

# EFICIÊNCIA E COMPETITIVIDADE DE ESTIRPES DE RIZÓBIO PARA SOJA EM SOLOS DE CERRADO<sup>(1)</sup>

J. R. R. PERES<sup>(2)</sup>, I. C. MENDES<sup>(2)</sup>, A. R. SUHET<sup>(2)</sup> & M. A. T. VARGAS<sup>(2)</sup>

## RESUMO

As estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* 29W e 587, devido a sua alta capacidade competitiva, boa eficiência fixadora e, principalmente, baixa especificidade hospedeira, vêm sendo utilizadas desde 1980 para a produção do inoculante comercial de soja no Brasil. Em experimentos de campo realizados de 1984 a 1991, em latossolo vermelho-amarelo de primeiro cultivo na EMBRAPA/CPAC, Planaltina, DF, tem sido observado que as estirpes CPAC-7 (sorogrupo CB 1809) e CPAC-15 (sorogrupo 566) são mais eficientes que a 29W e 587, proporcionando a obtenção de ganhos médios de 260 kg/ha de grãos. As estirpes CPAC-7 e CPAC-15 não apresentaram problemas de especificidade hospedeira quando testadas com 27 cultivares de soja e, em condições de campo, apresentaram níveis de competitividade que permitiram o seu estabelecimento na nodulação numa área com população estabelecida de *B. japonicum*.

**Termos de indexação:** nodulação, fixação do nitrogênio, especificidade hospedeira, *Bradyrhizobium japonicum*.

**SUMMARY:** EFFICIENCY AND COMPETITIVENESS OF BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM STRAINS IN CERRADOS SOILS

*Bradyrhizobium japonicum* strains 29W and 587, used since 1980 for the production of commercial inoculants, were recommended due to their high competitiveness for sites of nodular infection, good N<sub>2</sub>-fixing efficiency and low host specificity. In field experiments carried out at Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (EMBRAPA/CPAC), Planaltina, Distrito Federal, Brazil, from 1984 to 1991, in a virgin red-yellow latosol, strains CPAC-7 (serogroup CB 1809) and CPAC-15 (serogroup 566) were more efficient than the commercial strains 587 and 29W. Grain yield averaged 260 kg/ha higher with strains CPAC-7 and CPAC-15 as compared to yields obtained with strains 29W and 587. The new strains also had a low host specificity, being able to promote a good nodulation in 27 soybean cultivars tested. In soils with an established population of *Bradyrhizobium japonicum*, strains CPAC-7 and CPAC-15 had competitiveness levels that allowed them to form a considerable proportion of the nodules in inoculated soybeans cultivated in those fields.

**Index terms:** nodulation, nitrogen fixation, host specificity, *Bradyrhizobium japonicum*.

<sup>(1)</sup> Trabalho apresentado no XXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, julho de 1991, Porto Alegre (RS). Recebido para publicação em maio de 1992 e aprovado em agosto de 1993.

<sup>(2)</sup> Engenheiro-Agrônomo, Pesquisador da EMBRAPA/CPAC, Caixa Postal 08223, km 18 BR 020 Rod. Brasília/Fortaleza, CEP 73301-970 Planaltina (DF).

## INTRODUÇÃO

A soja é a cultura anual de maior expressão econômica no Brasil. No ano agrícola de 1990/91, foi cultivada em 9,5 milhões de hectares e alcançou a produção de 14,8 milhões de toneladas (IBGE, 1991). Essa produção se tornou viável, em parte, devido à capacidade da soja de, em associação com o *Bradyrhizobium japonicum*, fixar o nitrogênio atmosférico para sua nutrição, dispensando a adubação nitrogenada.

Tem sido demonstrado que há ainda possibilidade de aumentar sua produtividade pela utilização de estirpes mais eficientes do que as atualmente em uso, visto que, em condições experimentais, os tratamentos com altas doses de adubo nitrogenado têm apresentado produções superiores às daqueles com inoculação (Vargas & Suhet, 1980). Nos trabalhos de seleção, além da eficiência fixadora, têm-se que considerar a especificidade e a competitividade das estirpes (Vidor et al., 1979).

As estirpes 29W e 587, em vista de sua alta competitividade pelos sítios de infecção nodular, boa eficiência fixadora e, principalmente, baixa especificidade hospedeira, vêm sendo utilizadas desde 1980, para a produção do inoculante comercial de soja no Brasil (Peres & Vidor, 1980; Vargas & Suhet, 1980). Este trabalho teve como objetivo comparar o desempenho de diversas estirpes com as comerciais 29W e 587.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram desenvolvidos três tipos de experimentos nos quais se estudaram: eficiência de estirpes; especificidade hospedeira das estirpes mais eficientes; e competitividade pelos sítios de infecção nodular das estirpes mais eficientes.

**Eficiência fixadora de N<sub>2</sub>** - Foram realizados seis experimentos com as estirpes constantes no quadro 1. Os inoculantes utilizados apresentaram contagens, em sua umidade natural, que variaram de  $7 \times 10^7$  a  $3,4 \times 10^8$  células por grama (método de diluição em plantas, MPN) e foram produzidos com turfa esterilizada, com pH corrigido para 7,0. A inoculação foi efetuada utilizando-se 1 kg do inoculante para 40 kg de sementes. Houve um tratamento testemunha e outro com nitrogênio, na forma de uréia. A dose de nitrogênio variou de 120 a 400 kg/ha e foi parcelada em aplicações semanais de 20 kg/ha de N, com início aos 30 dias da emergência, à exceção dos experimentos de 1989/90 (quatro aplicações semanais de 20 kg/ha de N a partir dos 20 dias da emergência e uma aplicação de 40 kg/ha de N aos 90 dias) e 90/91 (12 aplicações semanais a partir dos 20 dias após a emergência, sendo as 8 primeiras de aplicações de 30 kg/ha de N e as demais, de 40 kg/ha de N). Os tratamentos-testemunha, com nitrogênio, com as estirpes comerciais e com a CPAC-7 foram comuns a todos os

**Quadro 1. Estirpes utilizadas nos experimentos de eficiência fixadora**

Identificação da estirpe	Outras designações	Origem	Observações
29W	SEMA 5019	CNPB/EMBRAPA	Utilizada no inoculante comercial
587	SEMA 587	IPAGRO	Utilizada no inoculante comercial
CPAC-7	SEMA 5080	CPAC/EMBRAPA. Mutante de uma cultura da CB-1809	Sorogrupo CB-1809
CPAC-8W	SEMA 5069	CPAC/EMBRAPA. Isolada da 29W inoculada em vasos Leonard <sup>(1)</sup>	Sorogrupo 29W
CPAC-74K	SEMA 5070	CPAC/EMBRAPA. Isolada da SEMIA 587 inoculada em vasos Leonard <sup>(1)</sup>	Sorogrupo 587
SEMA 566	-	Dixie Inc. USA	Sorogrupo 566
SEMA 5061	INPA 037, AR-2a	INPA	-
R-54a	-	CNPB/EMBRAPA	Sorogrupo 527
CB-1795	SEMA 584	CSIRO	-
CPAC-15	SEMA 5079, 566a e DF-24	EMBRAPA/CPAC. Isolada a partir da população da SEMIA 566 estabelecida no solo <sup>(1)</sup>	Sorogrupo 566
CB-1809 readaptada	-	CNPB/EMBRAPA	Sorogrupo CB-1809
SEMA 5073	NC 1005 Ery SPC A-1	Univ. North Caroline	Sorogrupo da USDA 110 e 965
CB-1809	SEMA 586, USDA 136	CSIRO	Sorogrupo CB-1809

<sup>(1)</sup> Isolada de nódulo individual com alta taxa de redução de acetileno (Peres et al., 1984); difere da estirpe original pela eficiência fixadora.

experimentos. Com relação aos demais, foram feitas alterações, em função da inclusão de estirpes potencialmente mais eficientes do que algumas já testadas. Este foi o caso da CPAC-15, CB-1809 readaptada, SEMIA 5073 e CB-1809. Pelo desempenho das estirpes CPAC-7 e CPAC-15 até o ano agrícola 88/89, incluiu-se em 89/90 um tratamento com a mistura de ambas e em 90/91, um tratamento com a mistura das estirpes comerciais para comparação das duas misturas e outro tratamento com a mistura da SEMIA 5061 e SEMIA 5073. Essa inclusão deve-se ao fato de que, no inoculante comercial, é utilizada uma mistura de estirpes.

Os experimentos foram efetuados em áreas contíguas num latossolo vermelho-amarelo, franco-argiloarenoso, de primeiro ano de cultivo, cujas propriedades químicas médias, antes da calagem, na camada de 0-20 cm, eram: pH(água) = 5,4; 0,37 meq/100 ml de  $\text{Al}^{3+}$ ; 0,14 meq/100 ml de  $\text{Ca}^{2+}$ ; 0,18 meq/100 ml de  $\text{Mg}^{2+}$ ; 0,4 ppm de P e 29 ppm de K. A correção da acidez do solo foi feita com 2 t/ha de calcário dolomítico (PRNT = 100%), no primeiro e sexto experimentos e com 3 t/ha nos demais, doses estimadas com base nos teores de Al, Ca e Mg trocáveis. Foi feita a adubação a lanço com 300 kg/ha de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (superfosfato simples), 100 kg/ha de  $\text{K}_2\text{O}$  (cloreto de potássio) e 60 kg/ha de FTE BR-12. O delineamento foi de blocos ao acaso com quatro repetições no quinto e sexto experimentos e três nos demais. O quinto experimento recebeu irrigação suplementar.

Nos quatro primeiros experimentos, utilizou-se a cultivar de soja Savana e nos dois últimos, a Doko. A soja foi semeada para uma densidade de 30 sementes por metro linear e no espaçamento de 50 cm entre linhas. Foi avaliado o rendimento de grãos em áreas variando de 12 a 16 m<sup>2</sup> por parcela e o número e peso de nódulos na fase de floração, usando-se seis plantas por parcela. Os nódulos foram destacados das raízes, secos a 60°C por 72 horas, contados e pesados.

**Especificidade hospedeira -** Em condições estéreis, em vasos Leonard, com areia e vermiculita (na proporção de 2:1) e solução nutritiva de Norris (1964), isenta de nitrogênio, testaram-se 27 cultivares de soja, em três etapas, utilizando-se nove cultivares em cada uma delas. As estirpes usadas foram a CPAC-7 e CPAC-15. A inoculação das plântulas foi efetuada após o desbaste, com 1 ml da mistura dos caldos das duas estirpes, crescidas em meio YMB (Vincent, 1970), padronizados por colorimetria para aproximadamente  $10^7$  células/mlilitro. Foram utilizados três vasos com duas plantas, para cada cultivar, avaliando-se o peso e o número de nódulos das plantas aos 50 dias da germinação.

**Competitividade por sítios de infecção nodular -** Esse experimento foi realizado em campo, num latossolo vermelho-escuro argiloso cultivado anteriormente com soja, onde a população de *Bradyrhizobium*

**Quadro 2. Produção da soja em função da adubação nitrogenada e inoculação com diferentes estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* em latossolo vermelho-amarelo de primeiro ano de cultivo<sup>(1)</sup>**

Tratamentos	1984/85	1986/87	1987/88	1988/89	1989/90	1990/91
	kg/ha					
Testemunha	1413c	2696bc	1267e	1269cd	2542bc	1143cd
Adubação nitrogenada	3443a	3373a	2431a	1208d	2464c	1527a
29W	1792bc	2626c	1455de	1501b	2747abc	1150cd
SEMPIA 587	1886b	2890bc	1588cd	1422bc	2739abc	1129cd
CPAC-7	2169b	2979b	1766c	1551ab	3087a	1354abc
CPAC-8W	1945b	2756bc	1733c	1425bc	...	...
CPAC-74K	2002b	2771bc	...	1452bc	...	...
SEMPIA 566	1804bc	2784bc	1406de	1349bcd	...	...
SEMPIA 5061	1867b	2716bc	...	...	...	1084d
R-54a	1982b	...	...	...	...	...
CB-1795	1851b	...	...	...	...	...
CPAC-15	...	2857bc	2026b	1704a	3027a	1351abc
CB-1809 readaptada	...	...	1637cd	...	...	1283bcd
SEMPIA 5073	...	...	...	...	2988ab	1330abc
CB-1809	...	...	...	...	...	1283bcd
CPAC-7 + CPAC-15	...	...	...	...	3114a	1403ab
29W + 587	...	...	...	...	...	1144cd
SEMPIA 5061 + SEMPIA 5073	...	...	...	...	...	1188bcd
CV (%)	13	6	8	8	10	11

(1) Valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 5%. Níveis de N (kg/ha): 1984/85 e 90/91 = 400; 86/87 = 200; 87/88 e 88/89 = 220; 89/90 = 120.

*japonicum* estabelecida era de  $2 \times 10^4$  células/grama de solo (MPN). As propriedades químicas do solo eram: pH = 5,5; 0,10 meq/100 ml de Al<sup>3+</sup>; 2,06 meq/100 ml de Ca<sup>2+</sup>; 0,95 meq/100 ml de Mg<sup>2+</sup>; 6,1 ppm de P e 53 ppm de K. Foi feita uma adubação em todos os tratamentos com 100 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples), 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio) e 60 kg/ha de FTE BR-12. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições, constando dos seguintes tratamentos: sem inoculação; inoculação com a mistura das estirpes 29W e 587; inoculação com a CPAC-7; inoculação com a CPAC-15. A cultivar de soja utilizada foi a Doko. Na fase de floração, coletaram-se seis plantas por parcela, das quais se retiraram 50 nódulos para a tipificação sorológica, conforme método descrito por Vincent (1970). Os dados foram analisados mediante análise da variância, utilizando-se o teste de Dunnet (Winer et al., 1991), para verificar o grau de significância dos contrastes entre a testemunha e os demais tratamentos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Eficiência fixadora de N<sub>2</sub>

O quadro 2 mostra os dados de produção de grãos de soja, em seis experimentos, como resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com diversas estirpes. Houve grande variação na produção do tratamento testemunha entre os experimentos. O mesmo padrão de variação foi verificado naqueles com

inoculação. Acredita-se que o principal fator responsável por essa variação seja o nível de nitrogênio proveniente do solo, resultante do balanço entre a taxa de mineralização (que pode chegar a mais de 100 kg/ha de N nos solos de cerrado na estação chuvosa) e a de lixiviação de NO<sub>3</sub>, que está relacionada com a intensidade e a distribuição de chuvas (Suhet et al., 1986). Outro fator que também pode ter influenciado essa variação de produção é a ocorrência de veranicos (períodos de seca durante a estação chuvosa) ao longo do ciclo cultural.

Em 88/89 e 89/90, as produções do tratamento com adubação nitrogenada não diferiram estatisticamente das produções do testemunha, evidenciando que as condições ambientais predominantes não foram favoráveis à obtenção de resposta à adubação com nitrogênio. Nos demais experimentos, observou-se grande resposta à adubação nitrogenada, o que também foi observado por Vargas & Suhet (1980). A produção do tratamento com nitrogênio superou a melhor produção obtida com a inoculação em 59% (84/85), 13% (86/87), 20% (87/88) e 13% (90/91), com a aplicação de forma parcelada de 400, 200, 220 e 400 kg/ha de N respectivamente.

Observando-se os dados de produção para os tratamentos com inoculação das estirpes individuais, verifica-se que no primeiro, quinto e sexto experimentos, nenhuma estirpe foi estatisticamente diferente das comerciais. No segundo experimento a CPAC-7 foi estatisticamente superior à 29W; no terceiro, as estir-

**Quadro 3. Número de nódulos por planta na fase de floração, em função da inoculação da soja com diferentes estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* em latossolo vermelho-amarelo de cerrado de primeiro ano de cultivo<sup>(1)</sup>**

Tratamentos	1984/85	1986/87	1987/88	1988/89	1989/90	1990/91
			n <sup>2</sup>			
Testemunha	3b	2d	4c	2c	9c	7d
29W	32a	32ab	18ab	65b	72a	31c
SEMIA 587	47a	27abc	26ab	60b	45b	70ab
CPAC-7	39a	25bc	23ab	48b	52ab	57ab
CPAC-8W	25ab	30abc	30a	125a	...	...
CPAC-74K	35a	21c	...	66b	...	...
SEMIA 566	20ab	11d	14bc	50b	...	...
SEMIA 5061	53a	37a	...	...	...	77a
R-54a	35a	...	...	...	...	...
CB-1795	43a	...	...	...	...	...
CPAC-15	...	25bc	29a	67b	68a	52bc
CB-1809 readaptada	...	...	25ab	...	...	31c
SEMIA 5073	...	...	...	...	45b	33c
CB-1809	...	...	...	...	...	34c
CPAC-7 + CPAC-15	...	...	...	...	71a	60ab
29W + 587	...	...	...	...	...	68ab
SEMIA 5061 + SEMIA 5073	...	...	...	...	...	75a
CV (%)	61	27	38	43	30	30

<sup>(1)</sup> Valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 5%.

pes CPAC-7 e CPAC-8W foram superiores à 29W, e a CPAC-15 foi superior às duas estirpes comerciais; no quarto experimento, a CPAC-15 foi novamente superior às duas comerciais.

Tanto nos experimentos onde houve diferença significativa quanto nos demais, as estirpes que tiveram o melhor desempenho foram a CPAC-7 e a CPAC-15. Em média, foi obtido um ganho anual de 260 kg/ha de grãos, nos tratamentos inoculados com essas estirpes em relação aos tratamentos com as estirpes comerciais 29W e 587.

Entre as misturas de estirpes, o melhor tratamento foi com a CPAC-7 + CPAC-15. No sexto ano este tratamento produziu em torno de 259 kg/ha a mais do que as estirpes comerciais (29W e 587) usadas isoladamente ou como mistura. No quinto ano, este tratamento produziu em torno de 370 kg/ha a mais do que as estirpes comerciais, embora a diferença não tenha sido estatisticamente significativa. Não se obteve ganho adicional com a mistura das estirpes SEMIA 5061 e SEMIA 5073.

Com relação ao número de nódulos, em todos os experimentos houve diferenças significativas entre os tratamentos (Quadro 3), os quais apresentaram um número de nódulos adequado à fixação, à exceção da SEMIA 566 no segundo e terceiro experimentos. As estirpes CPAC-7 e CPAC-15, que se destacaram em produtividade de grãos, não se diferenciaram das estirpes comerciais quanto ao número de nódulos, à

exceção do quinto experimento, em que a CPAC-15 foi superior à 587, e no sexto, em que a CPAC-7 foi superior à 29W. Em 88/89, a CPAC-8W teve uma nodulação excepcional, sendo superior a todos os demais tratamentos, porém essa nodulação não redundou em maior produtividade. Os tratamentos com mistura de estirpes ficaram entre os que apresentaram maior número de nódulos.

Em todos os experimentos houve diferença significativa entre os tratamentos quanto ao peso dos nódulos (Quadro 4). As estirpes CPAC-7 e CPAC-15, que se destacaram em produtividade de grãos, foram semelhantes às comerciais quanto ao peso de nódulos, exceto no segundo experimento, em que a CPAC-15 foi inferior a ambas as comerciais, e no sexto, em que foi inferior à 587. Os tratamentos com mistura de estirpes ficaram entre os de maiores pesos de nódulos.

Não obstante os diversos casos em que alguns tratamentos apresentaram maior número ou peso de nódulos do que os tratamentos com as estirpes CPAC-7 e CPAC-15, essa nodulação não redundou em maior produção de grãos do que os tratamentos com ambas. Isso indica que, entre as estirpes testadas, as duas apresentaram maior eficiência para fixação quando inoculadas nas cultivares de soja Savana e Doko. Döbereiner et al. (1970), Peres et al. (1984) e Neves et al. (1985) também observaram que nem sempre as estirpes com maior eficiência fixadora apresentam os maiores números e pesos de nódulos por planta. A avaliação de produção de grãos em nível de campo é

**Quadro 4. Peso de nódulos por planta na fase de floração, em função da inoculação da soja com diferentes estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* em latossolo vermelho-amarelo de cerrado de primeiro ano de cultivo<sup>(1)</sup>**

Tratamentos	1984/85	1986/87	1987/88	1988/89	1989/90	1990/91
mg						
Testemunha	29c	15d	25e	8d	119b	53d
29W	318a	139ab	124b	237bc	316a	156bc
SEMARIA 587	300ab	116abc	156ab	207bc	268a	228a
CPAC-7	235ab	100bc	117b	186bc	261a	191ab
CPAC-8W	276ab	159a	185a	327a	...	...
CPAC-74K	314a	127abc	...	255ab	...	...
SEMARIA 566	162b	40d	64cd	157c	...	...
SEMARIA 5061	296ab	111bc	...	...	...	172bc
R-54a	209ab	...	...	...	...	...
CB-1795	280ab	...	...	...	...	...
CPAC-15	...	85d	148ab	173c	300a	156bc
CB-1809 readaptada	...	...	109bc	...	...	128c
SEMARIA 5073	...	...	...	...	296a	155bc
CB-1809	...	...	...	...	...	162bc
CPAC-7 + CPAC-15	...	...	...	...	284a	198ab
29W + 587	...	...	...	...	...	225a
SEMARIA 5061 + SEMARIA 5073	...	...	...	...	...	161bc
CV (%)	40	26	25	25	23	22

(1) Valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 5%.

o parâmetro que deve ser o indicador final das melhores estirpes num trabalho de seleção (Neves et al., 1985).

### Especificidade hospedeira

A especificidade hospedeira é representada pela habilidade de uma estirpe de rizóbio em induzir a nodulação e/ou fixar N<sub>2</sub> quando associada com cultivares ou espécies do hospedeiro específico (Peres, 1979). Conforme Diatloff & Brockwell (1976) e Peres & Vidor (1980) reportaram algumas cultivares de soja apresentam um grau considerável de especificidade quando inoculadas com determinadas estirpes de *B. japonicum*. Por essa razão, o critério de baixa especificidade hospedeira é um dos pontos importantes para o lançamento de novas estirpes, visando a sua utilização no inoculante comercial.

Pelo quadro 5 - número e peso de nódulos do experimento com a mistura das estirpes CPAC-7 e CPAC-15 - verifica-se que todas as variedades apresentaram um número de nódulos adequado (em média 53/planta). O peso de nódulos foi também satisfatório (em torno de 200 mg/planta em todas as cultivares).

**Quadro 5. Número e peso de nódulos por planta de cultivares de soja, em resposta à inoculação com a mistura das estirpes CPAC-7 e CPAC-15, em vasos com areia e solução nutritiva**

Cultivar	Nódulo	nº	mg
EMGOPA 303	66	232	
EMGOPA 302	51	192	
EMGOPA 304	62	236	
EMGOPA 306	67	218	
IAC-8	65	247	
Nova IAC-7	93	267	
FT-Eureka	60	268	
Paranagoiana	52	212	
FT-Estrela	57	211	
BR-10 Teresina	70	226	
IAC-7	55	204	
BR 824843	45	159	
UFV-5	66	202	
Santa Rosa	63	196	
Tropical	91	214	
Paraná	53	250	
Bossier	77	200	
Doko	39	157	
Itiquira	39	146	
UFV-9	35	186	
FT-Seriema	19	162	
EMGOPA 307	35	188	
EMGOPA 301	56	190	
Savana	33	157	
Cristalina	52	288	
Numbairá	41	204	
IAC-2	31	210	

Peres & Vidor (1980) observaram que a 'IAC-2', inoculada com a estirpe CB-1809, formou poucos nódulos em comparação com outras estirpes. No presente trabalho, a inoculação da CPAC-7 (que pertence ao mesmo sorogrupo da CB-1809) em mistura com a CPAC-15 promoveu boa nodulação na 'IAC-2', tendo-se verificado, após a tipificação sorológica dos nódulos, que 60% deles foram formados pela estirpe CPAC-7.

### Competitividade por sítios de infecção nodular

Segundo Freire & Vidor (1978), a inoculação com estirpes de elevada eficiência fixadora não assegura, por si, que elas participarão na nodulação, pois estirpes de baixa eficiência presentes no solo podem possuir maior capacidade competitiva, formando a maior parte dos nódulos. O aspecto de competitividade pelos sítios de infecção nodular é, por essa razão, outro critério para a recomendação de estirpes a serem utilizadas no inoculante comercial. Esse aspecto adquire uma importância maior quando as estirpes são inoculadas em áreas com população estabelecida de *B. japonicum*, proveniente de inoculações realizadas em anos anteriores.

No quadro 6 encontram-se os dados de percentagem de ocorrência de quatro sorogrupos de *B. japonicum*, do experimento de competitividade por sítios de infecção nodular, o qual foi realizado em campo, uma vez que observações em casa de vegetação e/ou câmara de crescimento podem não refletir a real capacidade competitiva dessas estirpes no solo (Smith & Wollum II, 1989). Os dados para o tratamento sem inoculação indicam o padrão de ocorrência dos sorogrupos na área experimental, tendo sido observada uma predominância dos sorogrupos 29W e 587. No tratamento em que estirpes de ambos foram usadas, não foi possível identificar alterações no grau de participação nos nódulos das estirpes inoculadas, por não terem sido usadas marcas genéticas que possibilitassem sua diferenciação em relação às estirpes estabelecidas no solo, pertencentes aos mesmos sorogrupos. Quando se utilizaram as estir-

**Quadro 6. Efeito da reinoculação na ocorrência de sorogrupos de *Bradyrhizobium japonicum* em áreas com população estabelecida**

Tratamentos <sup>(1)</sup>	Sorogrupos				Sem reação
	29W	587	566	CB-1809	
			%		
Sem inoculação	28	49	20	3	0
29W + 587	35	45	11	1	8
CPAC-7	14	25*	09	51*	1
CPAC-15	26	26*	46*	0	2
CV (%)	34	25	36	48	

<sup>(1)</sup> As estirpes 29W, 587, CPAC-7 e CPAC-15 pertencem, respectivamente, aos seguintes sorogrupos: 29W, 587, CB-1809 e 566.

\* Contrastos significativos ao nível de 5% pelo teste de Dunnett.

pes CPAC-7 e CPAC-15, houve alteração na composição sorológica, aumentando de forma significativa a presença destas estirpes nos nódulos.

Vários autores (Boonkerd et al., 1978; Ellis et al., 1984; Triplett, 1990, e Vargas, 1990) citam que quando o solo possui uma população do rizóbio homólogo estabelecido, geralmente as estirpes inoculadas não formam proporções significativas dos nódulos. Por essa razão, os resultados obtidos nesse experimento com as estirpes CPAC-7 e CPAC-15 são promissores, abrindo perspectivas para o estabelecimento de estirpes mais eficientes em áreas com população de *B. japonicum* estabelecida, o que poderá proporcionar a obtenção de ganhos de produtividade nessas áreas com resultados comparáveis aos obtidos em áreas de primeiro ano de cultivo.

## CONCLUSÕES

1. A produtividade obtida com as estirpes CPAC-7 e CPAC-15 foi, consistentemente, mais elevada do que a obtida com as estirpes 29W e 587;

2. As estirpes CPAC-7 e CPAC-15, quando inoculadas em mistura, não apresentaram especificidade hospedeira em relação às cultivares de soja mais usadas na região dos Cerrados.

3. Quando introduzidas em solo com predominância dos sorogrupos 29W e 587, a estirpe CPAC-7 aumentou 48% o número de nódulos contendo o sorogrupo CB 1809, enquanto a CPAC-15 aumentou 26% o número de nódulos contendo o sorogrupo 566.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Técnico Agrícola Osmar Teago, aos Técnicos de Laboratório Vilderete de Castro Alves, Ademildo dos Santos, Emílio Taveira, Odete Justino e Maria das Dores Silva, e aos operários rurais Moacir de Souza e Vanderley Claudino dos Santos o valioso auxílio na instalação e condução dos experimentos.

## LITERATURA CITADA

- BOONKERD, N.; WEBER, D.F. & BEZDICEK, D.F. Influence of *Rhizobium japonicum* strains and inoculation methods on soybean grown in rhizobia-populated soils. *Agron. J.*, Madison, 70:545-549, 1978.
- DIATLOFF, A. & BROCKWELL, J. Symbiotic properties of *Rhizobium japonicum* and competitive success in nodulation of two *Glycine max* cultivars by effective and ineffective strains. *Aust. J. Exp. Agric. An. Husb.*, Vitoria, 16:514-521, 1976.
- DÖBEREINER, J.; ARRUDA, N.B. & PENTEADO, A.F. Avaliação da fixação do nitrogênio em leguminosas pela regressão do nitrogênio total das plantas sobre o peso dos nódulos. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 1:233-237, 1970.
- ELLIS, W.R.; HAM, G.E. & SCHMIDT, E.L. Persistence and recovery of *Rhizobium japonicum* inoculum in a field soil. *Agron. J.*, Madison, 76:573-576, 1984.
- FREIRE, J.R.J. & VIDOR, C. Estudos no Estado do Rio Grande do Sul. In: MIYASAKA, S. & MEDINA, J.C., eds. *Soja no Brasil*. São Paulo, ITAL, 1978. cap. 5, p.417-425.
- IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Rio de Janeiro, 3(8):54, 1991.
- NEVES, M.C.P.; DIDONET, A.D.; DUQUE, F.F. & DÖBEREINER, J. *Rhizobium* strains effects on nitrogen transport and distribution in soybeans. *J. Exp. Bot.*, London, 36(169):1179-1192, 1985.
- NORRIS, D.O. Techniques used in works with *Rhizobium*. In: A Committee of Division of Tropical Pasture, C.S.I.R.O., Austrália. Some concepts and methods in subtropical pasture research. Hurley, Berkshire, Farham Royal, Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops Bulletin, 1964. p. 186-198 (CAB. Bull, 47.)
- PERES, J.R.R. Seleção de estirpes de *Rhizobium japonicum* e competitividade por sítios de infecção nodular em cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Porto Alegre, UFRGS, 1979. (Tese de Mestrado.)
- PERES, J.R.R.; VARGAS, M.A.T. & SUHET, A.R. Variabilidade na eficiência em fixar nitrogênio entre isolados de uma mesma estirpe de *Rhizobium japonicum*. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 8:193-196, 1984.
- PERES, J.R.R. & VIDOR, C. Seleção de estirpes de *Rhizobium japonicum* e competitividade por sítios de infecção nodular em cultivares de soja. *Agron.-sul-riogr.*, Porto Alegre, 16(2):205-219, 1980.
- SMITH, G. & WOLLUM II, A.G. Nodulation of *Glycine max* by six *Bradyrhizobium* strains, with different competitive abilities. *App. Environ. Microbiol.*, Washington, 55(8):1957-1962, 1989.
- SUHET, A.R.; PERES, J.R.R. & VARGAS, M.A.T. Nitrogênio. In: GOEDERT, W.J. Solos dos Cerrados. Planaltina, Nobel/EMBRAPA, 1986. p.167-202.
- TRIPLETT, E. Construction of a symbiotically effective strain of *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolii* with increased nodulation competitiveness. *App. Environ. Microbiol.*, Washington, 56(1):98-103, 1990.
- VARGAS, M.A.T. Competitiveness and rizosphere colonization of *Bradyrhizobium* sp. strains on chickpea. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 25(4):343-347, 1990.
- VARGAS, M.A.T. & SUHET, A.R. Efeitos de tipos e níveis de inoculantes na soja cultivada em um solo de cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 15(3):343-347, 1980.
- VIDOR, C.; BROSE, E. & PEREIRA, J.S. Competição por sítios de infecção nodular entre estirpes de *R. japonicum* em cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Agron.-sul-riogr.*, Porto Alegre, 15(2):227-238, 1979.
- VINCENT, J.M. A manual for the practical study of root nodules bacteria. Oxford, IBP, Blackwell Scientific Publications, 1970. (Handbook, 15.)
- WINER, B.J.; BROWN, D.R. & MICHELS, K.M. Statistical principles in experimental design. 3.ed. New York, Mc Graw-Hill, 1991. p.169 (Mc Graw-Hill. Series in Psychology.)