

Nº 19, jan/99, p.1-7

Métodos de Aplicação de Micronutrientes na Nodulação e na Fixação Biológica do N₂ em Soja

Rubens José Campo¹; Ulisses Brigatto Albino²; Mariangela Hungria¹

Alta produtividade de soja requer grandes quantidades de nitrogênio (N). A principal e a mais barata fonte de N para a soja é a da fixação simbiótica do N atmosférico (N₂), através da simbiose entre a soja e a bactéria denominada *Bradyrhizobium*. O molibdênio (Mo) tem importante participação em um dos componentes da nitrogenase que é a enzima capaz de reduzir o N₂ para amônia e o cobalto (Co) participa da formação da coenzima cobamida, catalizadora das reações bioquímicas de culturas de *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* e dos bacteróides que estão presentes nos nódulos das plantas leguminosas. Assim, esses elementos são essenciais para a eficiência do processo de fixação simbiótica do N₂, sendo importante fornecer, para a cultura da soja, uma nutrição adequada desses nutrientes.

Solos férteis, normalmente, suprem os micronutrientes necessários para a cultura da soja. Entretanto, a remoção desses nutrientes por cultivos sucessivos, processos de erosão, redução da matéria orgânica e presença de acidez pode levar à ocorrência de deficiências desses e outros micronutrientes essenciais.

O efeito positivo da aplicação de Mo na fixação biológica do N₂ e na soja foi observado em diversos trabalhos no entanto, outros resultados mostram efeitos tóxicos do Mo sobre a bactéria. O uso do Mo e Co na forma salina, nas sementes, afeta a sobrevivência da bactéria, a nodulação e a eficiência de fixação do N₂ pelo efeito osmótico causado pela utilização de sais como fonte desses elementos.

A aplicação de micronutrientes nas sementes de soja, juntamente com os inoculantes contendo *Bradyrhizobium*, sempre mereceu atenção de estudos sob as mais diversas condições. Os efeitos tóxicos desses elementos sobre as bactérias inoculadas têm sido relatados, principalmente, em condições controladas. Sob condições de campo, a toxicidade na bactéria inoculada ocorre com a mesma intensidade, mas ela tem recebido menor atenção porque a presença da bactéria no solo tem favorecido boas nodulação e fixação de N. Entretanto, para garantir boa nodulação nas raízes principais da soja, onde os nódulos possuem máxima eficiência de fixação de N₂, é necessária uma alta população da bactéria, na semente, permitindo assim a competição com as estirpes naturalizadas e a formação de uma boa nodulação. Por isso, é de suma importância que o método de inoculação garanta alta população da bactéria nas sementes por ocasião da semeadura.

¹ Engº Agônomo, Ph.D., Pesquisador da Embrapa Soja. Caixa Postal 231. CEP 86001-970. Londrina, PR.

² Biólogo, estudante de mestrado em Microbiologia da Universidade Estadual de Londrina - UEL e bolsista da CAPES.

PA/19, EMBRAPA-CNPSO, janeiro/1999, p.2

A recomendação atual de aplicação de micronutrientes nas sementes de soja é imediatamente antes da inoculação das sementes com o *Bradyrhizobium*. Como os micronutrientes são tóxicos quando em contato com a bactéria do inoculante, ocorrerá redução da população na semente, afetando a competição com as bactérias naturalizadas do solo, menos eficientes no processo de fixação simbiótica do N₂.

Atualmente existe, no mercado, um grande número de produtos contendo os principais micronutrientes que a soja necessita, entretanto, pouco se conhece sobre a compatibilidade desses com as estirpes de *Bradyrhizobium*. Além disso, outros métodos de aplicação de Mo poderiam ser a solução para evitar sua toxicidade ao *Bradyrhizobium*. Para isso, estes estudos objetivam conhecer a intensidade dos efeitos tóxicos dos diferentes micronutrientes sobre a bactéria, quando aplicados em conjunto às sementes, e buscar alternativas de aplicação desses produtos para que não reduzam a população da bactéria nas sementes.

O trabalho foi conduzido em dois locais no Estado do Paraná. Os experimentos para estudar doses, épocas e modos de aplicação de Mo foram instalados na estação experimental da Embrapa Soja, distrito de Warta, município de Londrina, PR, em solo Latossolo Roxo distrófico (LRd) que apresenta deficiência de Mo mas com população estabelecida de *Bradyrhizobium* de 1,6 x 10⁶ células/g de solo. Os experimentos para estudar os efeitos tóxicos dos diferentes micronutrientes sobre a bactéria foram conduzidos na área experimental da Embrapa Sementes Básicas (SPSB), Ponta Grossa, PR, em solo Latossolo Vermelho amarelo (LVa) que nunca tinha sido cultivado com soja e, por isso,

continha população de *Bradyrhizobium* inferior a 10 células/g de solo. As características químicas dos solos citados estão na Tabela 1. Esses solos receberam, em pré-semeadura a lanço, a adubação recomendada para a soja, em função da sua fertilidade. A população de *Bradyrhizobium* nos solos foi determinada pelo método do número mais provável com contagem em plantas de soja.

A cultivar de soja utilizada nos quatro experimentos foi a BR 37. A semeadura dos experimentos foi manual, com 25 a 30 sementes viáveis por metro linear, em parcelas experimentais com 4,0 m x 5,0 m e distanciadas em 1,0 m. As parcelas possuíam 10 linhas com 0,5 m de espaçamento. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com seis repetições. Aos 30 dias após a emergência, 10 plantas por parcela foram coletadas para avaliação da nodulação, da massa da parte aérea e do N total da parte aérea. A colheita da produção de grãos foi realizada nas seis linhas centrais de cada parcela, dispensando-se 1 m em cada cabeceira (área útil = 6,0 m²). Os dados de rendimento de grãos foram transformados para 13% de umidade. Os teores de N na matéria seca e nos grãos foram determinados pelo método espectrofotométrico do azul de indofenol. Os resultados foram analisados estatisticamente e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste "t", ao nível de 5% de significância.

Experimento 1 - Efeito da aplicação de micronutrientes sobre o *Bradyrhizobium* - solo LVa. Nesse experimento, os diversos produtos existentes no mercado que contêm Mo e Co foram comparados com a aplicação de Co+Mo, aplicados na forma

TABELA 1. Características químicas dos solos LRd de Londrina e LVa de Ponta Grossa (camadas de 0 a 20 cm) onde foram instalados os experimentos. Embrapa Soja. 1998.

Solos	pH CaCl ₂	Al	K	Ca	Mg	H+Al	Al	C	P
		cmol _c /kg					g/kg		mg/kg
LRd	4,64	0,00	0,85	5,71	1,79	4,64	0,00	16,7	12,8
LVa*	5,20	0,00	0,24	1,55	1,45	4,21	0,00	21,3	2,2

* Ao solo LVa fez-se um adubação corretiva de 150 kg de K₂O (KCl) e 150 kg de P₂O₅ (superfosfato triplo).

PA/19, EMBRAPA-CNPSO, janeiro/1999, p.3

salina nas sementes e em pulverização foliar aos 30 dias após emergência. Este experimento ficou constituído dos seguintes tratamentos: 1. Sem Inoculação (SI); 2. SI + 200 kg de N/ha, aplicados em duas vezes, sendo 100 kg N na semeadura e 100 kg de N em cobertura na floração; 3. SI com Co + Mo, sendo 5 g/ha de Co ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) e 20 g/ha de Mo ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Os sais foram diluídos em 6 ml de solução açucarada a 10% e aplicados em 1 kg de sementes; 4. Inoculação padrão (IP): 1 kg de sementes foram umedecidas com 6 ml de solução açucarada a 10% e aplicaram-se 12g de inoculante turfoso; 5. IP + Co + Mo, por aplicação foliar, tratamento 3, no dobro da dose, via aplicação foliar, aos 30 dias após emergência; 6. IP + Co + Mo (tratamento 3, aplicado na semente); 7. IP + o micronutriente Nódulos (10% de Mo, 1% de Co, 1% de S, 1% de Ca e 0,2% de Fe). As sementes foram umedecidas com 6 ml de solução açucarada a 10% e o produto aplicado na dose de 20 g de Mo por 80 kg de semente; 8. IP + micronutriente Grap RF 48 (10% de Mo, 1% de Co, 21% de Zn e 1,5% de B), idem tratamento 7; 9. IP + micronutriente Tegram (Rhodia). Produto contendo Mo, Co e fungicida (teores desconhecidos), idem tratamento 7; 10. IP + micronutriente Legumol (8,0% de Mo, 0,7% de Co, 5,0% de Zn, 0,5% de B, 0,5% de Cu e 0,1% de Mn), idem tratamento 7; 11. IP + micronutriente Cofermol pó (10,63% de Mo, 1,22% de Co e 0,20% de Fe), idem tratamento 7; 12. IP + micronutriente CoMol (5,0% de Mo e 1,0% de Co), umedecer as sementes com 6,0 ml/kg semente do produto e aplicar o inoculante.

Experimento 2 - Métodos e épocas de aplicação de Mo - solo LRd. Nesse experimento, foram avaliados diferentes modos de aplicação de Mo, comparando a aplicação de Mo nas sementes com diversos outros modos de aplicação. Este estudo tem o objetivo de determinar a maneira mais correta de aplicar Mo na soja, sem afetar a sobrevivência da bactéria na semente. O experimento ficou então constituído dos seguintes tratamentos: 1. Sem inoculação (SI); 2. SI + Mo na semente

($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); 3. Inoculação padrão (IP) + N; 4. IP + Mo na semente; 5. Semente rica em Mo (7,6 µg de Mo/g de semente) + IP; 6. IP + Mo no solo com o herbicida em pré-emergência; 7. IP + Mo no solo sem o herbicida em pré-emergência; 8. IP + o herbicida em pré-emergência; 9. IP + Mo no solo com o herbicida em pós-emergência; 10. IP + o herbicida em pós-emergência; 11. IP + Mo aplicado com baculovírus; 12. IP + Mo aplicado com inseticida.

Experimento 3 - Semente rica em Mo - solo LRd.

O experimento foi instalado na área experimental da Embrapa Soja, no mesmo local do experimento anterior, com o objetivo de avaliar se a soja apresenta resposta à aplicação de Mo mesmo quando é usada a semente rica. Foram usadas sementes com diferentes teores de Mo e classificadas como baixos, médios e altos teores de Mo, em um experimento fatorial com quatro doses de Mo [0, 10, 20 e 40 g de Mo ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)] aplicadas em 80 kg de sementes. As sementes pobres em Mo foram colhidas em áreas que respondem ao Mo, mas que não foram adubadas com Mo e apresentaram teores de Mo não detectados nas análises. As sementes com médios teores de Mo foram colhidas em áreas que respondem a Mo e que foram adubadas com Mo, 20 g de Mo/ha, aplicados nas sementes. Essas sementes apresentaram teores de Mo de 0,25 µg de Mo/g de semente. As sementes ricas em Mo foram as produzidas em casa-de-vegetação de plantas que receberam adubação foliar de 800 g de Mo/ha, aplicados no enchimento de grãos. Essas sementes apresentaram teores de Mo de 7,6 µg de Mo/g de semente.

Experimento 4 - Efeito da aplicação conjunta do Mo e do Co na produtividade da soja - solo LRd.

Esse experimento foi instalado no mesmo local e metodologia do experimento anterior, tendo o objetivo avaliar o efeito da aplicação do Mo e Co e ambos na eficiência de fixação de N e na produtividade da soja. O experimento foi constituído dos seguintes tratamentos: 1. Sem inoculação; 2.

PA/19, EMBRAPA-CNPSO, janeiro/1999, p.4

Inoculação padrão (IP); 3. IP + Co (5 g/ha de Co como $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$); 4. IP + Mo (20 g/ha de Mo como $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); 5. IP + (Co+Mo) nas sementes, 5 g de Co e 20 g de Mo por ha usando, como fonte de Co e Mo, o $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ e o $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Resultados preliminares

Experimento 1 - Em Ponta Grossa, as testemunhas sem inoculação, sem inoculação + N e sem inoculação + (Co+Mo) apresentaram número de nódulos ao redor de um nódulo por planta (Tabela 2). Isso mostra que esse solo era desprovido de *Bradyrhizobium*. Essa nodulação de, aproximada-mente, um nódulo por planta deve ter sido proveniente da contaminação natural que a semente possui já que não foi desinfestada. Assim, a nodulação obtida para os diferentes tratamentos deve-se ao inoculante utilizado. O tratamento com a inoculação padrão (IP) apresentou,

em média, 9,2 nódulos por planta. Os tratamentos IP + (Co+Mo) na forma de sal, IP + Grap RF 48, IP + Tegram, IP + Legumol e IP + Cofermol pó, não diferiram do tratamento IP, indicando baixo efeito tóxico dessas fontes de Mo e Co. Os tratamentos IP + o micronutriente nódulos e IP + CoMol apresentaram nodulação inferior ao tratamento IP, mostrando que esses produtos foram tóxicos ao *Bradyrhizobium*. Os produtos Grap RF 48 e, especialmente, o Cofermol pó foram os menos tóxicos, apresentando redução de nodulação de 4,3% e 0,0%, respectivamente. Aparentemente, não se observou correlação entre a produtividade de grãos e a nodulação porque, em sendo um solo de primeiro cultivo, a fixação biológica do N_2 é sempre menos eficiente do que nos solos cultivados com soja. Esse solo, de vegetação de campos nativos e de alta acidez, possuía elevado acúmulo de material orgânico, cuja mineralização causada pela aplicação

TABELA 2. Efeito da inoculação da soja, cultivar BR 37, e da aplicação de micronutrientes, em diversas fontes, na redução da nodulação e no rendimento de grãos. Experimento conduzido em Ponte Grossa, PR, safra 97/98, solo LVa, com população de *Bradyrhizobium* $\leq 10^2$ células por g de solo. Média de seis repetições. Embrapa Soja. 1998.

Tratamentos	Nodulação (10 plantas)		Grãos
	Número	Redução (%)	Rend. ⁶ kg.ha ⁻¹
Sem Inoculação (SI)	12	—	3362
200 kg de N ¹	9	—	3692
SI + Co+Mo ²	13	—	3147
Inoculação Padrão ³ (IP)	92	0,0	3471
IP + Co+Mo foliar ⁴	114	—	3356
IP + Co+Mo semente	78	15,2	3190
IP + Biosoja	74	19,6	3207
IP + Agrocete	88	4,3	3690
IP + Tegram	82	10,9	3456
IP + Legumol - Nitral	79	14,1	3445
IP + Cofermol pó	108	0,0	3413
IP + CoMol -BASF	72	21,7	3334
C.V (%)	25,9	—	8,3
DMS 5% ⁵	15	—	229

¹ N aplicado como uréia, sendo 50% na semeadura e 50% na floração.

² $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 5g de Co + $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 20g de Mo por ha (80 kg de semente).

³ 300 ml de água açucarada mais 500g (para 50 kg de semente) de inoculante turfoso, estirpes (SEMIA 587 + SEMIA 5019), com uma população de $1,7 \times 10^{10}$.

⁴ Mo e Co aplicado via foliar, mesma fonte da semente mas com o dobro da dose.

⁵ DMS - Diferença entre médias de dois tratamentos cujo valor é superior aos valores dessa linha para cada coluna, indica que os tratamentos são diferentes entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste "t".

⁶ Rendimento corrigido para 13% de umidade.

PA/19, EMBRAPA-CNPSO, janeiro/1999, p.5

do calcário, disponibilizou grande quantidade de N e este, como é sabido, afetou a eficiência do processo de fixação biológica do N_2 .

Experimento 2 - Concomitantemente outro experimento foi instalado em Londrina, PR, em solo com população estabelecida de *Bradyrhizobium*, para testar outros métodos de aplicação de Mo, em comparação com aplicação na semente. Na Tabela 3, verifica-se que somente o tratamento com N mineral afetou significativamente ($P \leq 0,5$) o número de nódulos. Com relação à massa de nódulos secos, os tratamentos IP + N, sem inoculação e dois dos tratamentos onde foi aplicado o Mo no solo, IP + Mo no solo com ou sem o herbicida em pré-semeadura, apresentaram massa de nódulos secos inferior ao tratamento IP + Mo na semente. O tratamento IP + semente rica em Mo apresentou altos nodulação, número e massa de nódulos secos.

Esse resultado mostra que o efeito tóxico do Mo é direto na bactéria (osmose ou pelo pH) e não indireto, porque as sementes com altos teores de Mo apresentaram maiores número e tamanho de nódulos. As sementes enriquecidas com Mo apresentaram teores de Mo de 7,6 μg de Mo/g de semente, enquanto que as sementes usadas nos demais tratamentos apresentaram teores de Mo de 0,14 μg de Mo/g de semente. Análises comparativas do vigor e a da emergência dessas sementes mostraram que as sementes ricas em Mo apresentavam vigor de 83 % e emergência de 85,5%, enquanto que as sementes pobres em Mo apresentaram valores de 78% e 77,5%, respectivamente. Assim, para a cultivar Br 37, o enriquecimento das sementes com Mo proporcionou às sementes maiores vigor e emergência e à planta melhor nodulação. Com relação ao rendimento de grãos, apesar do veranico sofrido pela soja no período de enchimento de grãos,

TABELA 3. Efeito da aplicação de Mo, sob diversas formas, e da inoculação da soja, cultivar BR 37, no número e na massa de nódulos secos e no rendimento de grãos. Experimento conduzido em Londrina, PR, safra 97/98, solo LRd, com população de *Bradyrhizobium* de $4,3 \times 10^4$ células/g de solo. Média de seis repetições. Embrapa Soja. 1998.

Tratamentos	Nodulação (10 plantas)		Grãos
	Número	Massa seca (mg)	Rend. ⁶ kg.ha ⁻¹
Sem inoculação	150	230	2720
Sem inoculação + Mo	160	290	3254
Inoculação padrão (IP) ¹ + N ²	90	110	3349
IP + Mo na semente ³	150	290	3137
IP + semente rica em Mo	210	460	3293
IP + Mo solo com herbicida pré ⁴	150	230	2859
IP + Mo solo sem herbicida pré	140	220	2820
IP + herbicida pré	160	250	2451
IP + Mo solo com herbicida pós	160	260	3148
IP + herbicida pós	180	270	2414
IP + Mo aplicado com baculovírus	170	300	3119
IP + Mo aplicado com inseticida	150	270	3243
C.V.	17,6	19,3	8,8
DMS 5% ⁵	23	41	213

¹ 300 ml de água açucarada mais 500g (50 kg de semente) de inoculante turfoso, estirpes (SEMIA 587 + SEMIA 5019), com uma população de $1,7 \times 10^{10}$.

² N aplicado como uréia, sendo 50% na semeadura e 50% aos 35 dias após emergência.

³ $\text{Na}_2\text{Mo}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 20g de Mo + por 80 kg de semente.

⁴ $\text{Na}_2\text{Mo}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 40g de Mo.

⁵ DMS - Diferença entre médias de dois tratamentos cujo valor é superior aos valores dessa linha para cada coluna, indica que os tratamentos são diferentes entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de "t".

⁶ Rendimento corrigido para 13% de umidade.

PA/19, EMBRAPA-CNPSO, janeiro/1999, p.6

verifica-se que todos os tratamentos sem Mo, ou aqueles em que o Mo foi aplicado ao solo, apresentaram produtividades de grãos inferiores ao tratamento com Mo na semente. Por outro lado, todos os tratamentos em que o Mo foi aplicado via foliar foram semelhantes ao tratamento com Mo na semente, o qual não diferenciou do tratamento com sementes ricas. Assim, demonstrando que é possível substituir a aplicação do Mo na semente pela pulverização foliar, que também pode ser realizada em conjunto com o herbicida em pós-emergência ou com o baculovírus ou com o inseticida. Fica a dúvida, no entanto, de como seria a produtividade de um tratamento usando a semente rica em Mo com uma dose adicional de Mo aplicado via semente ou via pulverização foliar.

Experimento 3 - Pelos resultados observados na Tabela 4, verifica-se que as sementes com maiores teores de Mo apresentaram, em média, resultados de nodulação e produtividade de grãos superiores aos outros dois tipos de sementes. Assim, confirmando os resultados do experimento anterior, sementes com teores maiores de Mo nodulam melhor do que as sementes com teores baixos de Mo. Dessa forma, práticas que elevam o teor de Mo nas sementes podem ser estratégicas para aumentar a eficiência de fixação de N_2 em soja e, por consequência, sua produtividade. Verifica-se ainda, na Tabela 4, que os três tipos de sementes, mas especialmente as com maior teor de Mo, mostraram tendência de, ainda, apresentar resposta à aplicação de Mo. Isso indica que o enriquecimento dessas

TABELA 4. Efeito do uso de sementes de soja, cultivar BR 37, com diferentes teores de Mo e de níveis de Mo, aplicados na semente, no número e na massa de nódulos secos e no rendimento de grãos. Experimento conduzido em Londrina, PR, safra 97/98, solo LRd, com população de *Bradyrhizobium* de $4,3 \times 10^4$ células/g de solo. Média de seis repetições. Embrapa Soja. 1998.

Tratamentos ¹	Nodulação (10 plantas)		Grãos
	Número	massa seca (mg)	Rend. ⁴ kg.ha ⁻¹
Semente rica em Mo ² + 0,0 g Mo.ha ⁻¹	230	350	3378
Semente rica em Mo + 10 g Mo.ha ⁻¹	240	430	3508
Semente rica em Mo + 20 g Mo.ha ⁻¹	210	330	3641
Semente rica em Mo + 40 g Mo.ha ⁻¹	200	350	3102
Média semente rica em Mo*	220	365	3407
Semente c/Mo médio + 0,0 g Mo.ha ⁻¹	190	280	3049
Semente c/Mo médio + 10 g Mo.ha ⁻¹	180	230	3217
Semente c/Mo médio + 20 g Mo.ha ⁻¹	190	240	3045
Semente c/Mo médio + 40 g Mo.ha ⁻¹	180	310	3306
Média semente c/ médio Mo*	185	265	3154
Semente pobre em Mo + 0,0 g Mo.ha ⁻¹	200	260	2766
Semente pobre em Mo + 10 g Mo.ha ⁻¹	200	280	3075
Semente pobre em Mo + 20 g Mo.ha ⁻¹	170	230	3020
Semente pobre em Mo + 40 g Mo.ha ⁻¹	180	290	3129
Média semente pobre em Mo*	188	265	2998
C.V.	15,7	23,9	10,1
DMS 5% ³	25,3	58,3	262

¹ Todos os tratamentos foram inoculados: 300 ml de água açucarada mais 500g (50 kg de semente) de inoculante turfoso, estirpes (SEMIA 587 + SMIA 5019), com uma população de $1,7 \times 10^{10}$ /g turfa.

² Mo aplicado na semente na forma de $Na_2MoO_4 \cdot 6H_2O$.

³ DMS - Diferença entre médias de dois tratamentos cujo valor é superior aos valores dessa linha para cada coluna, indica que os tratamentos são diferentes entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de "t".

⁴ Rendimento corrigido para 13% de umidade.

PA/19, EMBRAPA-CNPSO, janeiro/1999, p.7

sementes em Mo ainda não foi suficiente para dispensar uma complementação com Mo.

Experimento 4 - Na safra anterior, 96/97, verificaram-se aumentos de produtividade, devido à adição de Co + Mo, de 44,2 %. No entanto, desconhecia-se a informação sobre se este aumento era devido aos dois nutrientes ou a um deles isoladamente. Por isso, um experimento adicional foi instalado na safra 97/98, para separar esses efeitos. Apesar dos prejuízos causados pelo veranico, reduzindo os patamares de produtividade, observa-se, nos dados apresentados (Tabela 5), que não só o Mo, mas também o Co foram os responsáveis por aqueles aumentos de produtividade. A inoculação das sementes sem adição de Co e Mo aumentou em 5% o rendimento da soja. Comparando as aplicações dos micronutrientes com a IP, observa-se que: (a) a adição do Co, sozinho, causou redução de 6% no rendimento da soja; (b) a adição do Mo, sozinho, aumentou a produtividade em 6%; e (c) a adição do Co + Mo aumentou o rendimento da soja em 20%. Isso sugere efeito sinérgico dos nutrientes sobre a eficiência de fixação de N_2 , já que o tratamento com 200 kg de N apresentou produtividade 26% superior ao tratamento com IP, indicando que o N limitou a produtividade da soja. É importante ressaltar que as sementes de soja usadas para este experimento continham baixos teores de Mo, 0,14 $\mu\text{g/g}$ de semente, o que deve ter, provavelmente, causado a baixa eficiência de fixação biológica do N_2 observada nos tratamentos que não receberam N mineral.

TABELA 5. Resposta da soja, cultivar BR 37, à aplicação de Co e Mo na semente. Experimento conduzido em Londrina, PR, safra 97/98, solo LRD, com população de *Bradyrhizobium* de $4,3 \times 10^4$ células/g de solo. Média de seis repetições. Embrapa Soja. 1998.

Tratamentos	Rendimento de grãos ⁵	
	kg.ha ⁻¹	(%)
Sem inoculação padrão	2310	95
Inoculação padrão (IP) ¹	2420	100
IP + Co	2277	94
IP + Mo	2562	106
IP + (Co + Mo) ²	2912	120
IP + 200 kg de N ³	3051	126
C.V.	11,0	—
DMS 5% ⁴	249	—

¹ 300 ml de água acucarada mais 500g (50 kg de semente) de inoculante turfoso, estirpes (SEMIA 587 + SEMIA 5019), com uma população de $1,7 \times 10^{10}$ /g turfa.

² $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 5g de Co + $\text{Na}_2\text{Mo}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 20g de Mo por ha (80 kg de semente).

³ N aplicado por ha, tendo como fonte a uréia, 50% na semeadura e 50% 35 dias após emergência.

⁴ DMS - Diferença entre médias de dois tratamentos cujo valor é superior aos valores dessa linha para cada coluna, indica que os tratamentos são diferentes entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste "t".

⁵ Rendimento corrigido para 13% de umidade.

Considerações finais

Com base nos resultados do estudo em andamento, pode-se considerar preliminarmente que:

- os produtos micronutrientes aplicados na semente, para suprir as necessidades de Mo e Co, reduzem a nodulação da soja de 0% a 21,7%;
- a soja não responde à aplicação de Mo no solo;
- a eficiência de aplicação do Mo via foliar sozinha, com o herbicida, com o baculovirus, ou com o inseticida, é igual à aplicação do Mo na semente;
- o uso de sementes ricas em Mo possibilita incrementos significativos de produtividade; e
- há efeito sinérgico positivo pela aplicação conjunta de Mo e Co, na eficiência de fixação biológica do N_2 .

