



RESPOSTA DA SOJA INOCULADA A DIFERENTES DOSES DE MOLIBDÊNIO

Rafael Leibante Polvani¹, José de Castro Pinto¹, Anny Rosi Mannigel², Humberto M. Moreski³

RESUMO: Foi avaliado o efeito do Molibdênio na nodulação da soja, quantidade e tamanho dos nódulos, com isso a interferência na produtividade, peso de 100 sementes, número de vagens e diâmetro de caule. O experimento foi conduzido em Maringá-PR na fazenda BIOTEC – CESUMAR, o solo é LATOSSOLO Vermelho, no plantio a semente foi inoculada com bradyrhizobium conforme a recomendação do fabricante, as aplicações de Mo foram realizadas entre os estádios V3 e V5 com dosagens de 0, 10, 20, 30 e 40 g.ha⁻¹. Os resultados observados foram que o Mo interferiu no desenvolvimento da nodulação, aumentando seu diâmetro e massa, mas diminuiu em número de nódulos, teve um aumento no peso de 100 grãos, número de vagens e diâmetro de caule, a melhor dosagem observada foi de 30 g.ha⁻¹ de Mo.

PALAVRAS-CHAVE: Molibdênio; Nodulação; Produtividade.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil figura entre os três maiores produtores de soja do mundo. A área plantada na safra 2007/2008 foi de 21.313.000 ha, com produtividade média de 2.816 kg.ha⁻¹, totalizando 60.017.400 toneladas de grãos (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2008).

Entre as leguminosas (grãos em vagem), a soja se destaca por seu alto valor nutricional, contendo proteínas, algumas vitaminas e minerais em quantidades superiores a outros grãos. A quantidade de proteína presente no grão de soja (cerca de 30 a 40%) é bastante superior às demais leguminosas (como feijão, ervilhas etc). O grão, rico em proteínas e minerais, como ferro, cálcio, potássio, fósforo e vitaminas do complexo B, possui também um composto chamado isoflavonas. Seu consumo está associado à redução do risco de câncer, osteoporose, doenças cardiovasculares e ainda redução dos sintomas da menopausa (LOPES, 2003).

¹ Acadêmicos do Curso de Agronomia do Centro Universitário de Maringá – Cesumar – Maringá – Paraná. Programa de Iniciação Científica do Cesumar (PICC). rafa_polvani@hotmail.com, castroagropecuaria@hotmail.com

² Orientadora e docente do Curso de Agronomia do Centro Universitário de Maringá – Cesumar. anny.mannigel@cesumar.br

³ Co-orientador e docente do Curso de Agronomia do Centro Universitário de Maringá – Cesumar. humberto.moreski@cesumar.br



A bactéria Rizóbio é heterotrófica com capacidade de formar nódulos simbióticos nas raízes de plantas, principalmente as da família leguminosa, fixando nitrogênio atmosférico, que é utilizado pela planta. Essa associação do rizóbio nas raízes das plantas é chamado de simbiose, um termo que define um tipo de relação benéfico entre os dois “planta e bactéria” (EMBRAPA, 2005).

O Rizóbio utiliza os carboidratos provenientes da fotossíntese da planta hospedeira para gerar a energia necessária para promover o processo de fixação biológica de nitrogênio. Por outro lado, a planta beneficia-se do nitrogênio fixado pela bactéria na síntese de suas proteínas (EMBRAPA, 2002).

O molibdênio (Mo) é um elemento encontrado em toda a crosta terrestre, principalmente em solos provenientes de rochas sedimentares (Bataglia et al.,1976). Porém, sua concentração no solo é sempre baixa, excedendo 0,04% somente em depósitos marinhos (Gupta & Lipsett, 1981).

Segundo Tong & Sadowsky (1994), doses altas de Mo afetam o Bradyrhizobium, podendo diminuir o número de células viáveis na superfície da semente e prejudicar a nodulação e a FBN, refletindo negativamente na produtividade. Mas quando ocorre a deficiência, a fixação biológica é prejudicada, tendo em vista que este nutriente faz parte da enzima nitrogenase responsável pelo processo da fixação (Marschner,1986).

Segundo Farias (2004) o Molibdênio é indispensável para a eficiência da fixação biológica do nitrogênio (FBN), sendo tecnicamente recomendada sua aplicação em valores de 12 a 30 g.ha⁻¹, podendo ser aplicado através de pulverização foliar, nos estádios de desenvolvimento de V3 a V5 ou via tratamento das sementes, embora só se tenha obtido respostas positivas com concentrações superiores a 100 g.ha⁻¹.

Em razão da sua grande importância no processo de FBN, o molibdênio é, dentre os micronutrientes exigidos pela soja, o que apresenta resposta mais frequente e consistente na produtividade, não sendo exportado pelos grãos em grande quantidade (Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso - Fundação MT, 2004)

Doses corretas na aplicações foliares de molibdênio é uma técnica pouco estudada, com relação ao efeito da aplicação foliar de Mo durante o processo de maturação, com o objetivo de encontrar a dosagem mais adequada que melhore a produtividade e a qualidade fisiológica da planta. Desse modo, neste trabalho, foram



avaliadas a produtividade e a qualidade fisiológica da planta de soja provenientes de plantas submetidas à adubação foliar com Mo durante o processo de maturação V3 a V5.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado no município de Maringá-PR na fazenda BIOTEC – CESUMAR em um LATOSSOLO Vermelho em uma área de 1.000m², na análise de solo apresentou teores razoáveis conforme a quantidade dos nutrientes recomendados para soja.

A cultura anterior nessa are era de milho safrinha, a variedade de soja cultivada foi CODETEC 255 RR, foi efetuado o tratamento por Derosol a 60ml/kg e inoculada com *Bradyrhizobium* pelo produto inoculante turfoso Masterfix Soja, com dosagem de 200g/50kg de semente , o tipo de plantio foi direto, no dia 14/11/2011 com 400 kg.ha¹ de adubação de formulado 00-20-20 e profundidade de semente de 3cm. Optamos por não adubar com fertilizantes nitrogenados para que não haja alteração no processo de fixação de N pela bactéria, uma vez que a planta preferencialmente irá absorver esse nutriente disponível no solo, realizando a simbiose em segundo plano.

Assim que apresentou ataques por lagarta no estágio V3, aplicamos o produto Certoiro a 60ml/ha⁻¹ para o controle, e no V4 com Roundup para o controle de plantas invasoras.

O delineamento empregado foi de blocos casualizados, 5 tratamentos com a testemunhas e 4 repetições, as parcelas eram compostas de 11 linhas de 4 metros cada e espaçamento de 0,45 m, foram semeados 18 sementes por metro linear, algumas linhas apresentaram alterações na população de plantas então foi preciso ralear as que não continham 18 sementes por metro linear . A irrigação utilizada foi por aspersão sendo utilizada apenas 2 dias antes do plantio, durante o ciclo da cultura a planta sofreu estres hídrico, mas optamos por na realizar a irrigação para ter um resultado mais próximo da realidade da maioria dos casos no campo.



Entre os estádios V3 e V5, aplicamos uma adubação foliar com Molibdênio nas dosagens de 0, 10, 20, 30 e 40 g.ha⁻¹ através de uma bomba costal, percorrendo cada linha das parcelas com o tempo de caminhada já pré-definida por testes anteriores para que haja o máximo de precisão possível.

Para a coleta das amostras, foram consideradas apenas as 9 linhas centrais, não sendo utilizadas as 2 linhas das bordaduras em cada parcela.

No estádio R6, coletou-se 3 plantas de cada parcela para efetuar lavagem das raízes e contagem dos nódulos essas plantas coletadas foram de forma aleatórias dentro das 9 linhas utilizáveis. No ciclo final da cultura foram coletadas 5 plantas de cada parcela do mesmo modo que foram coletados anteriormente e observou-se o diâmetro de caule, medido por uma fita métrica, número de vagens, peso de 100 sementes, utilizando uma balança de precisão e através da correção da diferença de umidade de cada parcela e por regra de três simples, foi calculado a produtividade por hectare.

A média dos resultados foram comparadas pelo teste de Análise de variância e Tukey.

2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A melhor dosagem observada foi de 20 g.ha¹ de Mo, apesar da quantidade de nódulos ter diminuído conforme foi aumentada a dosagem, observamos que houve uma melhora no desenvolvimento e tamanho dos nódulos, o que demonstra que a dosagem 20 g.ha¹ de Mo foi a mais eficiente na fixação biológica de Nitrogênio (Gráfico 1). Houve um ganho no número de vagens por planta, enquanto a testemunha apresentava em quase todas as vagens 2 grãos, na dosagem de 20 g.ha¹, 30 g.ha¹ e 40 g.ha¹ ocorreram muitas plantas com 3 e até 4 grãos por vagens, isso contribuiu para a produtividade final.

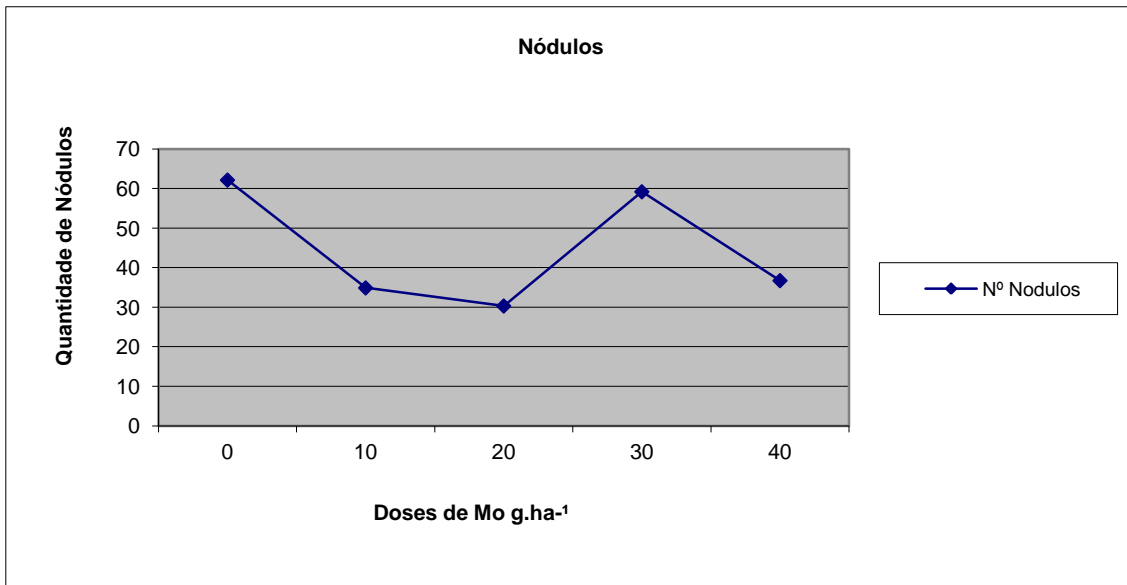


Gráfico 1 - Quantidade de nódulos conforme as dosagens de Molibdênio

Foi observado que na testemunha a quantidade de nódulos era maior mas os nódulos eram minúsculos, enquanto com o aumento das dosagens de Mo, o diâmetro dos nódulos eram até 4 vezes maior, como dito acima, pressupondo que o Mo propiciou melhor desenvolvimento dos nódulos e nódulos mais eficientes pois o Mo faz parte da enzima nitrogenase conforme Marschner (1986), esse pressuposto foi comprovado pelos resultados das tabelas abaixo onde mostram claramente ganhos no desenvolvimento da planta e na produtividade.



Variável analisada: N° Nódulos

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|------------|------------------------|------------|-------|--------|
| Doses | 4 | 3512.300000 | 878.075000 | 5.186 | 0.0116 |
| Blocos | 3 | 294.550000 | 98.183333 | 0.580 | 0.6393 |
| erro | 12 | 2031.700000 | 169.308333 | | |
| Total corrigido | 19 | 5838.550000 | | | |
| CV (%) = | 29.14 | | | | |
| Média geral: | 44.6500000 | Número de observações: | 20 | | |

Regressão para a FV Doses

Média harmonica do número de repetições (r): 4

Erro padrão de cada média dessa FV: 6,50592678511934

b1 : X

Modelos reduzidos sequenciais

| Parâmetro | Estimativa | SE | t para H0: Par=0 | Pr> t |
|-----------|------------|------------|---------------------|--------|
| b0 | 49.750000 | 5.03946922 | 9.872 | 0.0000 |
| b1 | -0.255000 | 0.20573547 | -1.239 | 0.2389 |

R² = 7.41%

Valores da variável

| independente | Médias observadas | Médias estimadas |
|--------------|-------------------|------------------|
| 0.000000 | 62.000000 | 49.750000 |
| 10.000000 | 34.750000 | 47.200000 |
| 20.000000 | 30.250000 | 44.650000 |
| 30.000000 | 59.250000 | 42.100000 |
| 40.000000 | 37.000000 | 39.550000 |

Somas de quadrados seqüenciais - Tipo I (Type I)

| Causas de Variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | Fc | Pr>F |
|--------------------|------|-------------|-------------|-------|-------|
| b1 | 1 | 260.100000 | 260.100000 | 1.536 | 0.239 |
| Desvio | 3 | 3252.200000 | 1084.066667 | 6.403 | 0.008 |
| Erro | 12 | 2031.700000 | 169.308333 | | |

Figura 1 – Análise de variancia dos nódulos

No teste de Tukey, os resultados das quantidades de nódulos não foram significativos, com um CV de 29% e FV de 0.6%, provavelmente devido a grande variação



na dosagem de 30 g.ha¹, esse resultado fora do padrão deve ter ocorrido devido a fatores externos como manchas de solo mais férteis, mas foi observado que na testemunha a quantidade era maior mas os nódulos eram minúsculos, enquanto com o aumento das dosagens de Mo, o diâmetro dos nódulos eram até 4 vezes maior, como dito acima, pressupondo que o Mo propiciou melhor desenvolvimento dos nódulos e nódulos mais eficientes pois o Mo faz parte da enzima nitrogenase conforme Marschner (1986), esse pressuposto foi comprovado pelos resultados das tabelas abaixo onde mostram claramente ganhos no desenvolvimento da planta e na produtividade.

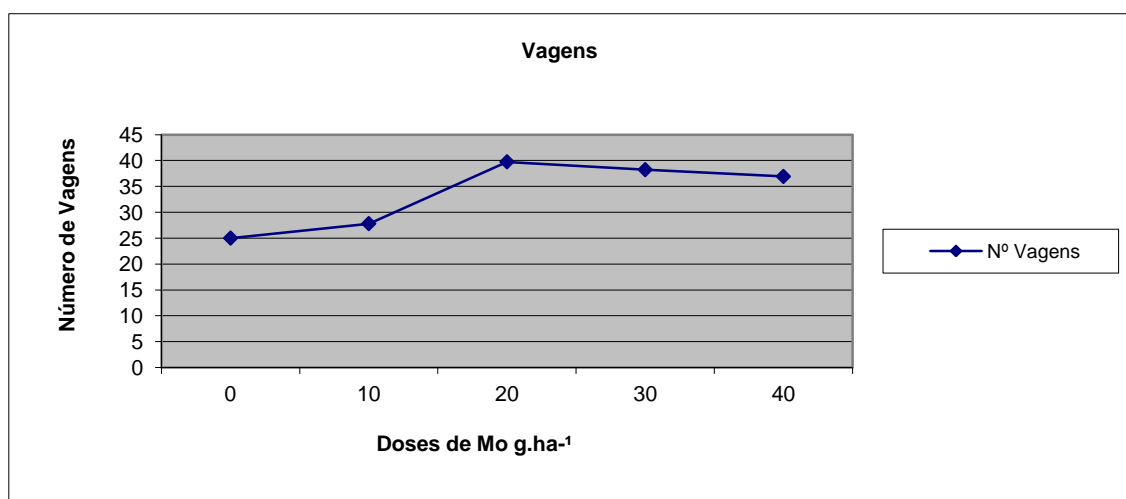


Gráfico 2 - Quantidade de vagens conforme as dosagens de Molibdênio

Conforme se observa no Gráfico 2, com o aumento da dosagem de Mo, houve um ganho significativo na quantidade de vagens por planta e a partir de 20 g.ha⁻¹ de Mo houve um decréscimo, corroborando que o excesso também é prejudicial concordando com Tong & Sadowsky (1994).



Tabela 2 – Análise de variância da quantidade de vagens

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|------------|------------------------|------------|-------|--------|
| Doses | 4 | 722.700000 | 180.675000 | 2.520 | 0.0964 |
| Blocos | 3 | 111.750000 | 37.250000 | 0.519 | 0.6768 |
| erro | 12 | 860.500000 | 71.708333 | | |
| Total corrigido | 19 | 1694.950000 | | | |
| CV (%) = | 25.24 | | | | |
| Média geral: | 33.5500000 | Número de observações: | 20 | | |

Regressão para a FV Doses

Média harmonica do número de repetições (x): 4
Erro padrão de cada média dessa FV: 4,23403865515341

Na análise de variância do número de vagens o CV foi de 25,24%, apresentando estar maior do que o esperado, mas não significa que o experimento não foi significativo pois utilizando outros métodos como teste de Tukey, os resultados foram significativos.

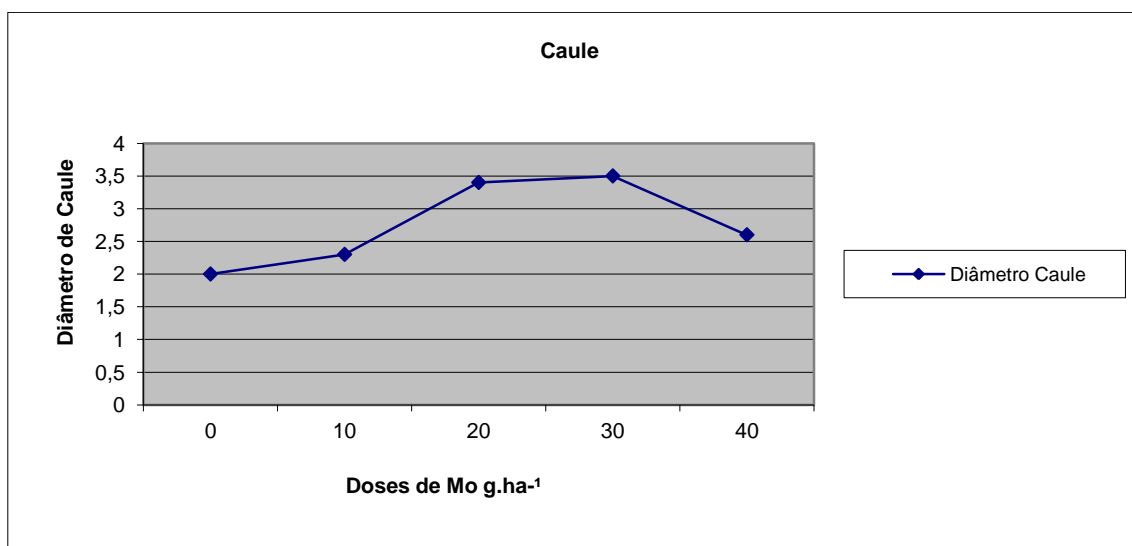


Gráfico 3 – Diâmetro de caule conforme as dosagens de Molibdênio

No Gráfico 3 observa-se que com o aumento da dosagem, ocorreu um maior diâmetro de caule, provavelmente porque com a melhor qualidade de nódulos (Gráfico 1)



houve conseqüentemente maior fixação biológica de Nitrogênio e assim houve maior disponibilização deste nutriente para a planta.

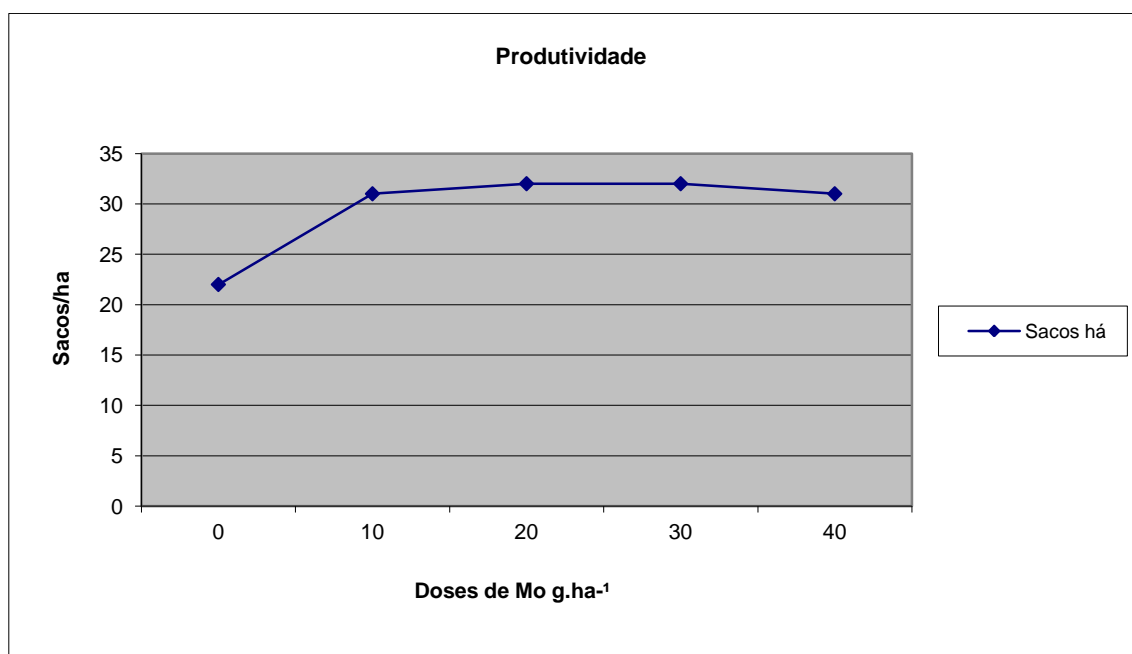


Gráfico 4 – Produtividade de soja conforme as dosagens de Molibdênio

Percebe-se claramente no Gráfico 4 o ganho de produção com a crescente adubação foliar de Mo, entretanto nota-se que enquanto com 20 g.ha⁻¹ de Mo as plantas responderam bem, as doses superiores foram prejudiciais ao *Bradyrhizobium* estando de acordo com Tong & Sadowsky (1994).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se a eficiência da aplicação de doses de Mo no desenvolvimento do *Bradyrhizobium* e conseqüentemente o aumento da produtividade da cultura da soja, além disso melhorou o porte físico, com diâmetro de caule maior, plantas mais robustas e raízes mais desenvolvidas.



Quantidades pequenas já são suficientes para suprir a necessidade da planta, mas dosagens superiores a 20 g.ha⁻¹ de Mo prejudicaram o desenvolvimento do *Bradyrhizobium*.

Mas deve lembrar que como essa quantidade de Mo utilizado pela planta é pequena, caso constatado na análise de solo quantidades favoráveis para o crescimento da planta, não é recomendado efetuar a adubação do nutriente pois poderá ser prejudicial, ou no melhor dos casos apenas não surtir efeito na produtividade.

REFERÊNCIAS

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R.; VALADARES, J. M. A. S. **O molibdênio em solos do Estado de São Paulo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., 1975, Campinas. Anais... Campinas : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p. 107-111.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 17 out. 2011.

EMBRAPA, **Cultivares de soja**, 2005, Documento 299.

FARIAS, J. R. B. **Tecnologias de Produção de Soja** – Paraná 2004. Sistema de produção nº1. Londrina, PR 2004.

FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MATO GROSSO. **Boletim técnico de soja** 2004. Rondonópolis, 2004. 231 p.

GUPTA, U. C.; LIPSETT, J. **Molybdenum in soil, plants, and animals**. *Advances in Agronomy, Madison*, v. 34, p. 73-115, 1981.

LOPES, Cristiana Garcia, **A soja na alimentação**, 2003.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London, Academic Press, 1986. 674p.

TONG, Z.; SADOWSKY, M. J. **A selective medium for the isolation and quantification of *Bradyrhizobium japonicum* and *Bradyrhizobium elkanii* strains from soils and inoculants**. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v. 60, p. 581-586, 1994.