

03729

CPAC

1982

FL-03729

Revista Técnica

JULHO, 1982

Número 13

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E
INOCULAÇÃO DE SOJA EM SOLOS
DE CERRADOS**



EMBRAPA

Adubação nitrogenada e

1982

FL-03729

AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS



29763-1

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E INOCULAÇÃO
DE SOJA EM SOLOS DE CERRADOS**

*Milton A. T. Vargas
José Roberto R. Peres
Allert R. Suhet*



EMBRAPA

CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS

Planaltina – DF

Exemplares deste documento devem ser solicitados ao:

CPAC

BR-020 - Km 18 - Rodovia Brasília-Fortaleza

Caixa Postal 70-0023

73.300 - Planaltina-DF

Vargas, Milton Alexandre Teixeira.

Adubação nitrogenada e inoculação de soja em solos de cerrados, por Milton A. T. Vargas, José Roberto Peres e Allert Rosa Suhet. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1982.

11 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 13).

1. Soja - Adubação nitrogenada. 2. Soja - Inoculação -- Cerrados. I. Peres, José Roberto. II. Suhet, Allert Rosa. III. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Planaltina, DF. IV. Título. V. Série.

CDD - 633.34894

SUMÁRIO

	<i>Introdução</i>	5
	<i>Adubação nitrogenada para soja</i>	6
	<i>Fixação de N₂</i>	6
	<i>Uso de inoculantes com estirpes apropriadas</i>	8
	<i>Doses de inoculantes</i>	8
	<i>Forma de inoculação</i>	9
	<i>Inoculação do arroz</i>	9
	<i>Qualidade do inoculante</i>	10
	<i>Inoculação em solos de várzea</i>	10
	<i>Reinoculação da soja</i>	10
	<i>Como verificar se a inoculação foi adequada</i>	11
	<i>Defensivos</i>	11

ADUBAÇÃO NITROGENADA E INOCULAÇÃO DE SOJA EM SOLOS DE CERRADOS

Milton A. T. Vargas¹
José Roberto R. Peres¹
Allert R. Suhet¹

I – INTRODUÇÃO

A soja é considerada a maior fonte de proteínas para a alimentação animal e humana e seus subprodutos oferecem grande diversidade de emprego na indústria química. A expansão dessa cultura no Brasil acentuou-se a partir de 1973, quando ocorreu uma grande elevação de seu preço no mercado internacional. A sua participação na pauta de exportação tem sido muito expressiva. Em 1979 contribuiu com cerca de 2 bilhões de dólares em divisas. Ocupa atualmente cerca de 20% da área cultivada no País.

Nos Cerrados, a partir de uma produção pouco expressiva, em 1975, foram colhidos na safra 1979/80² cerca de 1,9 milhão de toneladas de grãos de soja, equivalendo a 12,6% da produção do País. Essa produção representou um aumento de 66% em relação à safra anterior. Como o crescimento da área cultivada foi de 44%, parte do aumento da produção foi devido à uma produtividade mais elevada.

Além do estímulo do melhor preço no mercado internacional, outros fatores contribuem decisivamente para a expansão dessa cultura. O principal deles é a capacidade da soja em fixar o nitrogênio atmosférico (N₂), dispensando os fertilizantes nitrogenados e reduzindo, por isso, o custo de produção. A fixação simbiótica do N utiliza a luz solar como fonte de energia, diferentemente da fixação industrial que emprega combustíveis fósseis. Constitui, portanto, o processo mais econômico de se adicionar nitrogênio ao sistema solo-planta. Esse fato passou a ter significado ainda mais expressivo com a crise do petróleo e a conseqüente elevação do preço dos fertilizantes nitrogenados.

¹ Pesquisadores da EMBRAPA-CPAC.

² SUDECO – Superintendência de Desenvolvimento da Região Centro-Oeste. Relatório Técnico Anual, 1980.

II – ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA A SOJA

O emprego de adubos nitrogenados no plantio é ainda adotado pela maioria dos agricultores que cultivam soja em solos de Cerrados, pois, essa era, até recentemente, a recomendação dos órgãos de pesquisa localizados em áreas onde se iniciou o cultivo da soja no Brasil. Além disso, a maioria das formulações de adubos existentes no mercado contém fertilizantes nitrogenados em proporções variáveis. Só recentemente as indústrias de fertilizantes passaram a produzir adubos sem nitrogênio.

A principal justificativa para o uso de baixas doses de nitrogênio no plantio da soja era a de que, em áreas recém-desbravadas, são incorporadas ao solo grandes quantidades de resíduos vegetais com alta relação C/N. A incorporação desse material induz a imobilização do nitrogênio do solo, através da atividade dos microorganismos, o que torna muito baixa a quantidade disponível de N por ocasião da sementeira. Por isso, argumentava-se que uma quantidade adicional de N, além da contida nos tecidos de reserva de semente, deveria ser fornecida às plantas, na forma mineral, para estimular o crescimento, até que o processo de fixação biológica do N atingisse um nível suficiente para suprir as necessidades da cultura.

Entretanto, desde 1977/78 tem sido observada, através de vários experimentos de campo conduzidos no CPAC, a inutilidade dessa prática nos solos de Cerrados.

Em experimento de campo, conduzido em solo LV de primeiro ano de cultivo, com cerca de 26 t de restos vegetais por hectare, após a catação de raízes, não se observou nenhum efeito da aplicação de baixas doses de N, no plantio da variedade IAC-2 (Tabela 1). A produção de grãos e de N total dos grãos do tratamento testemunha foi semelhante à dos tratamentos com adubação nitrogenada. Também não houve diferença significativa entre os tratamentos, na altura de plantas e na inserção da primeira vagem.

A aplicação parcelada de 150 kg/ha de N na forma de uréia, em solo LE de segundo ano de cultivo, não mostrou qualquer efeito positivo na produção de 4 variedades de soja (Tabela 1).

Em outros experimentos com diversas variedades, inoculadas e sem adubação nitrogenada, obtiveram-se produções elevadas e alturas das plantas e da inserção de primeira vagem suficientes para a colheita mecânica (Tabela 2).

Não há, portanto, nenhuma evidência de benefícios da adubação nitrogenada para a soja cultivada em solos de Cerrados, com exceção nos casos em que não ocorra nodulação, o que pode ser observado na segunda semana após o plantio. Para esse caso não se tem definida a dose econômica, mas acredita-se que seja ao redor de 60 kg de N/ha, aplicados no início da floração.

III – FIXAÇÃO DE N₂

Os resultados acima descritos estão diretamente ligados à capacidade da soja em fixar o N₂, através da simbiose com o *Rhizobium japonicum*. Essa simbiose pode se estabelecer logo após a emergência das plântulas. Avaliações efetuadas em vários experimentos conduzidos no CPAC mostraram que, em condições ótimas, o aparecimento dos nódulos ocorre do quarto ao sexto dia após a germinação. Aos 12 dias já é detectável a atividade da enzima nitrogenase, responsável pela fixação do N₂, indi-

TABELA 1. Adubação nitrogenada na soja em solos de Cerrados. CPAC, 1981.

Solo	Variedade	Adubação nitrogenada (kg/ha)	Altura da planta (cm)	Inserção de primeira vagem (cm)	Grãos (kg/ha)	
					Rendimento	Nitrogênio
LV *	IAC-2	0	76	18	1.921	102
		10	81	19	1.963	100
		20	86	19	2.039	107
		30	84	23	2.023	106
LE **	Paraná	0	—	—	2.190	108
		150	—	—	2.034	115
LE **	Sta. Rosa	0	—	—	2.817	187
		150	—	—	2.871	202
LE **	UFV-1	0	—	—	3.443	221
		150	—	—	3.527	230
LE **	IAC-2	0	—	—	3.356	184
		150	—	—	3.673	199

*Latossolo Vermelho-Amarelo. Primeiro cultivo com soja. N aplicado no plantio, 1979/80.

**Latossolo Vermelho-Escuro. Segundo cultivo com soja. N dividido em 3 (três) aplicações, 1977/78.

TABELA 2. Nodulação, rendimento de grãos e algumas características agrônômicas da soja inoculada com as estirpes 29W e 587 e cultivada, em LV de primeiro ano, sem adubação nitrogenada. Dados médios de 4 repetições. CPAC, 1981.

Ano agrícola	variedade	Nodulação por planta aos 15 dias		Atividade da nitrogenase nmoles de etileno/planta/ha	Altura de planta (cm)	Inserção de primeira vagem (cm)	Rendimento de grãos (kg/ha)
		Número	peso (mg)				
77/78	UFV-1	—	—	—	62	12	3.070
	Si ⁴ Rosa	—	—	—	57	10	2.945
	IAC-2	—	—	—	92	16	2.831
	Paraná	—	—	—	62	11	1.638
78/79	Bossier	—	—	—	54	12	2.086
	Si ⁴ Rosa	—	—	—	74	19	3.100
	Cristalina	—	—	—	95	17	2.990
	IAC-2	—	—	—	99	15	2.740
79/80	IAC-5	—	—	—	103	26	2.500
	Paraná	—	—	—	58	12	2.125
	Bossier	—	—	—	52	13	2.420
	Cristalina	16,8	9,9	1,1	88	14	3.192
	UFV 76-5	16,2	10,2	1,4	79	16	3.027
	CPAC 34-76	15,8	12,5	1,9	91	20	2.844
	LO 76-2910	16,2	12,2	1,9	78	19	2.817
	LO 76-2828	15,9	10,1	1,7	85	18	2.765
	UFV-1	26,2	17,4	2,1	71	21	2.763
	Paraná-goiana	14,4	7,7	1,0	94	17	2.758
	LO 75-1494	16,8	9,4	1,5	90	24	2.754
	CPAC 29-76	18,0	12,0	2,0	91	13	2.738
	IAC 75-5188	16,2	11,5	1,9	92	11	2.717
	LO 75-2768	10,0	5,3	0,9	89	20	2.702
Doko	17,5	12,5	1,9	93	35	2.683	
IAC-8	17,3	11,7	1,8	99	30	2.488	
CPAC 115-76	15,1	11,9	0,8	93	16	2.390	
LO 752867	16,9	10,5	1,8	91	16	2.348	
IAC-2	16,1	12,9	2,3	89	16	2.219	

cando que nessa idade as plantas já se beneficiam do N₂ fixado. Essa atividade atinge seu ponto máximo no estágio de floração plena e declina a partir do enchimento dos grãos, evidenciando a contribuição da simbiose no suprimento de N durante todo o ciclo da soja.

Uma vez estabelecida uma nodulação em níveis adequados, a fixação simbiótica do N₂ fornece toda a quantidade de N necessária para complementar o fornecimento natural pelo solo. Entretanto, existe uma série de problemas que podem comprometer o sucesso da inoculação, principalmente em solos cultivados pela primeira vez com soja. Está comprovado que, além da correção e fertilização adequadas do solo, o êxito da inoculação depende de um conjunto de técnicas, comprovadas como de alta eficiência em pesquisas realizadas no CPAC. Essas técnicas estão relacionadas principalmente com as estirpes de *Rhizobium*, com as doses e a qualidade do inoculante e com as formas de inoculação.

IV – USO DE INOCULANTES COM ESTIRPES APROPRIADAS

Na prática da inoculação, a estirpe de rizóbio empregada, além da capacidade de adaptação às condições do solo e do clima da região, deve possuir outras características, tais como: capacidade de formar nódulos e de fixar eficientemente o N₂ em todas as cultivares usadas, e alta capacidade de sobrevivência no solo e de vencer a competição de outras estirpes.

A variedade IAC-2 é uma das mais recomendadas para o plantio de primeiro ano nos Cerrados por uma série de características favoráveis, mas vinha apresentando problemas de nodulação no seu primeiro cultivo. Foi comprovado que os problemas de nodulação dessa variedade estavam ligados à sua especificidade hospedeira, ou seja, nodulava apenas com um pequeno grupo de estirpes de *R. japonicum*.

As estirpes utilizadas nos inoculantes comerciais no período de 1976/79, época em que se intensificou o plantio da variedade IAC-2, nodulam esparsamente ou não nodulam essa variedade. A partir dos resultados obtidos no CPAC e na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, foi recomendada a inclusão das estirpes 29W e 587 nos inoculantes comerciais. Essas estirpes são eficientes tanto para a variedade IAC-2 como para as demais variedades comerciais. Com seu emprego foram obtidas excelentes nodulações em áreas de primeiro ano de cultivo, com produções de até 3,4 t de grãos por hectare (Tabelas 1 e 2).

As estirpes 29W e 587 possuem alta capacidade de competição por sítios de infecção nodular. Mesmo em solos ácidos e com fertilização deficiente, essas estirpes são capazes de nodular a soja, embora nesses casos o desenvolvimento das plantas fique limitado pelo alumínio tóxico e pela deficiência de nutrientes.

V – DOSES DE INOCULANTES

Não existem estirpes de *R. japonicum* nativas nos Cerrados, capazes de nodular a soja. Em virtude disso, para garantir o sucesso de inoculação, as sementes de soja devem receber uma população elevada de bactérias (pelo menos 10² células/semente) em sua superfície, por ocasião da semeadura. As bactérias inoculadas estão sujeitas a uma série de fatores de solo (químicos, físicos ou biológicos) e uma maior população de ribózios garantirá que, pelo menos uma parte permanecerá viável até que se inicie o processo de nodulação. Dessa forma, recomenda-se o uso de um nível mais elevado de inoculante no primeiro ano de cultivo da soja. Experimentos conduzidos no CPAC

com inoculantes comerciais, indicaram a dose de 1,0 kg de inoculante para 40 kg de sementes como suficiente para garantir uma boa nodulação.

Quando se utilizam inoculantes preparados em laboratório, contendo uma alta população de ribózios (superior a 10^8 células por grama), e quando a soja é semeada em solo com boas condições de umidade, o nível de 400 g de inoculante para 40 kg de sementes é suficiente para o sucesso da inoculação. Contudo, como essas condições nem sempre são encontradas pelo agricultor, a recomendação geral do CPAC é de 1,0 kg de inoculante para 40 kg de sementes.

VI – FORMA DE INOCULAÇÃO

Outra técnica que aumenta as chances de sucesso da inoculação é o emprego de uma solução de sacarose (250 g de açúcar cristal por litro de água) como aditivo para o inoculante. A sacarose possibilita maior aderência do inoculante à semente, o que permite uma inoculação mais homogênea e uma nodulação precoce muito mais abundante do que a obtida quando se emprega água. Outras formas de inoculação, como as que incluem o óleo diesel ou o querosene, reduzem a nodulação e, por isso, não devem ser usadas.

VII – INOCULAÇÃO DO ARROZ

Uma das formas tradicionais de manejo dos Cerrados é o plantio do arroz como cultura desbravadora nos dois primeiros anos e, em seguida, a rotação com outras culturas. Considerando-se os problemas, relativamente frequentes, de qualidade dos inoculantes comercializados no Brasil Central, foi iniciado estudo para introduzir o rizóbio no solo, através da inoculação da semente do arroz.

A finalidade prática desse estudo é estabelecer no solo uma população de *R. japonicum*, capaz de promover a nodulação da soja cultivada no ano seguinte, mesmo que esta venha a ser tratada com inoculante de má qualidade. Dessa forma, o agricultor teria oportunidade de efetuar a inoculação em duas épocas, reduzindo os riscos de insucesso.

Na Tabela 3 estão os dados de nodulação de soja plantada (ano agrícola de 81/82) em área onde, no ano anterior, havia sido cultivado arroz com e sem inoculação. Observa-se que, no solo cultivado com arroz sem inoculante, a soja não inoculada apresenta-se praticamente sem nódulos, o que demonstra a inexistência de estirpes de *R. japonicum* nativas. Ao contrário, no solo cultivado com arroz inoculado, a soja não inoculada apresenta-se bem nodulada, comprovando o estabelecimento das estirpes introduzidas no plantio do arroz. Neste caso não houve resposta à inoculação da soja com níveis de até 1.000 g de inoculantes para 40 kg de sementes.

A partir desses dados pode-se concluir como viável a inoculação da semente de arroz, visando o estabelecimento do *R. japonicum* no solo.

A inoculação do arroz pode ser feita do mesmo modo e nas mesmas dosagens empregadas na inoculação da soja em áreas de primeiro cultivo.

TABELA 3. Efeitos da inoculação do arroz no ano anterior e de níveis de inoculante na nodulação da soja, em LV. CPAC, 1982.

Cultura anterior *	Níveis de inoculante	Nodulação/planta	
	(gramas de inoculante por 40 kg de sementes de soja)	Número	Peso
Arroz sem inoculação	0	2	24
Arroz inoculado	0	77	501
Arroz inoculado	250	111	679
Arroz inoculado	500	110	628
Arroz inoculado	1.000	197	720

* Ano agrícola 1980/81.

VIII – QUALIDADE DO INOCULANTE

Apesar de já haver tecnologia disponível para se obter boa nodulação e alta produção de grãos da soja, sem adubos nitrogenados, no primeiro cultivo nos Cerrados, existe a possibilidade de insucesso, caso seja empregado inoculante de má qualidade. Pela legislação brasileira, o inoculante deve apresentar uma população mínima de dez milhões de células de rizóbio por grama, no momento de sua aquisição pelo agricultor. Essa concentração nem sempre é encontrada nos inoculantes adquiridos no Brasil Central.

Algumas amostras tomadas no Distrito Federal, no ato de entrega pelo fabricante, possuíam uma população de *Rhizobium* inferior a um milhão de células por grama. A baixa população de *Rhizobium* nos inoculantes pode ser causada pelo seu transporte e armazenagem de modo indevido, principalmente em ambientes com pouca circulação de ar e sujeitos a altas temperaturas.

Recomenda-se aos produtores adquirir o inoculante acondicionado em recipientes com isolamento térmico, tipo isopor, o que dá maior segurança quanto à qualidade do produto.

IX – INOCULAÇÃO EM SOLOS DE VÁRZEA

Em experimentos conduzidos nas várzeas do CPAC, submetidos ao processo de drenagem, foi observado que as estirpes 29W e 587 promoveram boa nodulação na soja. Dessa forma podem ser recomendadas para esse tipo de solo, mesmo que esteja com nível de umidade relativamente alto.

X – REINOCULAÇÃO DA SOJA

Em solos cultivados anteriormente com soja e onde se obteve boa nodulação, estabelecem-se populações de *R. japonicum*. Este não possui formas conhecidas de

resistência, mas possui alta capacidade de sobrevivência no solo, mesmo em condições de ressecamento prolongado, como ocorre nos Cerrados durante o período seco. Além disso, o *Rhizobium* possui uma forma saprofítica bastante ativa. É capaz de multiplicar-se no solo, alimentando-se de resíduos orgânicos e exsudatos de plantas não leguminosas.

Experimentos realizados em vários locais dos Cerrados, em diferentes condições de acidez e fertilidade do solo, não constataram resposta à reinoculação em áreas anteriormente cultivadas com soja. Esses resultados repetiram-se mesmo em solos onde a soja não vinha sendo cultivada há mais de cinco anos. Contudo, por medida de segurança, recomenda-se a inoculação, sempre que se cultivar a soja. Nesse caso, a partir do segundo ano de cultivo, a dose de inoculante pode ser reduzida para 200 g/40 kg de sementes.

XI – COMO VERIFICAR SE A INOCULAÇÃO FOI ADEQUADA

O aparecimento dos nódulos nas raízes da soja ocorre entre os quarto e sexto dias após a germinação. Uma avaliação aos 10 dias poderá indicar se a inoculação foi bem sucedida. Nessa idade, as plantas devem apresentar de 4 a 8 nódulos por indivíduo. Contudo, algumas vezes os solos de Cerrados possuem alto nível de N mineral que inibe a formação de nódulos. Essa inibição é facilmente diferenciada da má nodulação devida a problemas na inoculação, pois, no primeiro caso as plantas apresentam-se com coloração verde-escura e com desenvolvimento normal. Em fase mais avançada do ciclo da soja, próxima à floração, uma nodulação de 20 a 30 nódulos (ou 200 mg de nódulos secos) por planta é considerada satisfatória.

A predominância de nódulos na raiz principal indica que a nodulação se processou numa fase inicial do desenvolvimento da soja, comprovando ter havido uma boa inoculação. Ao contrário, a predominância de nódulos na raiz secundária indica uma nodulação mais tardia. Em solos ácidos ou mal fertilizados, ocorre a formação de uma grande quantidade de pequenos nódulos nas raízes secundárias, mas esse fato está muito mais ligado à nutrição da planta, do que à inoculação.

XII – DEFENSIVOS

De maneira geral os inseticidas e fungicidas não afetam a nodulação da soja, com exceção dos fungicidas mercuriais (Neantina e Merpacine), que são letais ao *Rhizobium*. Segundo alguns trabalhos³, os fungicidas Ceresan e PCNB também são incompatíveis com o *Rhizobium* e não devem ser utilizados no tratamento de sementes destinadas à inoculação.

Os defensivos Benlate, Dipterex, Endrin, Orthocide, DDT, Thiran (Rhodiauram), Captan e Carboxin, não afetam a sobrevivência do *Rhizobium*. Da mesma forma, os herbicidas 2,4D, Afalon e Round up, bem como os inseticidas sistêmicos Furadan, Temik e Thimet, podem ser utilizados sem riscos para um eficiente aproveitamento do N₂ atmosférico.

³ Extraído do livro: World Soybean Research Conference, 2., Raleigh, 1979. *Proceedings*. ed. por CORBIN, F. T. Washington Westview Press, 1979.