

04005

CPAC

1978

FL-04005

Estação de Pesquisa Agropecuária
do Ministério da Agricultura
Pesquisa Agropecuária dos Cerrados

nº 2 (2a. ed.)

pp. 1-17

nov. 1978

BR-020 km 18

Caixa Postal 70/0023 - Tel: 5961171-70600 PLANALTINA-DF

comunicado
técnico

A CULTURA DA SOJA EM SOLOS DE CERRADOS DO DISTRITO FEDERAL

L. Vilela¹
L. N. de Miranda¹
J.R.R. Peres¹
P.I. de M. de Souza¹
A.R. Subet¹
C.R. Spehar¹
M.A.T. Vargas¹
R.D. Vieira²

INTRODUÇÃO

O cultivo da soja no Brasil começou a se expandir principalmente em 1973, quando os preços do produto no mercado externo atingiram níveis bastante atraentes. Hoje, a área plantada já ultrapassa os 7 milhões de hectares.

A virtual ocupação das áreas tradicionalmente cultivadas com a soja fez surgir o interesse da utilização de novas áreas ainda não incorporadas à agricultura brasileira.

A região dos Cerrados, por uma série de características (precipitação pluviométrica, temperatura, luminosidade e topografia) e por uma relativa proximidade de grandes centros consumidores, se constitui numa opção privilegiada para a expansão daquela cultura.

No entanto, existem problemas que precisam ser estudados, a fim de que se possa implantar, com sucesso, a cultura na região dos Cerrados. Entre os fatores limitantes, sobressaem-se o pequeno número de variedades adaptadas à região, o desconhecimento sobre a época adequada de plantio, o manejo da cultura, os problemas de fitossanidade, a baixa fertilidade natural e a elevada acidez dos solos, e os fatores relacionados com a fixação simbiótica de nitrogênio.

A cultura da soja em solos de
1978 FL-04005

Estação de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados da EMBRAPA.
Estação de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados da EMBRAPA.



30130-1

agm: 1000 exemplares

O Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados da EMBRAPA vem desenvolvendo pesquisas que visam a solucionar ou a minimizar os problemas básicos limitantes à utilização agrícola dos Cerrados. No que diz respeito à cultura da soja, conforme será discutido posteriormente, os resultados obtidos em condições experimentais e de lavoura confirmam o grande potencial dessa cultura para a região.

VARIETADES

As variedades tradicionalmente cultivadas na Região Sul do Brasil, tais como Bragg, Davis, Hardee e outras, não têm mostrado um bom comportamento na região dos Cerrados, apresentando desenvolvimento reduzido, produção mais baixa e menor altura da inserção da primeira vagem.

Tem-se, então, desenvolvido trabalhos visando à seleção de variedades adaptadas à região e que apresentam as características necessárias para um rendimento econômico.

Plantas com crescimento excessivo podem acamar, e inserção de vagens muito baixas resulta em perdas adicionais na colheita. É desejável que as plantas tenham a inserção das primeiras vagens em altura superior a 12 cm.

No Quadro 1, pode-se observar parte dos resultados de três experimentos, com diversas variedades e linhagens. Nas áreas dos experimentos, foram feitas calagem e adubação corretiva e de manutenção com fósforo, potássio e micronutrientes. As sementes foram inoculadas antes do plantio. Todas as variedades apresentaram acima de 2000 kg/ha, com boa altura de planta e de inserção da primeira vagem.

ÉPOCA DE PLANTIO

A escolha da época de plantio é um fator de grande importância para o rendimento da cultura. No Quadro 2 são apresentados os dados de rendimento de quatro variedades, em função da época de plantio, em dois anos. As maiores produções foram obtidas nos plantios realizados entre 20 de outubro e 20 de novembro, tornando-se o período mais recomendável.

ESPAÇAMENTO E DENSIDADE DE PLANTIO

O espaçamento entre sulcos e a densidade de plantio (número de plantas por metro linear) dependem de vários fatores, tais como fertilidade do solo, época de plantio, variedade e viabilidade econômica do uso de herbicidas.

QUADRO 1 - Produção de grãos e principais características agronômicas de 14 variedades e linhagens de soja cultivada em três locais, no 2º ano de cultivo com soja **

Cultivar ou Linhagem	Produção de grãos (kg/ha)	Altura (cm)		Ciclo da planta (dias)
		planta	inserção da 1ª vagem	
Fazenda Água Limpa - UnB, DF, 75/76 (solo LVA)				
IAC-5	2620	110	21	150
MANDARIN	2570	95	18	141
PELICANO	2420	110	18	149
IPB-F*	2400	115	23	160
IAC-2	2370	115	23	154
JUPITER	2370	120	40	162
Fazenda Vereda, Cristalina, GO, 75/76 (solo LVA)				
IAC-73 4062*	2930	77	25	146
IAC-73 4013*	2840	83	25	153
IAC-73 4022*	2760	83	22	153
IAC-73 4045*	2670	78	21	153
IPB-F*	2690	81	27	146
IAC-5	2160	61	15	130
IAC-2	2045	71	21	139
CPAC, DF, 76/77 - (solo LVE)				
BOSSIER	3240	44	12	101
PARANÁ	3100	52	14	101
SANTA ROSA	2470	52	12	121
IAC-2	2380	86	20	142
UFV-1	2200	48	14	140

* Linhagens em teste

** Adubação Corretiva: 240 kg de P_2O_5 /ha, 100 kg de K_2O /ha e 40 kg de FTE-Br-10/ha
Adubação de manutenção: 60 kg de P_2O_5 /ha, 30 kg de K_2O /ha e inoculante na base de 400g/40 kg de semente

Calagem: baseada na análise de solo.

QUADRO 2 - Produção de grãos de quatro variedades de soja, em função da época de semeadura, em dois anos. CPAC, 1975-1976 e 1976-1977 **

Época de semeadura	Produção de grãos (kg/ha)			
	UFV-1	SANTA ROSA	IAC-2	PARANÁ
ano agrícola de 1975/1976				
07-10-75*	3458	3066	1206	
12-10-75	2598	1916	1741	
04-11-75	2186	2513	2677	
18-11-75	2092	1257	573	
02-12-75	1867	822	1670	
ano agrícola de 1976/1977				
15-10-76	1235	3210	2727	2146
29-10-76	2120	2700	1884	3184
12-11-76	2307	2460	2365	2512
26-11-76	1636	2011	1441	1790
10-12-76	1122	1166	1149	1051
24-12-76	1068	1151	1160	643
07-01-77	624	989	641	546

* Recebeu irrigação por ocasião da semeadura.

** Adubação corretiva: 240 kg de P_2O_5 /ha, 100 kg de K_2O /ha e 40 kg de FTE-Br-10/ha
Adubação de manutenção: 60 kg de P_2O_5 /ha, 30 kg de K_2O /ha e inoculante na dose
gem de 400g/40kg de semente

Calagem: baseada na análise de solo.

Para a variedade IAC-2 em Cerrados de primeiro ano, uma sementeira que resulte de 25 a 30 plantas por metro linear e um espaçamento de 40 cm, entre sulcos, proporcionam uma boa cobertura do solo e um bom desenvolvimento da planta, facilitando a colheita mecânica. No segundo ano de plantio, com o solo em melhores condições de fertilidade, para as variedades UFV-1, Santa Rosa e IAC-2, o espaçamento entre sulcos pode ser de 50 cm e a densidade de 25 a 30 plantas por metro linear. Para variedades precoces (ciclo de mais ou menos 100 dias), como a Paraná, o espaçamento entre sulcos de plantio deve ser de 40 cm e a densidade de 30 plantas por metro linear.

RECOMENDAÇÕES DE VARIEDADES

As variedades recomendadas a seguir são as que se têm portado melhor nos experimentos em diferentes anos e locais. Além delas, existe um grande número de variedades e linhagens que estão em fase de teste pelo Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados e que poderão vir a ser indicadas no futuro.

IAC-2 é uma variedade de ciclo longo (em torno de 140 dias), recomendada para a abertura de Cerrados ou após o cultivo do arroz. Possui menor potencial de produção do que outras variedades, mas é rústica e apresenta bom desenvolvimento e boa altura de inserção da primeira vagem.

IAC-5 possui um comportamento semelhante ao da IAC-2. Pode ser, portanto, cultivada nas mesmas condições daquela variedade.

SANTA ROSA é uma variedade de ciclo médio (mais ou menos 120 dias). Possui um potencial de produção maior, em relação à IAC-2, sendo, no entanto, mais exigente no que diz respeito a fertilidade. Deve ser cultivada em solos de segundo ano de cultivo com soja.

UFV-1 é uma variedade de ciclo longo (cerca de 140 dias) exigindo mais fertilidade do que a Santa Rosa. É recomendada para solos de segundo e terceiro ano de cultivo com soja.

PARANÁ é uma variedade precoce, com ciclo de mais ou menos 100 dias. Não deve ser cultivada em solos de primeiro ano de cultivo. A sementeira deve ser feita até, no máximo, o dia 15 de novembro.

FERTILIDADE DO SOLO

A soja requer condições de alta fertilidade do solo para seu desenvolvimento e produção de grãos, em virtude de ser uma cultura altamente exigente em nutrientes.

Em uma produção de 2000 kg de grãos, são retirados cerca de 120 kg de nitrogênio, 14 kg de fósforo e 40 kg de potássio. Em decorrência, para que em cultivo em solos de Cerrados ofereça bons rendimentos, há necessidade da aplicação de calcário e fertilizantes em doses elevadas. Na área experimental do CPAC, foram conduzidos diversos experimentos em fertilidade do solo, cujos resultados serão comentados a seguir.

Calagem

Numerosos estudos têm demonstrado que as produções de soja são baixas em solos ácidos e que os efeitos dessa acidez no crescimento das plantas decorrem principalmente da presença de alumínio e manganês em níveis tóxicos. Um grande número de autores sugere a faixa de 5,5 a 7,0 de pH como ideal para o cultivo da soja. Entretanto, a cultura não exige condições de alto pH do solo, sendo suficiente que não ocorra deficiência de cálcio e magnésio e nem a ação nociva dos elementos já mencionados.

Os solos Latossolo Vermelho Escuro (LVE) e Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), de alta representatividade na região dos Cerrados, apresentam, em condições naturais, baixo pH, alta saturação de alumínio e baixo conteúdo de cálcio e magnésio, conforme pode ser visto no Quadro 3.

Em experimentos de calagem realizados nesses solos, verificou-se que as doses de calcário (PRNT = 100%) de 4 t/ha para o solo LVE e de 2,5 t/ha para o solo LVA foram suficientes para reduzir a saturação de alumínio e elevar o teor de Ca^{2+} + Mg^{2+} a níveis adequados para o cultivo da soja. Esses dados estão contidos também no Quadro 3.

O cálculo da quantidade de calcário a ser aplicada ao solo pode ser feita com base nos teores de alumínio e cálcio + magnésio trocáveis. A fórmula mais comumente usada para solos argilosos é a seguinte:

$$\text{Dose de calcário (t/ha)} = (\text{teor de Al}^3 \times 2) + 2 - (\text{teor de Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$$

Quando o teor de Ca^{2+} + Mg^{2+} for maior que 2 meq/100 g, considera-se apenas o teor de Al^{3+} . Para solos com textura média e arenosa, são utilizadas as seguintes fórmulas:

$$\text{Dose de calcário (t/ha)} = \text{teor de Al}^{3+} \times 2 \text{ ou}$$

$$\text{Dose de calcário (t/ha)} = 2 - (\text{teor de Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}).$$

Calculam-se as doses por estas duas fórmulas e escolhe-se a dose maior, para se aplicada ao solo.

A quantidade de calcário a adicionar tem que ser corrigida com base no PRNT do calcário. Deve-se usar, de preferência, um calcário dolomítico, com vistas ao suprimento não só de cálcio, mas também de magnésio. Um calcário de boa qualida

QUADRO 3 - Dados de análise química do Latossolo Vermelho Escuro (LVE) e do Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) em condições naturais e após aplicação respectiva de 4 t calcário/ha no LVE e 2,5 t calcário/ha no LVA. CPAC, 1976.

Características	solo natural		solo após calagem e adubação potássica		
	LVE	LVA	6 meses		12 meses
LVE			LVA	LVE	LVA
pH	4,5	4,7	5,2	5,2	5,2
Al ³⁺ (meq/100g)	0,90	0,43	0,20	0,05	0,05
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (meq/100g)	0,40	0,25	2,90	2,20	2,50
K (ppm)	25	21	52	21	38
P (ppm)	0,5	Traços	1,0	1,5	Traços
Sat. Al (%)	66	59	6	2	7

de deve conter um alto PRNT e uma proporção mínima de cerca de uma vez o teor de magnésio para quatro de calcário.

Adubação fosfatada

Os solos dos Cerrados apresentam baixo conteúdo de fósforo em forma disponível para as plantas, como se observa no Quadro 3. Além disso, estes solos se caracterizam pela alta capacidade de fixação de fósforo, ou seja, de reter o fósforo na fase sólida. É necessário aplicar adubos fosfatados para elevar a fertilidade do solo a um nível adequado (adubação corretiva) e para manter essa disponibilidade de fósforo (adubação de manutenção) durante o cultivo. No Quadro 4 estão apresentados os resultados de dois experimentos de adubação fosfatada feita a lanço, nos solos LVE e LVA. Pode-se observar que houve um grande aumento de produção nos dois solos, à medida que se aumentou a dose de fósforo, principalmente até 300 kg de P_2O_5 /ha.

Considerando-se o custo do adubo fosfatado, a dose de fósforo que oferece maior retorno está em torno de 240 kg de P_2O_5 /ha (adubação corretiva), aplicada a lanço, para os dois solos. Nos experimentos de competição de cultivares e linhagens de soja, em solo LVE argiloso, tem-se obtido resultados satisfatórios com essa adubação corretiva, acrescida anualmente da adubação de manutenção com 60 kg de P_2O_5 /ha, feita no sulco de plantio. Para solos argilosos com teor de fósforo acima de 9 ppm (média do Carolina do Norte) não se recomenda adubação fosfatada.

A adubação corretiva pode também ser feita parceladamente, aplicando-se anualmente 80 a 100 kg de P_2O_5 /ha no sulco de plantio.

Para os solos de textura média, a dose de fósforo da adubação corretiva a lanço pode ser reduzida para 70% da recomendada para solos argilosos.

Na Figura 1 está apresentada a curva de resposta da soja a níveis de adubação fosfatada feita apenas no sulco de plantio, no solo LVE. Houve aumento significativo de rendimento com aplicação de até 100 kg de P_2O_5 /ha. A ausência de resposta a doses maiores deveu-se à ocorrência de um veranico de 41 dias, que coincidiu com as fases de floração e enchimento de grãos. Observou-se que, nos níveis mais altos de fósforo, as plantas apresentaram maior desenvolvimento vegetativo e, por isso, foram mais prejudicadas pela falta de água no solo.

Adubação potássica

Nos solos de Cerrados, o teor de potássio, de um modo geral, é médio ou baixo. Os dados de disponibilidade natural de potássio nos solos LVE e LVA podem ser observados no Quadro 3. Considerando-se que o potássio é extraído em grande quantidade pelas sementes da soja, é de se esperar que sua disponibilidade no solo se tor

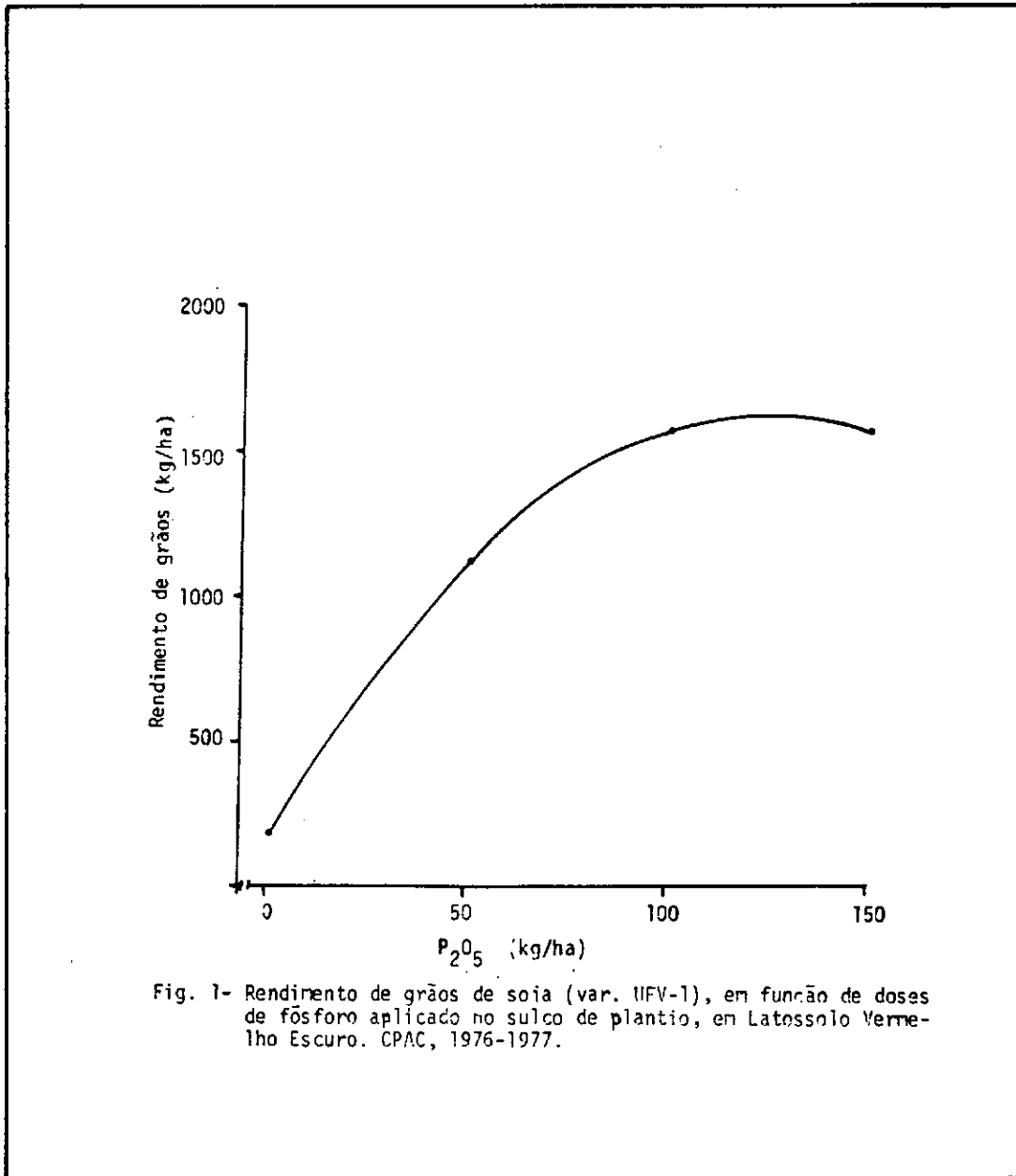


Fig. 1- Rendimento de grãos de soja (var. IIFV-1), em função de doses de fósforo aplicado no sulco de plantio, em Latossolo Vermelho Escuro. CPAC, 1976-1977.

ne reduzida em pouco tempo de cultivo.

Para os solos argilosos que apresentam de 0 a 25 ppm de potássio disponível, recomenda-se a adubação corretiva com 100 kg de K_2O /ha e de 26 a 50 ppm de K, 50 kg de K_2O /ha. Anualmente, deve-se aplicar cerca de 30 kg de K_2O /ha no sulco de plantio.

Micronutrientes

Os micronutrientes, embora requeridos em pequenas quantidades, são também importantes para que a cultura alcance bons rendimentos. Vários trabalhos de pesquisa realizados em Cerrados demonstram que existe uma deficiência acentuada de zinco nesses solos. É provável, entretanto, que em decorrência de cultivos sucessivos, venham a ocorrer deficiências de outros micronutrientes como boro e molibdênio.

Na Figura 2 pode-se observar a resposta da soja a doses crescentes de zinco, em solo LVE. Os dados se referem ao quarto cultivo e, portanto, os rendimentos da soja são decorrentes da ação residual do zinco aplicado no início do experimento. Verifica-se que houve aumento significativo de rendimento até a dose de 9 kg de Zn/ha.

Em condições de lavoura, a aplicação de 20 a 30 kg de $ZnSO_4$ /ha (cerca de 4 a 6 Zn/ha) foi suficiente para fornecer zinco, podendo-se também aplicar a fórmula FTE BR12 na dosagem de 40 kg/ha.

Fixação de nitrogênio

A soja exige grande quantidade de nitrogênio, como nutriente. Seus grãos contêm alto teor de proteína, sendo necessária a aplicação de 120 kg de nitrogênio/ha, para repor apenas o nitrogênio contido nos grãos de uma produção de 2000 kg/ha. O preço elevado do adubo nitrogenado somado ao custo adicional de sua aplicação parcelada levam a concluir que a expansão da cultura da soja em áreas de Cerrados vai depender do sucesso da inoculação com *Rhizobium japonicum*. Essa operação é simples e barata e, se feita corretamente, garante um suprimento adequado de nitrogênio às plantas durante todo o seu ciclo.

No Quadro 5 estão resumidos os resultados de um experimento de campo com quatro variedades de soja (Paraná, Santa Rosa, IAC-2 e UFV-1), em que se compara a inoculação com a adubação. Nesse experimento, as produções foram relativamente baixas, em virtude da ocorrência de condições climáticas desfavoráveis durante o ciclo da planta. Pode-se verificar que mesmo com uma produção mais baixa o lucro obtido com a inoculação foi maior do que com a adubação nitrogenada.

Há, contudo, alguns fatores que comprometem o sucesso da inoculação da soja plantada em áreas de Cerrados de primeiro ano de cultivo. Os principais são o uso de doses muito baixas de inoculantes e o uso de inoculantes contendo estirpes

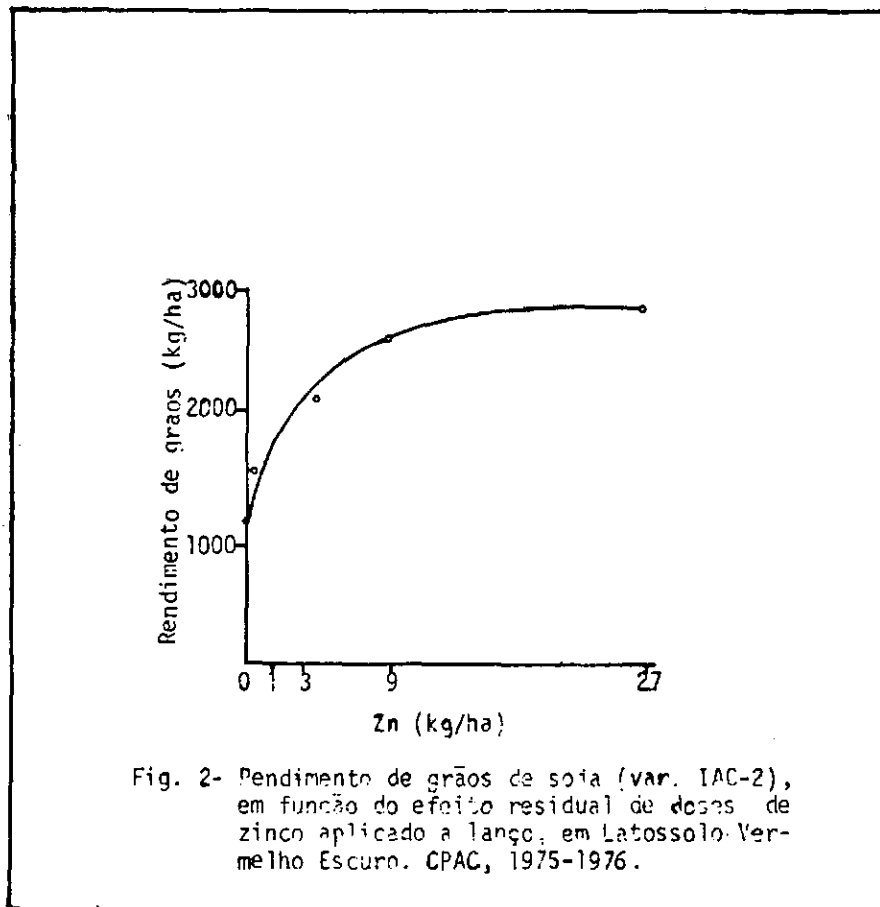


Fig. 2- Pendimento de grãos de soja (var. IAC-2), em função do efeito residual de doses de zinco aplicado a lanço, em Latossolo Vermelho Escuro. CPAC, 1975-1976.

QUADRO 4 - Rendimento da soja em função de doses de fósforo aplicado a lanço, nos solos Latossolo Vermelho Escuro (LVE) e Latossolo Vermelho Amarelo (LVA). CPAC, 1977.

Solo(LVE) - Var. UFV-1			Solo(LVA) - Var. PARANÁ		
P ₂ O ₅ (kg/ha)	Rend.grãos (kg/ha)	Rend.rela tivo (%)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	Rend.grãos (kg/ha)	Rend.rela tivo (%)
0	77	2,5			
150	2020	64,0	100	1031	55
300	2488	79,0	200	1476	78
600	2993	95,0	400	1641	87
1200	3159	100,0	800	1885	100

QUADRO 5 - Vantagem relativa do uso de inoculante em lugar da adubação nitrogenada. CPAC, 1976-1977.

Tratamento	Custo do tratamento (Cr\$/ha)	Produção de grãos (kg/ha)	Valor da produção (Cr\$/ha)	Diferença entre valor e custo (Cr\$/ha)	Diferença de lucro (Cr\$/ha)
100 kg N/ha	940,00	1942	3.631,00	2.691,00	
Inoculação	32,00	1852	3.463,00	3.431,00	740,00

Obs.: Base de cálculo: Cr\$ 9,40/kg de N; Cr\$ 18,40/kg de inoculante e Cr\$ 1,87/kg de grão de soja (preço mínimo de 77/78).

não específicas para as variedades plantadas.

O *Rhizobium* inoculado encontra problemas de sobrevivência no solo, em virtude da competição com a microflora nativa, já adaptada às condições naturais dos Cerrados. A adição de quantidades maiores de inoculante aumenta a chance de sobrevivência do *Rhizobium* no solo e favorece o seu estabelecimento. Em consequência, há formação de mais nódulos por planta de soja. A Figura 3 mostra o efeito altamente significativo de doses de inoculantes no peso de nódulos e na quantidade total de nitrogênio na parte aérea das plantas de um experimento em casa de vegetação. Acredita-se que o aumento da quantidade de nitrogênio na parte aérea tenha sido causado pelo aumento da massa de nódulos. Teores mais elevados de nitrogênio nas plantas resultam em produções mais elevadas e maior teor de proteína nos grãos.

Dados experimentais obtidos no CPAC indicam que existe inoculante comercial adequado para as variedades Santa Rosa, Paraná e UFV-1. Não há, ainda, inoculante comercial satisfatório para a IAC-2, que é a variedade mais comumente cultivada em solos de Cerrados de primeiro ano de cultivo. Com o objetivo de selecionar estirpes eficientes para essa variedade, foram conduzidos experimentos em casa de vegetação e em campo, cujos resultados podem ser encontrados no Quadro 6. Em todos os dados avaliados em casa de vegetação, houve superioridade do inoculante da UEPAE de Itaipuaçu. Esse inoculante contém as estirpes 29W e 965. A estirpe 965 é indicada como específica para a variedade IAC-2*. No experimento de campo, o tratamento com a estirpe 965 proporcionou maior número e peso de nódulos do que os demais tratamentos, superando inclusive os dois inoculantes comerciais. Os resultados comprovam a especificidade da estirpe 965 para a variedade IAC-2.

A partir do segundo plantio na mesma área, as plantas de soja nodulam abundantemente, mesmo que não se repita a inoculação, o que indica que as bactérias permanecem viáveis no solo. Contudo, por medida de precaução, recomenda-se inocular as sementes antes do plantio.

Há uma série de outros fatores que precisam ser considerados para se obter uma boa fixação do nitrogênio atmosférico, tais como a qualidade do inoculante, a técnica de inoculação e de plantio e as condições do solo.

O inoculante tem que ser de fonte idônea, preservado convenientemente durante o transporte e armazenagem e estar dentro do prazo de validade.

As sementes a serem inoculadas não devem ser tratadas com fungicidas mercuriais, pois esses produtos podem ser prejudiciais à bactéria.

A inoculação deve ser feita, preferencialmente, no dia do plantio. Deve-se cobrir as sementes à medida que estas forem sendo semeadas, evitando-se assim que a radiação solar mate as bactérias.

* J. Dobereiner, comunicação pessoal.

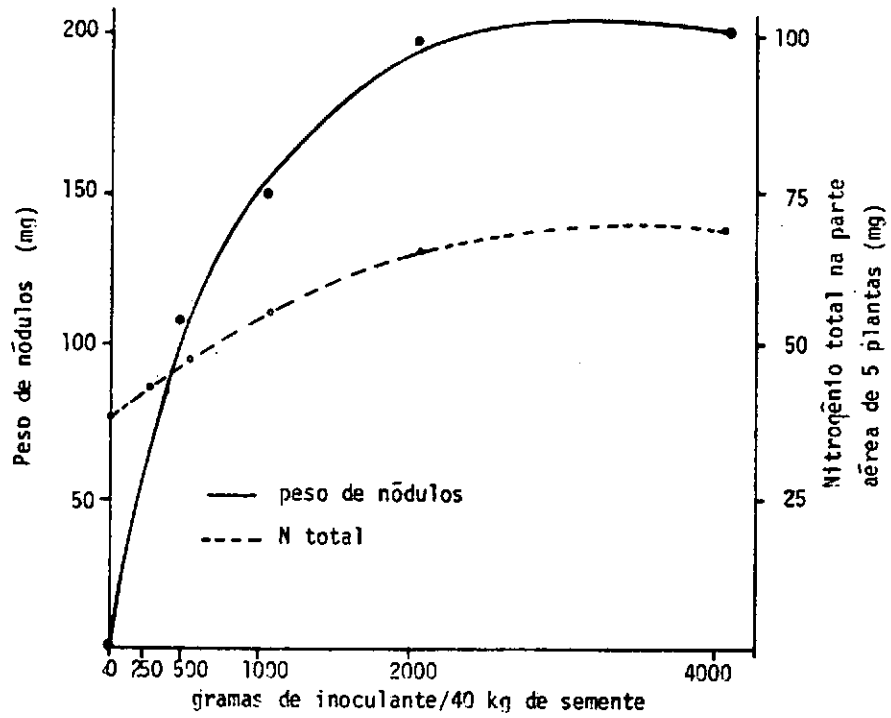


Fig. 3- Efeito de doses de inoculantes no peso de nódulos e no conteúdo de nitrogênio da soja (var. IAC-2), cultivada em casa de vegetação. CPAC, 1976-1977.

QUADRO 6 - Comparação entre inoculantes e estirpes para a variedade de soja IAC-2, em condições de casa de vegetação e de campo. CPAC, 1976-1977.

Tratamentos	Peso de planta(g)	Nº de nódulos	Peso de nódulos(mg)	Parte aérea	
				% de N	N total(mg)
Experimento de casa de vegetação (1)					
Inoc. da UEPAE de Itaguaí	5,14	140	382	2,15	111
Inoculante Comercial "A"	4,45	6	39	1,19	52
Experimento de campo (2)					
Estirpe R 54 a		7	35		
Estirpe 29 W		9	75		
Estirpe 965		41	220		
Estirpe SMS 313 a		8	33		
Estirpe 566		5	64		
Inoculante Comercial "A"		20	154		
Inoculante Comercial "B"		11	60		
100 kg de N/ha		1	34		

(1) dados de três plantas

(2) dados de cinco plantas

O solo tem que ser bem preparado, com o pH corrigido para eliminar o alumínio tóxico (pH 5,5 ou mais) e adubado convenientemente.

Existe uma grande relação entre a adubação do solo e a nodulação da soja. Em níveis baixos de adubação, a nodulação é esparsa e pouco eficiente.

Para a inoculação de sementes de soja, recomenda-se o uso de 1 kg de inoculante, misturado com 1ℓ de água, para cada 40 kg de sementes, para áreas de primeiro ano de cultivo com soja. A partir do segundo cultivo, pode-se reduzir essa dose para 250 g de inoculante, misturado com 250 ml de água.

O inoculante e a água devem ser misturados até formar uma lama preta. Em seguida, mistura-se com as sementes, sobre lona ou plástico ou em tambor rotativo de eixo descentralizado. As sementes inoculadas devem ser postas à sombra para secar, para evitar que absorvam água e antecipem o processo de germinação.