

Análise de cultivares de soja em resposta à inoculação e aplicação de cobalto e molibdênio

Ivana Marino Bárbaro¹, Maria Aparecida Pessôa da Cruz Centurion², Eduardo Antonio Gavioli³, Daniela Garcia Penha Sarti⁴, Laerte Souza Bárbaro Júnior⁵, Marcelo Ticelli⁶, Fernando Bergantini Miguel⁶

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho analisar o comportamento de cultivares de soja em resposta à inoculação e aplicação de cobalto e molibdênio via pulverização foliar. Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 15, com quatro repetições. Os fatores consistiram de inoculação das sementes e adubação foliar com cobalto e molibdênio (com e sem) e 15 cultivares de soja. Avaliaram-se características de fixação biológica do nitrogênio, além de outras de interesse agrônomo. Os cultivares exibiram comportamento diferenciado em relação as variáveis analisadas. Responderam à prática de inoculação das sementes e aplicação de cobalto e molibdênio via foliar os cultivares: IAC 23 em termos de incremento no número de nódulos (NNOD), altura da planta na maturação (APM) e inserção da primeira vagem (AIV); CD 215 e CD 214RR em NNOD; CD 213RR em número de nós (NN), peso de sementes (PS), número de sementes (NS) e número de vagens (NV); CD 208 em NNOD, PS e NS; BRS 245RR em APM, NN, número de ramos (NR), PS, NS e NV; CD 216 em NN; Embrapa 48 em NR e NV; BRS 232 em NR; CD 202 em massa seca da raiz (MRAIZ) e NN; e CD 201 em NN, PS, NS e NV.

Palavras-chave: *Glycine max*, inoculante, micronutrientes, fixação biológica de nitrogênio

ABSTRACT

Analysis of soybean cultivars in response to the inoculation and application of cobalt and molybdenum

The objective of this work was to analyze the behavior of soybean cultivars in response to the inoculation and foliar application of cobalt and molybdenum. The experiment was arranged in complete randomized blocks, in a 2 x 15 factorial scheme with four replications. The factors consisted of inoculation of seeds and foliar application of cobalt and molybdenum (with and without) in 15 soybean cultivars. Parameters of biological nitrogen fixation and

Recebido para publicação em março de 2008 e aprovado em abril de 2009

¹ Pesquisadora Dra. do Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios da Alta Mogiana, Av. Rui Barbosa, s/n, Caixa Postal 35, 14770-000 Colina, SP. E-mail: imarino@apta.sp.gov.br

² Professora Dra. do Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Júlio de Mesquita Filho, Universidade Estadual Paulista, FCAV/UNESP, CEP: 14884-900 Jaboticabal, SP. E-mail: cidinha@fcav.unesp.br

³ Professor Dr. do Departamento de Agronomia, Instituto Taquaritinguense de Ensino Superior ITES 15900-000, Taquaritinga, SP. E-mail: eduardogavioli@terra.com.br

⁴ Doutoranda em Genética e Melhoramento de Plantas do Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Júlio de Mesquita Filho, Universidade Estadual Paulista, FCAV/UNESP. 14884-900 Jaboticabal, SP. E-mail: danisarti@hotmail.com

⁵ Graduando em Agronomia da Faculdade de Agronomia Dr. Francisco Maeda, FAFRAM. 14500-000, Ituverava, SP. E-mail: barbaro2303@hotmail.com

⁶ Pesquisadores do Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios da Alta Mogiana. 14770-000 Colina, SP. E-mail: mticelli@apta.sp.gov.br, fbmiguel@apta.sp.gov.br

other traits were analyzed. The soybean cultivars had differentiated behavior in relation to the variables. The following cultivars were responsive to seed inoculation and application of cobalt and molybdenum: IAC 23 in terms of increase in number of nodules (NNOD), plant height in maturation (PHM) and insert height of the first pod (IHP); CD 215 and CD 214RR in NNOD; CD 213RR in number of nodes (NN), weight of seeds (WS), number of seeds (NS) and number of pods (NP); CD 208 in NNOD, WS and NS; BRS 245RR in PHM, NN, number of branches (NB), WS, NS and NP; CD 216 in NN; Embrapa 48 in NB and NP; BRS 232 in NB; CD 202 in root dry weight (WROOT) and NN and CD 201 in NN, WS, NS and NP.

Key words: *Glycine max*, inoculant, micronutrients, biological nitrogen fixation

INTRODUÇÃO

A pesquisa atual com soja tem desenvolvido novas tecnologias de cultivo e materiais genéticos que resultam em incremento sucessivo de produtividade, por consequência maior necessidade de nitrogênio (Zilli *et al.*, 2006). O nitrogênio (N), por ser imprescindível na síntese de proteínas, requer demanda elevada para a cultura, que acumula cerca de 100 a 200 kg de N/ha, dos quais 67 a 75% são alocados nas sementes (Bohrer & Hungria, 1998).

As principais fontes de N disponíveis para a soja são os fertilizantes nitrogenados e a fixação biológica de nitrogênio (FBN). No Brasil, a FBN é um dos exemplos de maior sucesso, uma vez que a utilização de inoculantes com *Bradyrhizobium* possibilita uma economia anual aproximada de US\$ 3 bilhões em fertilizantes nitrogenados (Fagan *et al.*, 2007). A simbiose, que ocorre entre esta leguminosa e as bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, resulta na formação de nódulos nas raízes da planta, possibilitando a obtenção de todo o N que a cultura necessita, mesmo com expectativa de alta produtividade de grãos (Embrapa, 2005, Zilli *et al.*, 2006). Em geral, considera-se que os solos brasileiros são, originalmente, isentos de bactérias fixadoras de N capazes de formar uma simbiose efetiva com a soja. Hoje, porém, restam poucas áreas de cultivo da soja que ainda não foram inoculadas, e as populações naturalizadas nesses solos, em geral, são elevadas (Hungria, 1999). Relatos de ensaios envolvendo a prática de reinoculação têm mostrado grande variabilidade nos resultados, ou seja, incremento em termos de massa seca de nódulos, massa seca da parte aérea, teor de nitrogênio no tecido das plantas de soja e produtividade (Bizarro, 2008), bem como ausência de resposta, porque, provavelmente, as populações de *Bradyrhizobium* existentes no solo já apresentavam estirpes eficientes e em número adequado (Campos & Gnatta, 2006; Pavanelli & Araújo, 2009).

Destaca-se também a atenção especial que deve ser conferida ao cobalto e molibdênio, que participam diretamente do processo de FBN (Taiz & Zeiger, 2004; Broch & Ranno, 2005). O efeito favorável da aplicação desses

micronutrientes na cultura da soja foi observado em ensaios realizados por Teixeira *et al.* (2003), Campo & Hungria (2003) e Campo *et al.* (2003), Pasqualli & Bortolini (2004), Bárbaro *et al.* (2006) e Tiritan *et al.* (2007). Por outro lado, no Brasil estudos pioneiros citaram diferenças entre cultivares de soja quanto ao potencial de nodulação e outras características de FBN (Döbereiner & Arruda, 1967; Brose *et al.*, 1979; Vargas *et al.*, 1982); entretanto, são poucos os trabalhos que vêm sendo conduzidos atualmente (Bohrer & Hungria, 1998; Hungria & Bohrer, 2000; Nicolás *et al.*, 2002; Santos *et al.*, 2006; Nicolás *et al.* 2006; Zenzen *et al.*, 2007) com a finalidade de avaliar a variação entre genótipos de soja brasileiros quanto à eficiência da FBN. Particularmente na última década, os caracteres de FBN não vêm sendo contemplados diretamente nos programas de melhoramento genético da soja, que têm priorizado características relacionadas com a produção e a resistência a doenças. O relato da lacuna provocada por uma descontínua avaliação destas características, como fator responsável por perdas genéticas de até 30% na contribuição de nitrogênio para as plantas, foi observado em vários cultivares atualmente disponíveis no mercado quando comparados com os parentais que as originaram (Bohrer & Hungria, 1998; Hungria & Bohrer, 2000).

Para conseguir manter o esforço da pesquisa brasileira, que posicionou o Brasil, atualmente, como o país com maior contribuição do processo biológico para a cultura, é necessário não somente investir em reinoculação com as estirpes de *Bradyrhizobium* selecionadas, mas também desenvolver pesquisas sobre a dinâmica das populações de rizóbios nos solos e novas tecnologias de inoculação, bem como seleção de cultivares e estirpes com maior capacidade simbiótica (Hungria, 2007).

Isto posto, este artigo tem como objetivo analisar o comportamento de cultivares de soja em resposta à inoculação e aplicação de cobalto e molibdênio via pulverização foliar, por meio da avaliação de características relacionadas à FBN e a outras de interesse agrônomo.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado na safra 2006/07, em área de reforma de pastagem (latossolo Vermelho-Escuro – fase arenosa) pertencente à sede do Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios da Alta Mogiana, situada em Colina, SP. A respectiva área teve como cultura anterior a gramínea do gênero *Panicum maximum* cv. Tanzânia 1.

O solo foi preparado de maneira convencional, sendo a área posteriormente sulcada e adubada com base na interpretação dos resultados da análise química e granulométrica do solo (Tabela 1), distribuindo-se no sulco de semeadura a quantidade equivalente de 350 kg/ha da fórmula 0-20-20.

Empregou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 15, com quatro repetições. Os fatores consistiram de inoculação das sementes + adubação foliar com cobalto e molibdênio em V₅ (com e sem) e 15 cultivares de soja. Cada parcela constituiu-se de quatro linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas de 0,5 m, considerando-se como área útil apenas as duas linhas centrais.

Para o tratamento das sementes, utilizou-se o inoculante comercial turfoso Masterfix®, da empresa Stoller do Brasil Ltda, que contém duas estirpes (SEMIA 5079 e SEMIA 5019) das quatro atualmente recomendadas para o Brasil (Zilli *et al.*, 2006; Bizarro, 2008), na dose de 200 g/50 kg de sementes. No estágio fenológico V₅, as parcelas que correspondem aos 15 cultivares submetidos à prática de inoculação foram pulverizadas via foliar com uma formulação comercial Co-Mo® da mesma empresa, contendo 1,5% de cobalto e 15% de molibdênio na dose de 100 mL/ha. Além disso, as sementes foram tratadas com o fungicida comercial Vitavax + Thiran 200 SC, visando ao controle de fungos patogênicos do solo, sendo o inoculante aplicado por último no dia da semeadura. Adotaram-se também alguns cuidados para garantir maior eficiência do inoculante, como a inoculação realizada à sombra e distribuição uniforme do inoculante em todas as sementes.

Todas as técnicas de cultivo da soja, como escolha de cultivares, época de semeadura, população de plantas e controle de plantas daninhas, insetos e doenças seguiram as recomendações técnicas para a cultura da soja da Embrapa (2005).

Foram coletadas cinco plantas ao acaso por parcela útil, no estágio fenológico V₆, para avaliação das seguintes características diretamente relacionadas com a FBN: Nodulação: os resultados foram apresentados quanto ao número (nódulos/planta) (NNOD) e à massa de matéria seca de nódulos (g/planta) (MNOD), sendo sua massa determinada por meio da secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 ± 5 °C, por 48 horas, sistema radicular: os resultados foram apresentados quanto à massa de matéria seca de raiz (g/planta) (MRAIZ), sendo sua massa também determinada pela secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 ± 5 °C, por 48 horas; e parte aérea: para a separação da parte aérea foi usado o ponto de inserção cotiledonar como ponto de corte, e os resultados foram apresentados para massa de matéria seca da parte aérea (g/planta) (MFOL), sendo essa determinada após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 ± 5 °C, por 72 horas.

Avaliaram-se também os seguintes caracteres agrônômicos de interesse em 10 plantas ao acaso por parcela útil: altura de plantas na maturação (APM), expressa em cm; altura de inserção da primeira vagem (AIV), expressa em cm; número de ramos/planta (NR); número de sementes/planta (NS); número de vagens/planta (NV); número de nós na haste principal/planta (NN); e peso de sementes/planta (PS), expresso em g (obtido pelo valor médio do peso de sementes/planta em quatro repetições por parcela).

Os dados encontrados foram submetidos à análise de variância e teste F; e as médias, comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de significância, pelo programa computacional SISVAR (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio das análises de variância (Tabelas 2, 3 e 4), foi detectada alta significância ($P < 0,01$) pelo teste F para a Fonte de Variação (FV) tratamentos, com relação às variáveis MFOL, AIV, NN, NR, PS, NS e NV; para a FV cultivares, com as variáveis NNOD, MNOD, APM, AIV, NN, NR, PS, NS e NV; e para a FV tratamentos vs. Cultivares, para as variáveis NNOD, MRAIZ, AIV, NN, NR, PS, NS e NV. Apenas foi detectada significância ($P < 0,05$) para a FV tratamentos vs. cultivares nas variáveis MNOD, MFOL e APM. Em relação às demais observações, não foi detectada significância estatística pelo teste F.

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica do latossolo Vermelho Escuro – fase arenosa, utilizado no presente estudo, safra 2006/07

P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V
mg/dm ³	g/dm ³	CaCl ₂				mmolc/dm ³				%
12	29	5,2	3,8	22	10	25	—	35,7	58,2	61

Areia: 73%; Silte: 7% e Argila: 20%

Extrator de P, Mg, Ca e K: Resina; M.O.: Dicromato de Sódio; — Al - elemento não analisado.

Os coeficientes de variação (CV%) para NNOD, MNOD, MRAIZ e MFOL foram de 31,05, 4,15, 9,11; e 13,34%, respectivamente, concordando com os resultados encontrados por Bohrer & Hungria (1998), Hungria & Bohrer (2000), Nicolás *et al.* (2002), Santos *et al.* (2006) e Bárbaro *et al.* (2006), que verificaram valores de CV% superiores a 30%, principalmente para as características de nodulação, bem como, para os resultados obtidos por Souza *et al.* (2008), os quais verificaram em solos que não receberam fertilizantes nitrogenados que massa de matéria seca de nódulos e massa de matéria seca da parte aérea, com CV% máximo de 33 e 18%, respectivamente, são adequados para avaliar a FBN.

Para NNOD (Tabela 2), foi notória a formação de dois grupos de médias pelo teste de Scott Knott entre os cultivares tratados (com inoculação das sementes e com adubação foliar com cobalto e molibdênio), assim como entre as testemunhas (sem inoculação e sem adubação foliar com cobalto e molibdênio). Os cultivares tratados V-MAX, IAC 23, CD 215, CD 214RR, CD 213RR e CD 208, e as testemunhas de V-MAX e BRS 184 apresentaram médias estatisticamente superiores, respectivamente, às dos demais cultivares tratados e testemunhas quanto ao número de nódulos/planta. Em relação à MNOD, não foram detectadas diferenças estatísticas significativas entre os cultivares tratados. Já entre as testemunhas, semelhantemente ao ocorrido com NNOD, houve a formação de dois grupos de médias pelo teste de Scott Knott, apresentando os cultivares V-MAX, CD 215 e BRS 184 como de maiores valores médios de massa de matéria seca nodular.

Notou-se ainda que apenas os cultivares IAC 23, CD 215, CD 214RR e CD 208, quando submetidos à prática de inoculação das sementes e adubação foliar com cobalto e molibdênio em V_5 , produziram mais nódulos quando comparados com as suas respectivas testemunhas não-tratadas, evidenciando que eles foram mais responsivos ao tratamento testado, com diferença de até 3,6 vezes no número de nódulos por planta (Tabela 2), demonstrando seu maior potencial genético quanto à nodulação (NNOD). Caldwell & Vest (1968) observaram que há diferenças significativas entre cultivares de soja quanto a sua aceitação por *Bradyrhizobium* e essa especificidade da bactéria em relação à planta, ocorre a nível de cultivar, o que explicaria a superioridade obtida para esses cultivares. Também Verneti (1971) verificou que há variação hereditária, dependendo da constituição genética das plantas em relação à bactéria. Appunu *et al.* (2008), estudando em condições de campo na Índia o efeito da interação simbiótica de diferentes estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* com seis cultivares de soja, verificaram que as estirpes ASR011, USDA 123 e CB1809, respectivamente, mostraram maior especificidade com os cultivares JS335, Lee e Bragg em termos de incrementos nas características de FBN.

Para os demais cultivares não foram verificadas diferenças significativas no NNOD e MNOD entre os tratamentos com e sem inoculação associada à adubação foliar com cobalto e molibdênio, com exceção das testemunhas V-MAX e BRS 184, que, respectivamente, apresentaram o maior número médio de nódulos e massa de matéria seca nodular (29,90 e 22,50 nódulos/planta e 0,17 e 0,18 g/planta) quando comparados com os mesmos cultivares submetidos à prática de inoculação e uso de cobalto e molibdênio via foliar (14,20 e 9,30 nódulos/planta e 0,10 e 0,07 g/planta). Pavanelli & Araújo (2009), em experimento para avaliar a FBN em soja e o desempenho das estirpes introduzidas em solos de sete municípios do oeste paulista, sob cultivo de pastagens e culturas anuais, verificaram incrementos na nodulação do cultivar MG BR 46 (Conquista) na maioria dos locais, quando se procedeu à inoculação, excetuando-se o solo de Taciba sob cultivo de pastagens, que proporcionou melhor nodulação quando não se procedeu à inoculação. Isto pode ser explicado pelo fato de que variantes com diferentes potenciais para fixação de nitrogênio podem coexistir numa mesma população de *Bradyrhizobium* no solo, podendo alterar a eficiência simbiótica e a competitividade das estirpes utilizadas em inoculantes para a cultura da soja (Carvalho *et al.*, 2005), além de que a nodulação promovida por determinada estirpe pode ser restringida pelo genótipo hospedeiro (Sadovsky *et al.*, 1995).

Entre os cultivares tratados verificou-se comportamento semelhante em relação à MRAIZ. Por outro lado, entre as testemunhas (sem inoculação das sementes e sem adubação foliar com cobalto e molibdênio) formaram-se dois grupos de médias pelo teste de Scott Knott, sobressaindo oito cultivares que apresentaram os maiores valores médios de massa seca radicular. Além disso, apenas o cultivar CD 202, quando submetido à prática de inoculação das sementes e adubação foliar com cobalto e molibdênio em V_5 produziu mais massa seca radicular quando comparado com a sua respectiva testemunha não tratada. Por outro lado, a inoculação associada à adubação foliar com cobalto e molibdênio reduziu a produção de MRAIZ dos cultivares V-MAX, BRS 133 e BRS 184 (Tabela 2).

Por sua vez, a prática de inoculação e a adubação foliar com cobalto e molibdênio promoveram decréscimo na produção de MFOL dos cultivares quando comparados com as suas respectivas testemunhas (Tabela 2). Segundo Pavanelli & Araújo (2009), a inoculação não proporcionou aumento de massa de matéria seca na maioria dos locais avaliados, embora diferenças significativas de MFOL obtidas em diferentes solos podem ter sido resposta ao padrão de fertilidade encontrado em cada um dos locais avaliados.

A literatura reporta que o número e a massa de matéria seca de nódulos, a massa de matéria seca de raiz e das

Tabela 2. Número de nódulos (NNOD), massa de matéria seca nodular (MNOD), produção da matéria seca da raiz (MRAIZ) e da parte aérea (MFOL) em cultivares de soja em resposta à inoculação e pulverização foliar com cobalto e molibdênio, safra 2006/07.

CULTIVAR	NNOD ^{1,4} /planta		MNOD ^{1,4} g/planta		MRAIZ ^{1,4} g/planta		MFOL ^{1,4} g/planta	
	Tratamento – inoculação das sementes e aplicação de cobalto e molibdênio via foliar							
	Com ²	Sem ³	Com ²	Sem ³	Com ²	Sem ³	Com ²	Sem ³
V-MAX	14,20b A	29,90a A	0,10b A	0,17a A	1,00b A	1,47a A	5,20b A	13,10a A
M-SOY 5942	9,65a B	9,65a B	0,07a A	0,07a B	1,45a A	1,24a A	8,05b A	12,70a A
IAC 23	16,30a A	4,55b B	0,11a A	0,05a B	1,05a A	1,23a A	6,85b A	13,20a A
BRS 133	2,85a B	7,90a B	0,03a A	0,09a B	0,80b A	1,25a A	5,45b A	13,75a A
CD 215	22,00a A	8,85b B	0,13a A	0,12a A	1,10a A	1,09a B	6,90b A	12,05a A
BRS 184	9,30b B	22,50a A	0,07b A	0,18a A	1,15b A	1,76a A	8,35b A	16,85a A
CD 214RR	13,80a A	4,10b B	0,08a A	0,05a B	1,05a A	1,10a B	5,95b A	11,55a A
Embrapa 48	8,05a B	2,75a B	0,05a A	0,01a B	0,95a A	1,36a A	5,55b A	14,10a A
CD 208	19,30a A	7,30b B	0,14a A	0,08a B	1,15a A	1,25a A	7,85b A	12,60a A
BRS 245RR	7,75a B	5,50a B	0,08a A	0,05a B	1,05a A	1,11a B	5,95b A	9,90a A
CD 213RR	13,80a A	10,75a B	0,08a A	0,09a B	1,25a A	1,04a B	7,90a A	10,70a A
CD 216	8,60a B	6,45a B	0,07a A	0,06a B	0,95a A	1,26a A	6,35b A	13,75a A
BRS 232	9,65a B	10,35a B	0,04a A	0,06a B	1,25a A	0,93a B	8,15a A	10,15a A
CD 202	6,45a B	10,10a B	0,04a A	0,04a B	1,30a A	0,86b B	9,50a A	9,70a A
CD 201	6,35a B	11,00a B	0,05a A	0,06a B	1,10a A	0,77a B	8,80a A	10,30a A
Média	11,20 a	10,11 a	0,07 a	0,08 a	1,11 a	1,18 a	7,12 b	12,29 a
CV (%)	31,04917		4,144979		9,105542		13,343678	
F(Tratamento) (T)	1,205 ^{ns}		0,194 ^{ns}		1,650 ^{ns}		107,938 ^{**}	
F(Cultivar) (C)	3,370 ^{**}		3,434 ^{**}		1,435 ^{ns}		1,071 ^{ns}	
F(T x C)	2,752 ^{**}		2,034 [*]		2,489 ^{**}		1,982 [*]	

¹Médias originais seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si (Scott Knott $pd^{*0,05}$); ²com inoculação das sementes e aplicação de cobalto e molibdênio via foliar; ³= sem inoculação e sem aplicação de cobalto e molibdênio - testemunha; ⁴ = valor transformado em raiz ($x + 0,5$); e **, *, ^{ns} = significativos a 1 e 5 e não significativo pelo teste F.

folhas e o acúmulo de N dependem do cultivar de soja. Varela & Agudelo (1986) estudaram a nodulação espontânea em quatro cultivares de soja na Colômbia e observaram que o número de nódulos, no início do florescimento, foi maior nos cultivares ICA L-121 e 119. Já o cultivar ICA L-121 produziu o maior peso de matéria seca de nódulos, apesar de ser o mais tardio em iniciar o florescimento. Arrarás *et al.* (1986), na Argentina, utilizando inoculante com as estirpes recomendadas, também encontraram diferenças altamente significativas entre os cultivares para o número e peso dos nódulos, sendo altas nodulações verificadas para “Coker Hampton 266A” e “Bragg”. Lima *et al.* (1998) constataram que a nodulação promovida pelos rizóbios já estabelecidos no solo é abundante, não sendo verificadas diferenças expressivas devido à inoculação em número e massa de matéria seca nodular. Hungria & Bohrer (2000), em estudos realizados em vasos envolvendo 152 cultivares de soja, indicaram que alguns cultivares apresentam o dobro da massa de matéria seca nodular.

Para APM (Tabela 3) formaram-se, respectivamente, três e cinco grupos pelo teste de médias de Scott Knott entre os cultivares tratados e as testemunhas. As maiores APMs foram notadas nos cultivares tratados M-SOY 5942, BRS 184, CD 208 e CD 216 e nas testemunhas de M-SOY 5942, BRS 184 e CD 208. De modo geral, verificou-se que

mesmo os cultivares tratados e as testemunhas que ficaram, respectivamente, no terceiro e quinto grupos (menores APMs) tiveram altura média na maturação superior a 60 cm, assim como os que ocuparam o primeiro grupo (maiores APMs) tiveram altura inferior a 100 cm, o que é adequado e está dentro dos limites de recomendação. Geralmente, plantas com 60 a 80 cm de altura induzem a uma eficiente operação da colhedeira e acima de 100 cm tendem ao acamamento (Sediyama *et al.* 2005). Além disso, no presente estudo notou-se que apenas os cultivares IAC 23 e BRS 245RR responderam à inoculação de suas sementes e adubação com cobalto e molibdênio com acréscimos neste caráter. Por outro lado, observou-se efeito contrário no cultivar BRS 133, que quando submetido à prática de inoculação e aplicação de cobalto e molibdênio teve sua estatura diminuída. Os demais cultivares não responderam estatisticamente ao tratamento.

Para AIV, o ideal é que esteja de 10 a 12 cm acima da superfície de solos planos e cerca de 15 cm em solos mais inclinados, para que não ocorram perdas na colheita pela barra de corte da máquina (Sediyama *et al.*, 2005). O cultivar tratado IAC 23 destacou-se por apresentar maior altura média de inserção da primeira vagem (17,05 cm), diferindo estatisticamente dos demais cultivares tratados. Com menor valor médio ficaram os cultivares tratados V-MAX,

Embrapa 48, CD 213RR e BRS 232. Ainda em relação a esse caráter, foram responsivos à inoculação e aplicação de cobalto e molibdênio cinco cultivares, tendo o IAC 23 sua AIV incrementada e os cultivares BRS 184, Embrapa 48, CD 208 e BRS 232 suas AIVs reduzidas quando submetidos ao tratamento. Por sua vez, os cultivares V-MAX, M-SOY 5942, BRS 133, CD 215, CD 214RR, BRS 245RR, CD 213RR, CD 216, CD 202 e CD 201 comportaram-se semelhantemente quando com e sem inoculação associada à aplicação de cobalto e molibdênio via foliar (Tabela 3).

Ainda na Tabela 3, entre os cultivares tratados para NN e NR foi observada a formação de dois grupos pelo teste de médias de Scott Knott a 5%. Os cultivares tratados que mostraram superioridade estatística foram V-MAX, M-SOY 5942, BRS 133, Embrapa 48, BRS 245RR, CD 213RR e CD 216 no NN e BRS 133, CD 215, BRS 184, CD 214RR, Embrapa 48, CD 208, BRS 245RR, CD 213RR, BRS 232 e CD 202 no NR. Já entre as testemunhas formaram-se, respectivamente, cinco grupos para NN e três para NR pelo teste de Scott Knott a 5%. Desse modo, sobressaíram os testemunhas de V-MAX e M-SOY 5942 quanto ao NN e CD 213 RR e CD 202 quanto à superioridade estatística em termos de NR em relação às demais testemunhas avaliadas. De modo geral, o efeito positivo da prática de inoculação e aplicação de cobalto e molibdênio via foliar foi observado para o caráter NN nos

cultivares BRS 245RR, CD 213RR, CD 216, CD 202 e CD 201 e para o NR nos cultivares Embrapa 48, BRS 245RR e BRS 232, sendo verificado um incremento substancial de até 4,06 nós no cultivar CD 213RR e 2,19 ramos no cultivar Embrapa 48 (Tabela 3).

Analisando o PS (Tabela 4), nota-se que a testemunha do cultivar IAC 23 teve o maior valor médio (26,34 g), diferindo estatisticamente das demais. Contudo, entre os cultivares tratados não foram verificadas diferenças pelo teste de Scott Knott a 5%. Segundo Câmara (1998), o peso das sementes de soja varia muito, tendo os cultivares nacionais atualmente em uso apresentado valores entre 12 e 20 g, conforme cada um. Ainda em relação a essa característica, foram responsivos à inoculação e adubação foliar com cobalto e molibdênio os cultivares CD 208, BRS 245RR, CD 213RR e CD 201. Por outro lado, V-MAX, M-SOY 5942, BRS 133, CD 215, BRS 184, CD 214RR, Embrapa 48, CD 216, BRS 232 e CD 202 mostraram comportamento semelhante em relação à produção de sementes/planta. Ganhos em produção decorrentes da inoculação, em áreas já cultivadas com soja, são menos expressivos do que os obtidos em solos de primeiro ano de cultivo (Campos & Gnatta, 2006). Não obstante, têm-se observado ganhos médios de 4,5% no rendimento de grãos com a inoculação em áreas já cultivadas com essa

Tabela 3. Altura da planta na maturação (APM), altura de inserção da primeira vagem (AIV), número de nós (NN) e número de ramos (NR) em cultivares de soja em resposta à inoculação e pulverização foliar com cobalto e molibdênio, safra 2006/07.

CULTIVAR	APM ¹ cm		AIV ¹ cm		NN ¹ planta		NR ¹ planta	
	Tratamento – inoculação das sementes e aplicação de cobalto e molibdênio via foliar							
	Com ¹²	Sem ¹³	Com ¹²	Sem ¹³	Com ¹²	Sem ¹³	Com ¹²	Sem ¹³
V-MAX	62,09a C	63,75a E	9,22a D	9,25a B	12,10a A	12,33a A	2,45a B	2,46a C
M-SOY 5942	87,08a A	89,21a A	10,33a C	12,33a A	12,68a A	13,08a A	2,18a B	1,25a D
IAC 23	76,00a B	68,25b D	17,05a A	12,63b A	9,35b B	11,04a B	2,85b B	4,17a B
BRS 133	75,68b B	82,00a C	12,78a B	13,67a A	11,25a A	11,34a B	4,05a A	3,84a B
CD 215	77,45a B	81,25a C	12,75a B	13,50a A	9,70a B	9,79a C	3,93a A	3,21a C
BRS 184	86,35a A	84,58a A	10,50b C	14,38a A	10,43a B	10,09a C	4,23a A	3,54a B
CD 214RR	77,35a B	76,88a C	10,30a C	9,92a B	10,78a B	11,25a B	4,33a A	3,79a B
Embrapa 48	71,70a B	74,04a D	7,45b D	10,67a B	11,23a A	10,29a C	5,03a A	2,84b C
CD 208	85,23a A	83,13a A	10,43b C	13,50a A	10,85a B	11,21a B	4,35a A	3,29a C
BRS 245RR	76,80a B	69,71b D	12,38a B	13,25a A	11,75a A	9,88b C	4,70a A	2,96b C
CD 213RR	66,00a C	64,17a E	8,33a D	10,17a B	11,40a A	7,34b E	4,78a A	5,17a A
CD 216	83,03a A	79,17a C	9,70a C	7,96a B	11,65a A	10,34b C	3,30a B	3,58a B
BRS 232	74,45a B	72,50a D	9,28b D	12,79a A	10,45a B	9,17a D	5,05a A	3,13b C
CD 202	73,40a B	69,46a D	10,35a C	10,29a B	10,45a B	8,96b D	4,38a A	5,13a A
CD 201	79,05a B	77,63a C	11,30a C	13,50a A	10,45a B	8,83b D	3,40a B	3,67a B
Média	76,78a	75,71a	10,81b	11,85a	10,97a	10,33b	3,93a	3,47b
CV (%)	4,7886		13,6693		8,5319		20,2084	
F(Tratamento) (T)	2,541ns		13,641**		14,821**		11,591**	
F(Cultivar) (C)	30,211**		11,154**		9,491**		9,024**	
F(T x C)	2,230*		4,048**		4,603**		3,628**	

¹Médias originais seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si (Scott Knott $pd^{*}0,05$); ¹²com inoculação das sementes e aplicação de cobalto e molibdênio via foliar; ¹³sem inoculação e sem aplicação de cobalto e molibdênio – testemunha e**, *, ns = significativos a 1 e 5 e não significativo pelo teste F.

Tabela 4. Peso de sementes (PS), número de sementes (NS) e vagens (NV) em cultivares de soja em resposta à inoculação e pulverização foliar com cobalto e molibdênio, safra 2006/07.

CULTIVAR	PS ¹ g		NS ¹ planta		NV ¹ planta	
	Tratamento – inoculação das sementes e aplicação de cobalto e molibdênio via foliar					
	Com ²	Sem ³	Com ²	Sem ³	Com ²	Sem ³
V-MAX	15,46a A	14,17a C	90,61a B	83,83a C	43,89a C	38,50a C
M-SOY 5942	13,25a A	13,54a C	75,33a B	76,46a D	34,15a C	33,75a D
IAC 23	14,05b A	26,34a A	83,43b B	154,04a A	38,90b C	76,46a A
BRS 133	15,48a A	14,50a C	101,15a B	99,33a C	46,40a B	44,83a C
CD 215	12,85a A	11,79a C	86,98a B	77,84a D	42,08a C	39,63a C
BRS 184	17,05a A	16,17a C	106,35a A	93,75a C	56,68a B	49,58a C
CD 214RR	13,68a A	11,71a C	104,88a A	88,75a C	53,68a B	46,59a C
Embrapa 48	18,33a A	14,25a C	132,63a A	104,04a C	74,05a A	56,88b B
CD 208	17,90a A	12,38b C	117,98a A	87,38b C	51,78a B	42,17a C
BRS 245RR	16,10a A	7,92b D	107,85a A	59,67b D	49,75a B	27,50b D
CD 213RR	17,75a A	7,33b D	131,80a A	57,17b D	75,18a A	36,17b D
CD 216	13,25a A	11,34a C	86,03a B	72,63a D	35,85a C	32,50a D
BRS 232	16,55a A	12,67a C	90,63a B	66,46a D	50,60a B	36,63a D
CD 202	17,50a A	19,84a B	115,70a A	121,63a B	64,20a A	69,21a A
CD 201	13,78a A	8,75b D	88,70a B	53,79b D	39,45a C	25,25b D
Média	15,53a	13,51b	101,33a	86,45b	50,44a	43,71b
CV (%)	22,3311		21,5607		20,8884	
F(Tratamento) (T)	11,636**		16,217**		14,065**	
F(Cultivar) (C)	5,043**		4,959**		9,870**	
F(T x C)	5,031**		4,838**		5,476**	

¹Médias originais seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si (Scott Knott $pd^{*}0,05$); ²com inoculação das sementes e aplicação de cobalto e molibdênio via foliar; ³= sem inoculação e sem aplicação de cobalto e molibdênio – testemunha e **, *, ^{ns} = significativos a 1 e 5 e não significativo pelo teste F.

leguminosa (Embrapa, 2005). Como a soja é uma leguminosa introduzida e uma das poucas espécies que se associam com *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanni*, é pouco provável a ocorrência natural dessa bactéria em solos ainda não cultivados com soja. Entretanto, apesar da dificuldade de estabelecimento de novas estirpes de rizóbio em relação às nativas do solo (Evans, 2005), existe a possibilidade de algumas das estirpes introduzidas no solo, juntamente com as sementes ou por meio de inoculação artificial, sobreviverem e se naturalizarem (Lima *et al.*, 1998).

Destacaram-se apresentando os maiores valores médios quanto ao caráter NS os cultivares tratados BRS 184, CD 214RR, Embrapa 48, CD 208, BRS 245RR, CD 213RR e CD 202. Já entre os testemunhas, apenas o IAC 23, com 154,04 sementes/planta. Quanto ao NV entre os cultivares tratados sobressaíram o Embrapa 48, CD 213 RR e CD 202 e entre os testemunhas os cultivares IAC 23 e CD 202. Houve retorno à prática de inoculação e aplicação de cobalto e molibdênio nos cultivares CD 208, BRS 245RR, CD 213RR e CD 201 em termos de NS e em Embrapa 48, BRS 245RR, CD 213RR e CD 201 em relação ao NV (Tabela 4). Estes resultados obtidos para NV estão de acordo com Câmara (1998), o qual relatou que uma planta de soja pode produzir até 400 vagens, mas em média os cultivares brasileiros produzem de 30 a 80 vagens/planta.

CONCLUSÕES

Houve diferença entre os cultivares de soja quanto ao potencial de nodulação.

A maioria dos cultivares avaliados responde positivamente à prática da inoculação e adubação foliar com cobalto e molibdênio em V₅.

É importante proceder à inoculação das sementes, bem como à aplicação de cobalto e molibdênio via foliar em soja na região de Colina-SP, em área de reforma de pastagem.

REFERÊNCIAS

- Appunu C, Sen D, Singh MK & Dhar B (2008) Variation in symbiotic performance of *Bradyrhizobium japonicum* strains and soybean cultivars under field conditions. *Journal of Central European Agriculture*, 9: 185-190.
- Arrarás EA, Boiardi JL & Pastrana C (1986) Amplio espectro de nodulation de 2 cepas selectas de *Rhizobium japonicum* en 16 variedades de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). In: 12ª Reunión Latino Americana sobre *Rhizobium*, Campinas. Anais, IAC. p. 141-151.
- Bárbaro IM, Ticelli M, Silva GP, Araújo SC, Miguel FB, Silva JAA & Bárbaro-Junior LS (2006) Avaliação de soja (*Glycine max*) cultivar IAC-23 quanto a eficiência na fixação biológica de nitrogênio, em área de reforma de pastagem em Colina-SP. *Unimar Ciências*, 15: 63-70.

- Bizarro MJ (2008) Simbiose e variabilidade de estirpes de *Bradyrhizobium* associadas a cultura da soja em diferentes manejos de solo. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Santa Maria. Faculdade de Agronomia. 107p.
- Bohrer TRJ & Hungria M (1998) Avaliação de cultivares de soja quanto à fixação biológica do nitrogênio. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 33: 937-953.
- Broch DL & Ranno SK (2005) Efeito da aplicação de molibdênio e cobalto na produtividade da soja. In: XXVII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, Cornélio Procópio. Resumos, EMBRAPA SOJA, p.455-456.
- Brose E, Freire JRJ & Müller L (1979) Relações entre genótipos de soja (*Glycine max* [L.] Merrill), fixação simbiótica do nitrogênio e rendimento de grãos. Agronomia Sulriograndense, 15: 179-198.
- Caldwell BE & Vest G (1968) Nodulation interaction between soybean genotypes and serogroups of *Rhizobium japonicum*. Crop Science, 8: 680-682.
- Câmara GMS (1998) Soja: tecnologia e produção. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 293p.
- Campo RJ & Hungria M (2003) Avaliação de estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii* para a soja. In: 25ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, Uberaba. Anais, Londrina: EMBRAPA SOJA, p.161.
- Campo RJ, Hungria M, Sibaldeli RNR, Morais JZ & Miura LM (2003) Método alternativo para aplicação de inoculante na presença de micronutrientes e fungicidas. In: 25ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, Uberaba. Anais, Londrina: EMBRAPA SOJA, p.160.
- Campos BHC & Gnatta V (2006) Inoculantes e fertilizantes foliares na soja em área de populações estabelecidas de *Bradyrhizobium* sob sistema plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 30: 69-76.
- Carvalho FG, Selbach PA & Bizarro MJ (2005) Eficiência e competitividade de variantes espontâneos isolados de estirpes de *Bradyrhizobium* spp recomendadas para a cultura da soja (*Glycine max*). Revista Brasileira de Ciência do Solo, 29: 883-891.
- Döbereiner J & Arruda NB (1967) Interrelações entre variedades e nutrição na nodulação e simbiose da soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2: 475-487.
- Embrapa (2005) Tecnologia de produção de soja – região central do Brasil. Londrina, Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste: Fundação Meridional. 239p.
- Evans J (2005) An evaluation of potential *Rhizobium* inoculant strains used for pulse production in acidic soils of south-east Australia. Journal of Experimental Agriculture, 45: 257-268.
- Fagan EB, Medeiros SLP, Manfron PA, Cassoroli D, Simon J, Dourado Neto D, Van Lier QJ, Santos OS & Muller L (2007) Fisiologia da fixação biológica de nitrogênio em soja – revisão. Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia, 14:89-106.
- Ferreira DF (2000) Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: 45 Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, São Carlos. Anais, UFSCar. p. 255-258.
- Hungria M (1999) Características biológicas em solos manejados sob plantio direto. In: 5ª Reunión Bienal de la Red Latinoamericana de Agricultura Conservacionista, Florianópolis. Anais, Empresa de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural de Santa Catarina. CD ROM.
- Hungria M & Bohrer TRJ (2000) Variability of nodulation and dinitrogen fixation capacity among soybean cultivars. Biology and Fertility of Soils, 31: 45-52.
- Hungria M (2007) Desafios e perspectivas para a fixação biológica do nitrogênio. Disponível em: <http://www6.ufrgs.br/cbcs/trabalhos/simposios/simp_013.pdf>. Acessado em: 17 de março 2008.
- Lima SC, Lopes ES & Lemos EGM (1998) Caracterização de rizóbios (*Bradyrhizobium japonicum*) e produtividade da soja. Scientia Agrícola, 55: 360-366.
- Nicolás MF, Arias CAA & Hungria M (2002) Genetics of nodulation and nitrogen fixation in Brazilian soybean cultivars. Biology and Fertility of Soils, 36: 109-117.
- Nicolás MF, Hungria M & Arias CAA (2006) Identification of quantitative trait loci controlling nodulation and shoot mass in progenies from two Brazilian soybean cultivars. Field Crops Research, 95: 355-366.
- Pasqualli RM & Bortolini CG (2004) Incremento de produtividade da soja através da complementação com micronutrientes via semente e foliar. In: XXVI Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil. Ribeirão Preto. Resumos, EMBRAPA SOJA, p.118-119.
- Pavanelli LE & Araújo FF (2009) Fixação biológica de nitrogênio em soja em solos cultivados com pastagens e culturas anuais no oeste paulista. Bioscience Journal, 25: 21-29.
- Sadowsky MJ, Kosslak RM, Madrzak CJ, Golinska B & Cregan PB (1995) Restriction of nodulation by *Bradyrhizobium japonicum* is mediated by factors present in the roots of *Glycine max*. Applied and Environmental Microbiology, 61: 832-836.
- Santos MA dos, Nicolas MF & Hungria M (2006) Identificação de QTL associados à simbiose entre *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* e soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 41: 67-75.
- Sediyama T, Teixeira RC & Reis MS (2005) Melhoramento da soja. In: Borém A. Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa, UFV, p.553-603.
- Souza RA, Hungria M, Franchini JC, Chueire LMO, Barcellos FG & Campo RJ (2008) Avaliação qualitativa e quantitativa da microbiota do solo e da fixação biológica do nitrogênio pela soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 43: 71-82.
- Taiz L & Zeiger E (2004) Plant physiology. 3 ed. Sunderland, MA, Sinauer Associates. 792 p.
- Teixeira MR, Souza JA, Zito RK & Souza JA (2003) Efeito da aplicação de cobalto e molibdênio foliar e na semente com e sem inoculante na cultura da soja. In: 25ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, Uberaba. Anais, EMBRAPA SOJA, p.150-151.
- Tiritan CS, Foloni JSS, Sato AM, Mengarda CA & Santos DH (2007) Influência do molibdênio associado ao cobalto na cultura da soja, aplicados em diferentes estágios fenológicos. Colloquium Agrariae, 3: 01-07.
- Vargas MAT, Peres JRR & Suhett AR (1982) Fixação de nitrogênio atmosférico pela soja em solos de cerrado. Informe Agropecuário, 8: 20-23.
- Varela RG & Agudelo OD (1986) Influência de la distancia de siembra sobre la nodulacion de cuatro variedades de soya. In: 12ª Reunião Latino Americana sobre *Rhizobium*, Campinas. Anais, IAC. p. 300-315.
- Vernetti FJ (1971) Inoculação da soja. Pelotas: Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Instituto de Pesquisas Agropecuária do Sul, 31p. (Boletim Técnico, 75).
- Zenzen IL, Amarante L, Colares DS, Oliveira ML, Bernardi E, Costa ELG & Nascimento JS (2007) Nodulação em soja inoculada com diferentes estirpes de *Bradyrhizobium* sob alagamento. Revista Brasileira de Biociências, 5: 606-608.
- Zilli JE, Marson LC, Campo RJ, Gianluppi V & Hungria M (2006) Avaliação da fixação biológica de nitrogênio na soja em áreas de primeiro cultivo no cerrado de Roraima. EMBRAPA RORAIMA. 9p.