecutivos, diferenças entre variedades no sentido de sua resposta à inoculação. Foram comparados, nestes experimentos, a inoculação com a adubação nitrogenada e o revestimento calcário com a calagem do solo, em três variedades de soja.

¹ Recebido para publicação em 27 de outubro de 1967. Boletim Técnico n.º 61 do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS). Parcialmente financiado pelo Projeto CONTAP-I-1 e apresentado no XI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Brasília, julho 1967.

² Eng.º Agrônomo e Chefe da Seção de Fitotecnia e Genética do IPEACS, Km 47, Campo Grande, GB. ZC-26.

³ Eng.º Agrônomo da Seção de Solos do IPEACS e bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas.

⁴ Eng.º Agrônomo da Seção de Estatística Experimental do Escritório de Pesquisas e Experimentação, Km 47, Campo Grande, GB. ZC-26.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante três anos agrícolas consecutivos: 1964/65, 1965/66 e 1966/67 nos seguintes locais: nos dois primeiros anos em áreas diferentes na sede do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS), Km 47 da Rodovia Rio-São Paulo e no 3.º ano, na Estação Experimental de Sta. Mônica em Barão de Juparanã, Município de Marquês de Valença, Estado do Rio de Janeiro, com o objetivo de estudar o efeito do nitrogênio e da calagem na fixação simbiótica e na produção de três variedades.

O esquema experimental usado foi um fatorial 3 x 3 x 3 em blocos incompletos com confundimento parcial da interação de 2.ª ordem, com quatro repetições e os seguintes tratamentos:

Três variedades: Mamouth, Pelikan e Abura.

Três tratamentos calcários: testemunha, calagem e revestimento calcário da semente ("pellet").

Três tratamentos nitrogenados: testemunha, adubação nitrogenada e inoculação da semente.

O inoculante usado foi turfa umedecida com cultura líquida de várias estirpes de *Rhizobium japonicum*.

A inoculação, nos tratamentos sem "pellet", foi feita umedecendo as sementes com água e agitando-as num saquinho plástico contendo o inoculante.

O "pellet" foi feito umedecendo as sementes com uma solução de goma arábica a 40% e 20% de turfa e agitando-as, em seguida, num saquinho de plástico contendo, em excesso, carbonato de cálcio fino. Usaram-se, para 170 gramas de sementes, 2 gramas de turfa, 10 mililitros de goma e 80 gramas de CaCO_3 .

Nas parcelas onde o tratamento foi "pellet" e inoculação, a turfa foi substituída pela turfa umedecida com cultura líquida de *Rhizobium*.

Foram feitas, nos três anos, curvas de titulação para se determinar a quantidade de calcário calcítico para se obter um pH em torno de 6 nas parcelas que receberam tratamento calcário no solo.

A adubação nitrogenada foi feita usando-se 400 kg/ha de salitre do Chile a 15% de N distribuído do seguinte modo: 150 kg por ocasião do plantio, 150 kg 15 dias após o plantio e 100 kg 30 dias após o plantio.

Foi feita, por ocasião do plantio, uma adubação geral com P, K e Mo usando-se 300 kg/ha de superfosfato simples a 20% de P_2O_5 , 50 kg/ha de cloreto de potássio a 60% de K_2O e 0,367 kg/ha de molibdato de amônio $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Para o estudo da nodulação procedeu-se do seguinte modo: foram retiradas, 40 a 60 dias após o

plantio, 10 plantas de cada parcela com o sistema radicular o mais completo possível. Estas plantas foram lavadas cuidadosamente sobre uma peneira para evitar perda de nódulos. Os nódulos foram retirados, secados a 65°C, contados e pesados depois de retiradas tôdas as impurezas.

Os dados de produção de grãos referem-se somente às produções das fileiras centrais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos três experimentos de campo, que foram feitos em três anos diferentes, variando os solos, os inoculantes e as condições climáticas (um dos experimentos foi feito em Sta. Mônica onde a altitude é de aproximadamente 500 m) confirmaram o que tem sido observado em trabalhos anteriores (Döbereiner *et al.* 1965, 1966, Döbereiner & Arruda 1967), isto é, a variedade Mamouth, com todos os inoculantes e sob tôdas as condições, sempre se apresenta abundantemente nodulada, enquanto a nodulação das variedades Abura e Pelikan está na dependência de fatores do solo, sendo que a variedade Abura, em condições favoráveis, atingiu o peso de nódulos da variedade Mamouth, o que nunca aconteceu com a variedade Pelikan.

QUADRO 1. Efeito da inoculação e calagem na nodulação de três variedades de soja. Peso dos nódulos em mg/10 pés, transformado $\sqrt{x + 1}$. (Médias de quatro repetições)

Variedade	Fontes Ca	Fontes N	1964/65	1965/66	1966/67
Mamouth	Test.	Test.	1,17	16,55	3,41
"	"	Adubação N	1,25	14,57	2,07
"	"	Inoculante	1,02	12,29	2,81
"	Calcário	Test.	1,10	19,21	3,66
"	"	Adubação N	1,10	19,59	2,57
"	"	Inoculante	1,00	18,00	2,15
"	Pellet	Test.	1,05	25,03	1,86
"	"	Adubação N	1,17	28,88	1,57
"	"	Inoculante	1,02	22,94	4,39
Pelikan	Test.	Test.	1,00	2,87	1,17
"	"	Adubação N	1,02	1,58	1,70
"	"	Inoculante	1,00	8,84	1,21
"	Calcário	Test.	1,00	7,25	1,11
"	"	Adubação N	1,05	1,72	1,46
"	"	Inoculante	1,02	9,73	2,37
"	Pellet	Test.	1,00	5,54	1,05
"	"	Adubação N	1,00	10,76	1,68
"	"	Inoculante	1,00	14,41	3,34
Abura	Test.	Test.	1,05	12,08	1,45
"	"	Adubação N	1,30	18,32	1,84
"	"	Inoculante	1,07	10,49	1,48
"	Calcário	Test.	1,03	6,71	1,31
"	"	Adubação N	1,10	13,05	1,66
"	"	Inoculante	1,09	25,60	1,44
"	Pellet	Test.	1,02	4,03	1,60
"	"	Adubação N	1,10	15,46	2,19
"	"	Inoculante	1,00	18,85	1,93

Nos Quadros 1, 2, 3 e 4 figuram os dados referentes à nodulação e à produção de grãos bem como as respectivas análises estatísticas. Observando-se os Quadros 1 e 3 referentes ao peso dos nódulos pode-se verificar que, nos anos 1965/1966 e 1966/1967, houve diferenças altamente significativas entre as variedades, aparecendo a variedade Mamouth em primeiro lugar; a variedade Abura foi melhor que a variedade Pelikan exceto no ano 1966/1967. No ano 1964/1965 a diferença entre as variedades não foi significativa; entretanto, a distribuição dos dados tem a mesma tendência dos anos seguintes.

Esta característica das variedades de soja, que representa a base para o sucesso da inoculação, a qual poderá substituir a adubação nitrogenada, deveria ser observada em qualquer programa genético de melhoramento de soja: como um dos fatores principais, ao lado da produção e da resistência a doenças.

Além das diferenças entre variedades, observa-se, no Quadro 3, significância do efeito dos tratamentos nitrogenados, nos primeiros dois anos, mostrando maior nodulação as parcelas inoculadas. A adubação nitrogenada, em nenhum dos casos, prejudicou a nodulação, sendo mesmo, no ano 1965/1966, o peso dos nódulos nas parcelas com adubação nitrogenada superior ao das parcelas testemunhas, sem inoculação. Allos e Bartholomew (1955, 1959) já tinham observado que dosagens baixas de N não prejudicam a fixação simbiótica na soja, podendo até aumentá-la. Observações semelhantes foram feitas em experimentos em casa de vegetação (Döbereiner & Arruda 1967).

O efeito da inoculação e da adubação nitrogenada, no entanto, não foi o mesmo nas três variedades, tendo sido significativa a interação variedades x tratamentos nitrogenados nos dois últimos experimentos (Quadro 3). Em ambos os experimentos verifica-se que a variedade Mamouth apresentou peso de nódulos elevado, tanto nas parcelas testemunhas como nas parcelas inoculadas, ao passo que as variedades Pelikan e Abura mostraram nodulação muito fraca que só aumentou com a inoculação. É interessante notar que, na variedade Abura, a adubação nitrogenada aumentou o peso de nódulos, enquanto nas duas outras variedades isto não ocorreu. A habilidade da variedade Mamouth de nodular abundantemente, mesmo sem inoculação, confirma sua característica de fácil nodulação.

Levando-se em consideração que o experimento de 1966/1967 foi instalado num terreno onde antes nunca havia sido plantada soja, torna-se necessário um estudo mais detalhado deste assunto, pois esta habilidade da variedade Mamouth de nodular abun-

QUADRO 2. Efeito da inoculação e calagem na produção de três variedades de soja, em kg/ha. (Médias de quatro repetições)

Variedade	Fontes Ca	Fontes N	1964/65	1965/66	1966/67
Mamouth	Test.	Test.	168	1874	713
"	"	Adubação N	257	1953	1129
"	"	Inoculante	113	1757	808
"	Calcário	Test.	273	2071	1227
"	"	Adubação N	189	2067	1120
"	"	Inoculante	229	1817	1093
"	Pellet	Test.	245	1604	727
"	"	Adubação N	135	1926	924
"	"	Inoculante	424	1667	1562
Pelikan	Test.	Test.	118	999	758
"	"	Adubação N	149	935	790
"	"	Inoculante	242	1206	450
"	Calcário	Test.	164	971	558
"	"	Adubação N	78	1385	924
"	"	Inoculante	203	1071	812
"	Pellet	Test.	109	1039	281
"	"	Adubação N	177	1328	566
"	"	Inoculante	255	1807	897
Abura	Test.	Test.	162	1682	763
"	"	Adubação N	261	1532	1017
"	"	Inoculante	266	1946	982
"	Calcário	Test.	151	1482	1218
"	"	Adubação N	192	1392	1205
"	"	Inoculante	248	1667	1370
"	Pellet	Test.	138	1989	705
"	"	Adubação N	260	1507	1124
"	"	Inoculante	332	1653	1308

QUADRO 3. Análise da variância do Quadro 1. (Valores F)

Fontes de variação	1965	1966	1967
Variedades	—	28,73***	11,82***
Fontes de cálcio	2,50	5,13**	—
Fontes de nitrogênio	7,85***	3,89*	2,57
Var. x fontes Ca	—	2,38	—
Var. x fontes N	1,78	3,52*	2,59*
Fontes Ca x fontes N	—	1,72	3,21*

QUADRO 4. Análise da variância do Quadro 2. (Valores F)

Fontes de variação	1965	1966	1967
Variedades	8,81***	31,24***	14,67***
Fontes de cálcio	1,74	—	—
Fontes de nitrogênio	7,62**	1,34	3,66*
Var. x fontes Ca	—	2,19	—
Var. x fontes N	1,26	2,11	—
Fontes Ca x fontes N	2,35	—	1,80

* Os dados de produção foram corrigidos para o "stand".

dantemente, mesmo sem inoculação, só se explicaria se esta variedade, ao contrário das demais, tivesse capacidade de entrar em simbiose eficiente não só com *Rhizobium japonicum*, que é específico para a soja (*Glycine max*), como também com estirpes de *Rhizobium* do grupo "cow-pea" que normalmente formam nódulos apenas nas leguminosas tropicais deste grupo e não na soja.

O efeito dos tratamentos calcários se fez sentir muito menos do que se deveria esperar, considerando-se a acidez dos solos nos quais foram lançados os experimentos (pH 4,8; 5,8; 5,4). O efeito dos tratamentos calcários foi significativo apenas no experimento de 1965/1966. Foi introduzido, nestes experimentos, o revestimento calcário das sementes como uma tentativa para substituir a calagem do solo. Este tratamento tem sido adotado na Austrália (Loneragan *et al.* 1955) e no Uruguai (Murguia & Date 1965) para o semeio a lanço de leguminosas forrageiras sobre pastagens, com o intuito não só de proteger o *Rhizobium* inoculado contra o ressecamento e a insolação como também de fornecer cálcio e um microclima mais favorável ao estabelecimento da nodulação das plantas novas. Em experimento em casa de vegetação (Döbereiner *et al.* 1965) o revestimento calcário das sementes de soja substituiu, em parte, a calagem sendo seu efeito dependente da variedade e da estirpe inoculada.

O revestimento calcário das sementes teve efeito mais pronunciado na nodulação do que a calagem. O efeito benéfico do revestimento calcário na nodulação aparece mais ainda no experimento do último ano onde a interação tratamentos calcários x tratamentos nitrogenados foi significativa, demonstrando um efeito favorável do revestimento calcário, pronunciado apenas nas parcelas com sementes inoculadas.

A calagem do solo teve efeito apenas num dos experimentos apesar de se tratar sempre de solos ácidos. Mostra isto que, muitas vezes, são feitos gastos inúteis na cultura da soja com a calagem porque prevalece a idéia de que as leguminosas necessitam de solos neutros para uma ótima fixação do nitrogênio, apesar de vários trabalhos terem demonstrado o insucesso da calagem para esta cultura quando não se trata de solos extremamente ácidos (Döbereiner *et al.* 1965, Freitas *et al.* 1959) ou com toxidez de Mn ou Al (Döbereiner 1966).

Observando-se os Quadros 2 e 4, referentes à produção de grãos, verifica-se que, nos três experimentos, houve diferença altamente significativa entre as variedades, apresentando as variedades Mamouth e Abura uma produção bem superior à da Pelikan.

Foi observado, também, um efeito significativo entre os tratamentos nitrogenados nos anos 1964/1965 e 1966/1967. No último ano as parcelas inoculadas obtiveram maior produção e estas e as parcelas adubadas com nitrogênio foram superiores em produção às parcelas testemunhas. No primeiro ano, quando a nodulação foi inferior à dos anos posteriores, houve maior produção nas parcelas adubadas com nitrogênio.

Comparando-se, nos Quadros 1, 2, 3 e 4, os resultados relativos aos pesos dos nódulos com os da produção, verifica-se que o peso dos nódulos foi muito mais influenciado pelos diversos tratamentos do que a produção, o que, aliás, é compreensível, pois estes dão uma medida mais sensível dos efeitos sobre a simbiose soja-*Rhizobium* do que a produção de grãos, que está na dependência não só da alimentação nitrogenada como de muitos outros fatores.

Nos experimentos dos dois últimos anos observou-se uma regressão altamente significativa da produção sobre o peso dos nódulos tendo-se obtido as seguintes equações:

$$1965/1966 - Y = 1219,12 + 26,69X; t = 3,48^{**}; r = 0,385^{**}$$

$$1966/1967 - Y = 532,55 + 176,24X; t = 4,75^{**}; r = 0,417^{**}$$

A alta significância de regressão da produção de grãos sobre o peso dos nódulos mostra, sobretudo, que a produção foi limitada pelo funcionamento da simbiose e os efeitos dos tratamentos sobre a produção e sobre os nódulos foram semelhantes, não tendo sido sempre significativos.

REFERÊNCIAS

- Allos, H. F. & Bartholomew, W. V. 1955. Effect of available nitrogen on symbiotic fixation. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 19: 182-184.
- Allos, H. F. & Bartholomew, W. V. 1959. Replacement of symbiotic fixation by available nitrogen. Soil Sci. 87: 61-66.
- Döbereiner, J. 1966. Manganese toxicity effects on nodulation and nitrogen fixation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.), in acid soils. Plant and Soil 24 (1): 153-166.
- Döbereiner, J., Arruda, N. B. & Pentead, A. de F. 1965. Problemas da inoculação da soja em solos ácidos. An. IX Congr. Int. Pastagens, São Paulo, 2, p. 1153-1157.
- Döbereiner, J., Arruda, N. B. & Pentead, A. de F. 1966. Especificidade hospedeira em variedades de soja, na simbiose com *Rhizobium*. Pesq. agropec. bras. 1: 207-210.
- Döbereiner, J. & Arruda, N. B. 1967. Interrelações entre variedades e nutrição na nodulação e simbiose da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Pesq. agropec. bras. 2: 475-487.
- Freire, J. R. 1965. A inoculação de leguminosas forrageiras no Estado do Rio Grande do Sul. An. IX Congr. Int. Pastagens, São Paulo, 2, p. 1187-1189.
- Freitas, L. M. M., McClung, A. C. & Lott, W. L. 1959. Experimentos de adubação em dois solos de campo de cerrado. VII Congr. Bras. Ciên. Solo, Piracicaba.
- Loneragan, J. F., Mayer, F., Fawcett, R. G. & Anderson, A. J. 1955. Lime pelleted clover seeds nodulation on acid soils. J. Aust. Inst. Agr. Sci. 21: 264-265.
- Murguia, J. L. & Date, R. A. 1965. The use of pellets in the oversowing of pasture legumes. An. IX Congr. Int. Pastagens, São Paulo, 1, p. 279-282.

INOCULATION, MINERAL NITROGEN AND LIME PELLETING IN THREE VARIETIES OF SOYBEAN (*Glycine max* (L.) Merrill)*Abstract*

Three field experiments were conducted in consecutive years at different areas utilizing a 3 x 3 x 3 factorial design consisting of three varieties, three nitrogen treatments (0, inoculation and mineral nitrogen) and three lime treatments (0, lime pelleting and liming the soil) with the objectives of studying the interference of mineral nitrogen and liming on nitrogen fixation and yield of different varieties of soybeans.

In the three experiments the variety Mamouth showed better nodulation than the other two varieties, the nodulation being less affected by the treatments, including inoculation. The variety Pelikan presented the poorest nodulation. The variety Abura, in one of the experiments, had as poor nodulation as the variety Pelikan while in another, in the inoculated plots it nodulated as well as the variety Mamouth. This shows varying dependence of nodulation upon environmental effects in the different varieties.

Liming increased nodulation of soybeans only in one of the experiments although the pH of all three soils was acid (4,8; 5,8 and 5,4). In the same experiment lime pelleting of the seeds was more effective than liming. Lime pelleting in one other experiment had similar efficiency but only when the seeds were inoculated (interaction N x lime treatments.)

In relation to soybean yield significant differences were only observed between varieties which follow the general pattern of nodulation, Mamouth and Abura being more productive than Pelikan. In two of the experiments the nitrogen treatments were also significant showing higher yields with inoculation than with mineral nitrogen in one, while in another, mineral nitrogen was more effective than inoculation.

There was, in two of the experiments, a highly significant regression of soybean yield with nodule weight indicating that nitrogen fixation was the limiting factor of soybean production, when no nitrogen fertilizer was used.