

SEÇÃO III - BIOLOGIA DO SOLO

INOCULANTES E FERTILIZANTES FOLIARES NA SOJA EM ÁREA DE POPULAÇÕES ESTABELECIDAS DE *Bradyrhizobium* SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO⁽¹⁾

Ben-Hur Costa de Campos⁽²⁾ & Valderi Gnatta⁽³⁾

RESUMO

O trabalho foi realizado em soja nos anos agrícolas de 1996/97, 1997/98 e 2000/01, objetivando avaliar a eficiência de formulações de inoculantes comerciais, isolados e associados a fertilizantes foliares à base de Mo e Co, em área de populações estabelecidas de *Bradyrhizobium*. Os experimentos foram instalados em Cruz Alta (RS), em áreas sob sistema plantio direto de 8 a 12 anos. No ano agrícola 1996/97, foram usados os tratamentos: testemunha sem inoculação; 200 kg ha⁻¹ de N, parcelados; inoculante Nitragin Cell-Tech por 50 ou 80 kg de semente, com ou sem fungicida, e com ou sem fertilizante foliar Basfoliar Co Mol; inoculante Emerge Pó; inoculante Emerge PM e Basfoliar Co Mol. Em 1997/98, além da testemunha sem inoculação, utilizaram-se os inoculantes Emerge Pó; Emerge PM; Nitragin Cell-Tech e Rizo-liq, Nitragin Cell-Tech + Basfoliar Co Mol e Basfoliar Co Mol. No ano agrícola 2000/2001, os tratamentos foram: testemunha sem inoculação; 200 kg ha⁻¹ de N, parcelados; inoculante turfoso padrão; Emerge PM; Rizo-liq Plus; Rizo-liq Plus + fertilizante foliar Rizomicro; Rizomicro; Gelfix; Gelfix + fertilizante foliar CoMofix; Rhizofix; Rhizofix + CoMofix; CoMofix e inoculante Bionutri. Nos três anos agrícolas avaliados, não houve diferenças entre os tratamentos para matéria seca de raízes, teor de N total no grão e produtividade de grãos. Somente no ano agrícola 1997/98, a matéria seca da parte aérea apresentou diferença entre os tratamentos, com destaque para Nitragin Cell-Tech + Basfoliar Co Mol. O tratamento com 200 kg ha⁻¹ de N reduziu a massa de nódulos. As plantas de soja não responderam à prática da inoculação, porque, provavelmente, as populações de *Bradyrhizobium* existentes no solo já apresentavam estirpes eficientes e em número adequado.

Termos de indexação: *Glycine max*, inoculação, nodulação, sistema de cultivo, molibdênio e cobalto.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em agosto de 2002 e aprovado em outubro de 2005.

⁽²⁾ Pesquisador da FUNDACEP. Caixa Postal 10, CEP 98100-170 Cruz Alta (RS). E-mail: benhur@fundacep.com.br.

⁽³⁾ Técnico Agrícola, FUNDACEP.

SUMMARY: INOCULANT AND FOLIAR FERTILIZER IN SOYBEAN UNDER NO-TILLAGE CULTIVATED IN AREAS WITH ESTABLISHED BRADYRHIZOBIUM POPULATIONS

This study was carried out in 1996/97, 1997/98 and 2000/01 crop seasons in Cruz Alta, state of Rio Grande do Sul, Brazil, aiming at evaluating the efficiency of commercial inoculant formulations, isolated and in combination with Mo and Co foliar fertilizer in an area that has been under no tillage for eight to twelve year and where Bradyrhizobium had already been established. In the 1996/97 crop year, the treatments were: non-inoculated control; 200 kg ha⁻¹ of nitrogen fertilizer, split twice and without inoculation; inoculant Nitragin Cell-Tech/50 and 80 kg seeds, with and without fungicide and, with and without foliar fertilizer Basfoliar Co Mol; inoculant Emerge P6; inoculant Emerge PM and, Basfoliar Co Mol. In the 1997/98 crop year, the treatments were: non-inoculated control; the inoculants Emerge P6; Emerge PM; Nitragin Cell-Tech and Rizo-liq; Nitragin Cell-Tech + Basfoliar Co Mol and Basfoliar Co Mol. In the 2000/01 crop year, the treatments were: non-inoculated control; 200 kg ha⁻¹ nitrogen fertilizer, split twice and without inoculation; inoculant standard; Emerge PM; Rizo-liq Plus; Rizo-liq Plus + foliar fertilizer Rizomicro; Rizomicro; Gelfix; Gelfix + foliar fertilizer CoMofix; Rhizofix; Rhizofix + CoMofix; CoMofix and inoculant Bionutri. The root dry matter, N grain content and grain yield did not differ among treatments in the three cropping seasons. Only in the 1997/98 crop season there were differences in plant height between treatments, with better results with Nitragin Cell Tech + Co Mol. The application of 200 kg ha⁻¹ of nitrogen fertilizer decreased the nodule weight. The lack of response of soybean to inoculation can be attributed to the established population of Bradyrhizobium, which were in appropriate number and efficiency.

Index terms: Glycine max, inoculation, nodulation, cultivation system, Mo, Co.

INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto apresenta vantagens em relação ao sistema convencional, com destaque à maior conservação do solo (Bertoni & Lombardi Neto, 1990). Caracteriza-se por evitar a mobilização do solo, criando um ambiente ecológico diferente pelo aumento da matéria orgânica (Sá, 1993; Derpsch et al., 1991; Campos et al., 1995) e de nutrientes (Eltz et al., 1989; Derpsch et al., 1991; Sá, 1993), além da maior atividade microbiana (Campos et al., 1995; Hungria et al., 1997a; Balota et al., 1998; Hungria, 1999), nos primeiros centímetros do solo. Além disso, ocorrem reduções na temperatura máxima e nas oscilações térmicas e um incremento no teor de umidade do solo (Bragagnolo & Mielniczuk, 1990; Derpsch et al., 1991), favorecendo a atividade microbiana.

Em soja (*Glycine max* (L.) Merrill), sob plantio direto, os benefícios são também verificados na simbiose com rizóbio, constatando-se maior número de células e diversidade de *Bradyrhizobium*, maior número e massa nodular, distribuição mais profunda dos nódulos no perfil do solo e taxas mais elevadas de fixação do N₂ (Voss & Sidiras, 1985; Hungria, 1999). O N fornecido para a cultura da soja pode ser obtido do solo, a partir da decomposição da matéria orgânica, dos fertilizantes nitrogenados, da

fixação química do N₂ por descargas elétricas e, ainda, pela fixação biológica do N₂, que ocorre pela associação simbiótica com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*.

Do ponto de vista econômico e ecológico, esse processo simbiótico é considerado o mais importante, e, atualmente, no Brasil, não são mais recomendados fertilizantes nitrogenados para a cultura da soja, visto que a fixação biológica do N₂ é capaz de suprir as necessidades de N da planta (Hungria et al., 1994; Vargas & Hungria, 1997; Reunião..., 2001). Segundo Vargas et al. (1982), a fixação biológica do N₂ na soja é capaz de sustentar produções de até 4 t ha⁻¹ sem o uso de fertilizantes nitrogenados.

Em geral, considera-se que os solos brasileiros são, originalmente, isentos de bactérias fixadoras de N₂ capazes de formar uma simbiose efetiva com a soja (Hungria et al., 1997b, 1999). Conseqüentemente, com a sua expansão na década de 70, foi necessário importar inoculantes, particularmente dos EUA, mas a avaliação do desempenho simbiótico de diversas estirpes e a seleção daquelas mais eficientes com os cultivares brasileiros de soja iniciou imediatamente (Hungria et al., 1994; Vargas & Hungria, 1997). Hoje, porém, restam poucas áreas de cultivo da soja que ainda não foram inoculadas, e as populações naturalizadas nesses solos, em geral, são elevadas. Com o cultivo da soja ocorre um

enriquecimento das populações de *Bradyrhizobium* nos solos, e essas bactérias apresentam persistência elevada, além da dispersão de estirpes de áreas produtoras de soja para áreas virgens (Hungria et al., 1994).

O sucesso da inoculação depende não só da qualidade dos inoculantes, os quais devem ser fabricados com estirpes recomendadas pelos laboratórios de pesquisa e apresentarem um padrão mínimo de células de rizóbio por grama ou mililitro do veículo (Freire, 1992; Hungria et al., 1997b), mas também da capacidade das novas estirpes de soja em competir com as estirpes naturalizadas do solo (Oliveira & Vidor, 1984a,b; Vargas & Hungria, 1997).

A região Sul do País vem utilizando a inoculação há mais de 30 anos, porém somente 10 % dos agricultores utilizam esta prática. O uso reduzido deve-se à falta de resposta à inoculação em algumas áreas, com alta população de rizóbio naturalizada, e ao descrédito dos agricultores quanto à qualidade dos inoculantes (Araújo, 1994).

Molibdênio e cobalto estão relacionados com a fixação do N atmosférico pelas bactérias, por serem elementos importantes nesse processo. O molibdênio é necessário à formação da enzima redutase do nitrato, que atua na redução do nitrato a amônia na planta, e à nitrogenase, envolvida na fixação simbiótica do N (Lopes, 1989; Santos, 1991). Deficiência deste elemento causa amarelecimento e pouco crescimento das plantas e, ainda, pode causar deficiência de N em leguminosas, como soja, porque as bactérias do solo, associadas a estas plantas, precisam deste elemento para fixarem o N atmosférico (Lopes, 1989). O cobalto é essencial aos microrganismos fixadores de N₂, pela participação na composição da vitamina B₁₂ e da coenzima cobamida (Vidor & Peres, 1988).

O objetivo do trabalho foi avaliar a resposta da reinoculação da soja - com diferentes formulações e marcas comerciais de inoculantes - em solos com populações estabelecidas de *Bradyrhizobium*, sob plantio direto, bem como o efeito da aplicação dos elementos Mo e Co.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em áreas experimentais da FUNDACEP, Cruz Alta (RS), nos anos agrícolas de 1996/97, 1997/98 e 2000/01. As áreas experimentais encontravam-se no 8º, 9º e 12º ano de plantio direto, respectivamente, nas quais foi realizada rotação de culturas, no esquema de um ano milho (*Zea mays* L.) e outro ano soja, no verão. A soja foi antecedida pelas culturas do trigo (*Triticum aestivum* L.) ou aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e o milho pelas culturas de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.), ervilhaca (*Vicia sativa* L.) ou consórcio de ervilhaca e aveia preta. O solo ocorrente é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, cujas principais características de cada área experimental são apresentadas no quadro 1.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com cinco repetições (1996/97 e 1997/98) e seis repetições (2000/2001). Cada parcela constituiu-se de 2,8 x 5,0 m, com sete linhas de soja, espaçadas de 0,4 m entre si, separadas por ruas com 1,5 m. As parcelas tiveram bordaduras de 0,5 m nas extremidades e uma linha em cada lateral.

No ano agrícola 1996/97, foram usados os tratamentos: testemunha sem inoculação; 200 kg ha⁻¹ de N em forma de fertilizante inorgânico, parcelados e sem inoculação; inoculante Nitragin Cell-Tech por 50 ou 80 kg de semente, com ou sem fungicida, e com ou sem fertilizante foliar Basfoliar Co Mol; inoculante Emerge Pó; inoculante Emerge PM e Basfoliar Co Mol. Em 1997/98, além da testemunha sem inoculação utilizaram-se os inoculantes Emerge Pó; Emerge PM; Nitragin Cell-Tech e Rizo-liq; Nitragin Cell-Tech + Basfoliar Co Mol e Basfoliar Co Mol. No ano agrícola 2000/2001, os tratamentos foram: testemunha sem inoculação; 200 kg ha⁻¹ de N, parcelados; inoculante turfoso padrão; Emerge PM; Rizo-liq Plus; Rizo-liq Plus + fertilizante foliar Rizomicro; Rizomicro; Gelfix; Gelfix + fertilizante foliar CoMofix; Rhizofix; Rhizofix + CoMofix; CoMofix e inoculante Bionutri. Nos anos agrícolas 1996/97 e 2000/01, o parcelamento

Quadro 1. Características químicas, teor de argila e populações estabelecidas de *Bradyrhizobium* do solo das áreas experimentais, na profundidade de 0-10 cm. FUNDACEP, anos agrícolas 1996/97, 1997/98 e 2000/01

Ano agrícola	Argila	Matéria orgânica	pH (H ₂ O)	P	K	Al	Ca	Mg	CTC ⁽¹⁾	H + Al	População de <i>Bradyrhizobium</i>
	— g kg ⁻¹ —			— mg L ⁻¹ —				— cmolc L ⁻¹ —			células g ⁻¹ de solo
1996/97	400	44	5,9	33,3	153	0,0	8,3	3,8	15,4	3,0	1,0 x 10 ³
1997/98	430	38	6,3	55,0	200	0,0	8,7	3,7	15,2	2,3	7,0 x 10 ³
2000/01	510	42	5,3	50,0	311	0,1	6,4	2,4	13,9	4,3	1,1 x 10 ⁶

⁽¹⁾ CTC a pH 7.

dos 200 kg ha⁻¹ de N foi aplicado com 50 % na semeadura e 50 % no início do florescimento, utilizando-se uréia como adubo nitrogenado.

No laboratório, as sementes foram colocadas em sacos plásticos individuais, onde foram aplicados os tratamentos. O inoculante Nitragin Cell-Tech, formulação líquida, continha as estirpes SEMIA 587 e SEMIA 5019 e foi aplicado na dose de 150 mL por 50 ou 80 kg de semente, conforme o tratamento, no ano agrícola 1996/97, e de 150 mL por 50 kg de semente, no ano agrícola 1997/98. No ano agrícola 1996/97, os inoculantes Emerge Pó, formulação turfosa, e Emerge PM, formulação pó molhável, continham as estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080; nos anos agrícolas posteriores, a SEMIA 5080 foi substituída pela SEMIA 587. Estes inoculantes foram aplicados nas doses de 200 e 12,5 g por 50 kg de semente, respectivamente, nos dois primeiros anos agrícolas, e 10 g por 50 kg de semente, para o Emerge PM, no ano agrícola 2000/01. O inoculante Rizo-liq, formulação líquida, apresentava as estirpes SEMIA 587, SEMIA 5019 e SEMIA 5028, aplicado na dose de 133,3 mL por 50 kg de semente. O inoculante-padrão, formulação turfosa, fabricado pela FEPAGRO, continha as estirpes SEMIA 587 e SEMIA 5019, aplicado na dose de 500 g por 50 kg de semente. O inoculante Rizo-liq Plus, formulação líquida, continha as estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080, utilizado na dose de 40 mL por 50 kg de semente. Os inoculantes: Gelfix, formulação líquida, e Rhizofix, formulação turfosa, foram produzidos com as estirpes SEMIA 587 e SEMIA 5019, utilizados nas doses de 150 mL e 125 g por 50 kg de semente, respectivamente. O inoculante Bionutri, formulação líquida, foi usado na dose de 150 mL por 50 kg de semente e continha as estirpes SEMIA 5019 e SEMIA 5079.

O fertilizante foliar Basfoliar Co Mol apresentava a concentração de 6 % de Mo e 0,1 % de Co, usado na dose de 500 mL ha⁻¹. Considerando uma densidade de semeadura de 400.000 sementes ha⁻¹, foram usados 450 mL por 50 kg de sementes. Já o Rizomicro continha 10,25 % de Mo e 1,03 % de Co, na dose de 150 mL por 50 kg de semente, e o CoMofix, com 15 % de Mo e 1,5 % de Co, foi aplicado na dose de 40 mL por 50 kg de semente.

Em todos os tratamentos, foi aplicado fungicida Thiabendazole, na dose de 10 g para 50 kg de semente, exceto nos tratamentos sem fungicida, adicionando-se 0,5 % de água destilada e misturado manualmente. A calda do fungicida serviu como aderente para os inoculantes turfosos.

Anteriormente às semeaduras, as plantas existentes nas áreas foram dessecadas com 600 g ha⁻¹ de glifosate, usando-se 1 % de óleo mineral e 2 % de sulfato de amônio como adjuvante. A semeadura foi realizada manualmente, para diminuir os riscos de contaminação entre os tratamentos, após as linhas de semeadura terem sido abertas com

semeadora de plantio direto. A adubação no ano agrícola 1996/97 foi feita com 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 80 kg ha⁻¹ de K₂O. Nos anos agrícolas 1997/98 e 2000/01, não foram realizadas adubações com P e K. No ano agrícola 1996/97, foi usado o cultivar Ocepar 14, semeado em 13/11/96, em 1997/98 o cultivar CD 201, semeado em 02/12/97 e, em 2000/01, semeado o cultivar Fundacep 38, em 08/12/00.

No florescimento, foram avaliados o número e a massa da matéria seca de nódulos e a massa da matéria seca de raízes e da parte aérea de 12 plantas por parcela. Para a produtividade de grãos, foram colhidas as duas linhas centrais de cada parcela, sendo o resultado expresso em kg ha⁻¹, a 13 % de umidade. Foi avaliado também o teor de N total do grão (Tedesco et al., 1995).

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados pela análise da variância, e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan a 5 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todos os anos agrícolas avaliados, não houve diferença significativa entre os tratamentos para massa da matéria seca de raízes, teor de N no grão e produtividade de grãos (Quadros 2, 3 e 4). No ano agrícola 1996/97, observou-se que o inoculante Emerge PM causou maior nodulação, não diferindo, entretanto, dos tratamentos: testemunha sem inoculação; 150 mL de Nitragin Cell-Tech/80 kg de semente, sem fungicida; fertilizante foliar Basfoliar Co Mol e 150 mL de Nitragin Cell-Tech/50 kg de semente + Basfoliar Co Mol (Quadro 2). O inoculante Emerge PM também se destacou com relação à matéria seca de nódulos; entretanto, não diferiu dos demais tratamentos, com exceção do tratamento com N, inoculante Emerge Pó e 150 mL de Nitragin Cell-Tech/50 kg de semente. Salienta-se que a testemunha sem inoculação apresentou nodulação equivalente ao melhor tratamento. O fungicida Thiabendazole e o fertilizante Basfoliar Co Mol não afetaram o desempenho do inoculante Nitragin Cell-Tech. A produção de matéria seca da parte aérea não foi alterada pelos tratamentos avaliados.

No ano agrícola 1997/98 (Quadro 3), a nodulação, avaliada pelo número e massa de nódulos, foi similar entre os tratamentos. Para massa de matéria seca da parte aérea, o inoculante Nitragin Cell-Tech + Basfoliar Co Mol destacou-se dos demais tratamentos.

No ano agrícola 2000/01 (Quadro 4), houve diferença entre os tratamentos apenas para matéria seca de nódulos. Nesse caso, o N novamente reduziu expressivamente a massa nodular.

De acordo com os resultados, a prática da inoculação não foi eficiente à cultura da soja

Quadro 2. Nodulação, massa da matéria seca de raízes e parte aérea, teor de N no grão e produtividade de grãos da cultura da soja, cultivar Ocepar 14, em área há oito anos sob sistema plantio direto, após a aplicação de inoculantes comerciais, fertilizante foliar e fungicida. FUNDACEP, ano agrícola 1996/97

Tratamento	Nódulos	Massa de nódulos secos	Massa de raízes secas	Massa da parte aérea seca	Teor de N no grão	Produtividade de grãos
	Nº planta ⁻¹	mg planta ⁻¹	g planta ⁻¹		g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹
Testemunha	38,0 ab ⁽¹⁾	210,7 ab	1,17 ^{ns(2)}	6,35 ^{ns}	6,01 ^{ns}	2.779 ^{ns}
200 kg ha ⁻¹ de N	31,8 bcd	137,8 c	1,22	6,72	5,96	2.922
Emerge Pó	26,4 d	168,5 bc	1,12	6,74	6,11	2.677
Emerge PM	44,0 a	245,7 a	1,23	5,77	6,07	2.966
150 mL Nitragin/50 kg	27,2 cd	178,2 bc	1,00	6,13	6,03	2.829
150 mL Nitragin/80 kg	30,9 bcd	205,2 ab	1,28	7,62	5,98	2.815
150 mL Nitragin/50 kg, sem fungicida	33,4 bcd	209,6 ab	1,10	6,07	6,09	2.886
150 mL Nitragin/80 kg, sem fungicida	36,7 abc	208,5 ab	1,16	6,92	5,95	2.826
150 mL Nitragin/50 kg + Co Mol	34,6 abcd	190,2 abc	1,22	7,32	6,01	2.794
150 mL Nitragin/80 kg + Co Mol	28,3 bcd	186,7 abc	1,22	6,65	6,03	2.833
Co Mol	35,7 abcd	196,8 ab	1,14	6,86	6,05	2.910
C.V. (%)	19,8	20,7	20,9	23,1	1,5	7,3
p > F (Tratamento)	0,0050	0,0259	0,8717	0,7752	0,1559	0,6813

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferem pelo teste de Duncan a 5 %. ⁽²⁾ ns: não-significativo pelo teste F a 5 %.

Quadro 3. Nodulação, massa da matéria seca de raízes e parte aérea, teor de N no grão e produtividade de grãos da cultura da soja, cultivar CD 201, em área há nove anos sob sistema plantio direto, após a aplicação de inoculantes comerciais, fertilizante foliar e fungicida. FUNDACEP, ano agrícola 1997/98. Cruz Alta, RS

Tratamento	Nódulos	Massa de nódulos secos	Massa de raízes secas	Massa da parte aérea seca	Teor de N no grão	Produtividade de grãos
	Nº planta ⁻¹	mg planta ⁻¹	g planta ⁻¹		g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹
Testemunha	47,0 ^{ns(1)}	203,5 ^{ns}	0,81 ^{ns}	9,38 b ⁽²⁾	5,88 ^{ns}	3276 ^{ns}
Emerge Pó	49,4	227,0	1,04	10,90 b	5,63	3039
Emerge PM	41,3	223,2	0,98	10,50 b	5,65	3164
Rizo-liq	65,9	259,8	1,06	10,70 b	5,71	3276
Nitragin	46,3	216,2	1,03	10,72 b	5,67	3205
Nitragin + Co Mol	49,1	230,5	1,17	13,12 a	5,98	3258
Co Mol	48,2	215,8	1,00	10,77 b	5,82	3153
C.V. (%)	30,8	28,4	19,4	13,8	3,4	5,7
p > F (Tratamento)	0,3089	0,8833	0,2196	0,0339	0,0592	0,3759

⁽¹⁾ ns: não-significativo pelo teste F a 5 %. ⁽²⁾ Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferem pelo teste de Duncan a 5 %.

manejada em plantio direto, com sistema de rotação de culturas, provavelmente pelo fato de o solo apresentar populações estabelecidas de rizóbio e as estirpes presentes nos inoculantes não serem mais eficientes do que as presentes no solo. A ausência de resposta em solos com população estabelecida confirma os resultados obtidos por Oliveira & Vidor

(1984a,b) e por Weaver & Frederick (1974). Esses autores não verificaram aumento de nodulação em plantas de soja em solos com contagem de rizóbios superior a 10³ células g⁻¹ de solo.

Voss & Cunha (1996), Campos (1999) e Campos et al. (2001) também não constataram resposta à reinoculação em soja manejada em sistema plantio

direto. Observaram que aplicações de doses elevadas de N mineral reduziram a massa nodular e não resultaram em incremento de produtividade da cultura. A falta de resposta à reinoculação pode estar relacionada com as condições favoráveis à sobrevivência do *Bradyrhizobium* e com a simbiose proporcionada pelo plantio direto.

Dois fatores importantes do plantio direto, o não-revolvimento do solo e a permanência de resíduos vegetais na superfície, resultaram em manutenção dos agregados do solo, maior teor de umidade, maior disponibilidade de fontes de carbono, redução das temperaturas máximas do solo e menores oscilações de temperatura (Bragagnolo & Mielniczuk, 1990; Morote et al., 1990; Derpsch et al., 1991), proporcionando ambiente favorável ao *Bradyrhizobium* e à simbiose. Foi constatado que, quando comparado ao plantio convencional, o plantio direto com soja aumentou o número de células de *Bradyrhizobium* e as estirpes foram mais eficientes no processo de fixação do N₂ (Hungria et al., 1997a).

Nos últimos anos, os agricultores têm exigido mais informações e resultados sobre uso de inoculante, o que tem levado indústrias a melhorar a qualidade dos produtos (Araújo, 1994) e buscar novas formulações. Entretanto, no caso da soja em plantio direto, a prioridade é a busca de estirpes mais competitivas e eficientes que as estabelecidas no solo, a fim de obter resposta à inoculação neste sistema.

Com relação aos fertilizantes foliares, já foi demonstrado que a resposta da soja se deve ao Mo e não ao Co (Sfredo et al., 1997), em áreas com pH inferior a 5,5 (Reunião..., 2001). Entretanto, na maior parte dos produtos comerciais disponíveis para o agricultor, o Mo está associado a outros micronutrientes. O pH do solo destaca-se como um dos fatores de maior influência na disponibilidade de Mo. A causa principal da baixa disponibilidade deste nutriente às plantas é o fato de o molibdato de Fe e o de Al serem insolúveis em solos ácidos (Dennis, 1987). Nos experimentos realizados nos anos agrícolas 1996/97 e 1997/98, o pH do solo estava acima de 5,5; entretanto, no ano agrícola 2000/01, apesar de o pH do solo ser inferior a 5,5 (pH = 5,3), não houve resposta à aplicação de Mo, tampouco ao Co aplicado conjuntamente.

Embora o teste F da análise de variância tenha sido significativo nos três experimentos, observaram-se diferenças numéricas em produtividade de grãos. Em dois anos agrícolas, a produtividade da testemunha sem inoculação situou-se entre as três maiores. Comparando a média dos tratamentos com inoculação, a testemunha foi inferior em 2 % no ano agrícola 1996/97, mas superior em 3 % nos anos 1997/98 e 2000/01. Estes fatos reforçam o indicativo de não ocorrer resposta à inoculação. Não se encontra explicação para o fato dos inoculantes Emerge Pó e Bionutri terem apresentado as menores

Quadro 4. Nodulação, massa da matéria seca de raízes e parte aérea, teor de N no grão e produtividade de grãos da cultura da soja, cultivar Fundacep 38, em área há doze anos sob sistema plantio direto, após a aplicação de inoculantes comerciais, fertilizante foliar e fungicida. FUNDACEP, ano agrícola 2000/01

Tratamento	Nódulos	Massa de nódulos secos	Massa de raízes secas	Massa da parte aérea seca	Teor de N no grão	Produtividade de grãos
	Nº planta ⁻¹	mg planta ⁻¹	g planta ⁻¹		g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹
Testemunha	23,2 ^{ns(1)}	102,9 a ⁽²⁾	0,61 ^{ns}	3,49 ^{ns}	5,77 ^{ns}	3981 ^{ns}
200 kg ha ⁻¹ de N	13,3	26,3 b	0,65	4,43	5,72	3681
Turfoso padrão	23,3	101,3 a	0,64	3,83	5,67	3917
Emerge PM	20,7	90,4 a	0,66	4,10	5,71	3937
Bionutri	22,6	105,8 a	0,61	3,59	5,74	3585
Rizo-liq Plus	19,6	88,8 a	0,52	3,24	5,77	4149
Rizo-liq Plus + Rizomicro	21,6	101,9 a	0,59	3,76	5,98	3878
Rizomicro	20,9	103,5 a	0,62	4,05	5,89	3731
Gelfix	23,1	104,0 a	0,56	3,56	5,80	3860
Gelfix + CoMofix	22,9	102,6 a	0,50	3,19	5,77	3720
Rizofix	22,8	96,7 a	0,59	3,31	5,77	3932
Rizofix + CoMofix	19,5	88,5 a	0,52	3,56	5,79	3946
CoMofix	22,4	101,7 a	0,59	3,55	5,83	4111
C.V. (%)	23,9	25,8	20,2	22,5	2,7	7,9
p > F (Tratamento)	0,0808	0,0001	0,3299	0,3319	0,1093	0,0813

(1) ^{ns}: não significativo pelo teste F a 5 %. (2) Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferem pelo teste de Duncan a 5 %.

produtividades, nos respectivos anos, visto que os inoculantes podem aumentar ou igualar a produtividade, mas, teoricamente, não reduzi-la em relação à testemunha sem inoculação. As estirpes usadas nos inoculantes apresentaram eficiência igual ou superior às encontradas no solo (Freire, 1992; Hungria et al., 1997b). Isto indica que as diferenças foram ao acaso, como demonstrado pela análise estatística. Salienta-se que, nos três anos agrícolas, o coeficiente de variação da variável produtividade de grãos ficou abaixo de 10 %.

O inoculante é um insumo de baixo custo, mas muitos agricultores reclamam que o processo de inoculação é laborioso (Hungria et al., 1997b). Este fato não se justifica para áreas que realmente necessitam de inoculação, como as de primeiro ano de cultivo, ou quando for realizada junto ao tratamento de sementes com fungicidas, visto que não acarreta aumento significativo de custo de mão-de-obra ou tempo. Entretanto, para reinoculação da soja em áreas sob sistema plantio direto pode não ocorrer resposta à inoculação, como demonstrado neste trabalho. Além disto, a inoculação acarretará maior dispêndio de tempo e custo, quando o agricultor receber a semente já tratada ou fizer o tratamento com antecedência.

CONCLUSÕES

1. Não houve resposta à prática da reinoculação na soja em área sob plantio direto.
2. Todos os inoculantes e todos os fertilizantes foliares comerciais não apresentaram eficiência agrônômica quanto à nodulação, teor de N no grão e produtividade de grãos.
3. A aplicação de dose elevada de N reduziu a massa nodular e não resultou em incremento na produtividade de grãos.

AGRADECIMENTOS

Aos funcionários, colegas e estagiários que colaboraram para realização deste trabalho. À BASF, pelo auxílio financeiro, nos anos agrícolas 1996/97 e 1997/98, e à BIOAGRO, RIZOBACTER, MILENIA e NITRAL, no ano agrícola 2000/01. Aos colegas Inês Natalina Canal e Ciro Petrerere, pelas análises de N.

LITERATURA CITADA

ARAÚJO, F.F. Cultivo em escala comercial. In: HUNGRIA, M. & ARAÚJO, R.S., eds. Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1994. p.149-155.

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S. & HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. R. Bras. Ci. Solo, 22:641-649, 1998.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo, Icone, 1990. 355p.

BRAGAGNOLO, N. & MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. R. Bras. Ci. Solo, 14:369-374, 1990.

CAMPOS, B.C. Dose de inoculante turfoso para soja em plantio direto. Ci. Rural, 29:423-426, 1999.

CAMPOS, B.C.; HUNGRIA, M. & TEDESCO, V. Eficiência da fixação biológica de N₂ por estirpes de *Bradyrhizobium* na soja em plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 25:583-592, 2001.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J. & PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. R. Bras. Ci. Solo, 19:121-126, 1995.

DENNIS, E.J. Uma nova dimensão na agricultura. In: FUNDAÇÃO CARGILL. Micronutrientes. Campinas, 1987. p.3-37.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N. & KÖPKE, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn, GTZ, 1991.

ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G. & JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. R. Bras. Ci. Solo, 13:259-267, 1989.

FREIRE, J.R.J. Fixação do nitrogênio pela simbiose rizóbio/leguminosas. In: CARDOSO, E.J.B.N., TSAI, S.M. & NEVES, M.C.P., coords. Microbiologia do solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.121-140.

HUNGRIA, M. Características biológicas em solos manejados sob plantio direto. In: REUNIÓN BIENAL DE LA RED LATINOAMERICANA DE AGRICULTURA CONSERVACIONISTA, 5., Florianópolis, 1999. Anais. Florianópolis, Empresa de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural de Santa Catarina, 1999. CD ROM

HUNGRIA, M.; ANDRADE, D.S.; BALOTA, E.L. & COLOZZI-FILHO, A. Importância do sistema de semeadura direta na população microbiana do solo. Londrina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997a. 9p. (Embrapa-CNPSO. Comunicado Técnico, 56)

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. & CAMPO, R. A inoculação da soja. Londrina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997b. 28p. (Embrapa-CNPSO. Circular Técnica, 17; Embrapa-CPAC. Circular Técnica, 34)

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; SUHET, A.R. & PERES, J.R.R. Fixação biológica do nitrogênio em soja. In: ARAÚJO, R.S. & HUNGRIA, M., eds. Microrganismos de importância agrícola. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1994. p.9-89.

- LOPES, A.S. Manual de fertilidade do solo. São Paulo, ANDA/POTAFOS, 1989. 153p.
- MOROTE, C.G.B.; VIDOR, C.; MENDES, N.G. & PEREIRA, J.S. Melhoria da nodulação da soja pela cobertura do solo e inoculação com *Bradyrhizobium*. R. Bras. Ci. Solo, 14:143-150, 1990.
- OLIVEIRA, L.A. & VIDOR, C. Capacidade competitiva de estirpes de *Rhizobium japonicum* em solos com alta população deste *Rhizobium*. R. Bras. Ci. Solo, 8:49-55, 1984a.
- OLIVEIRA, L.A. & VIDOR, C. Seleção de estirpes de *Rhizobium japonicum* em soja. II. Capacidade competitiva por sítios de nódulos. R. Bras. Ci. Solo, 8:43-47, 1984b.
- REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 29. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina 2001/2002. Porto Alegre, FEPAGRO, 2001. 138p.
- SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: CNPT-EMBRAPA, FUNDAÇÃO ABC. Plantio direto no Brasil. Passo Fundo, Aldeia Norte, 1993. p.37-60.
- SANTOS, O.S. Molibdênio. In: FERREIRA, M.E. & CRUZ, M.C.P., eds. SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1., Jaboticabal, 1988. Anais. Piracicaba, POTAFOS/CNPq, 1991. p.191-217.
- SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; LANTAMANN, A.F.; MEYER, M.C.; MANDARINO, J.M.G. & OLIVEIRA, M.C.N. Molibdênio e cobalto na cultura da soja. Londrina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997. 18p. (Embrapa-CNPSo. Circular Técnica, 16)
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)
- VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M. Fixação biológica do N₂ na cultura da soja. In: VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M., eds. Biologia dos solos de cerrados. Planaltina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997. p.297-360.
- VARGAS, M.A.T.; PERES, J.R.R. & SUHET, A.R. Adubação nitrogenada, inoculação e épocas de calagem para a soja em um solo sob cerrado. Pesq. Agropec. Bras., 17:1127-1132, 1982.
- VIDOR, C. & PERES, J.R.R. Nutrição das plantas com molibdênio e cobalto. In: BORKERT, C.M. & LANTMANN, A.F., ed. Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira. Londrina, EMBRAPA-CNPSo/IAPAR/SBCS, 1988. p.179-203.
- VOSS, M. & CUNHA, M.H. Efeito da inoculação de estirpes recomendadas de *Bradyrhizobium* em soja, com população estabelecida dessa bactéria. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. SOJA: RESULTADOS DE PESQUISA DO CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, Passo Fundo, 1995/96. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1996. p.209-213.
- VOSS, M. & SIDIRAS, N. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. Pesq. Agropec. Bras., 20:775-782, 1985.
- WEAVER, R.W. & FREDERICK, L.R. Effect of inoculum rate on competitive nodulation of *Glycine max* (L.) Merrill. II. Field studies. Agron. J., 66:233-236, 1974.