

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**INOCULAÇÃO E ADUBAÇÃO MOLÍBDICA NO AMENDOIM  
CULTIVADO EM SEMEADURA DIRETA SOBRE FORRAGEIRAS**

**JAYME FERRARI NETO**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP - Câmpus de  
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em  
Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU – SP  
Julho de 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**INOCULAÇÃO E ADUBAÇÃO MOLÍBDICA NO AMENDOIM  
CULTIVADO EM SEMEADURA DIRETA SOBRE FORRAGEIRAS**

**JAYME FERRARI NETO**

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP - Câmpus de  
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em  
Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU – SP  
Julho de 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO  
DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA  
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

F375i Ferrari Neto, Jayme, 1985-  
Inoculação e adubação molíbdica no amendoim cultivado  
em semeadura direta sobre forrageiras / Jayme Ferrari  
Neto. - Botucatu : [s.n.], 2011  
xi, 73 f. : gráfs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual  
Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu,  
2011

Orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol  
Inclui bibliografia

1. Amendoim. 2. Nitrogenase. 3. Nodulação. 4. Plantas -  
Efeito do molibdênio. 5. Simbiose. I. Crusciol, Carlos  
Alexandre Costa. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio  
de Mesquita Filho" Campus de Botucatu). Faculdade de  
Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

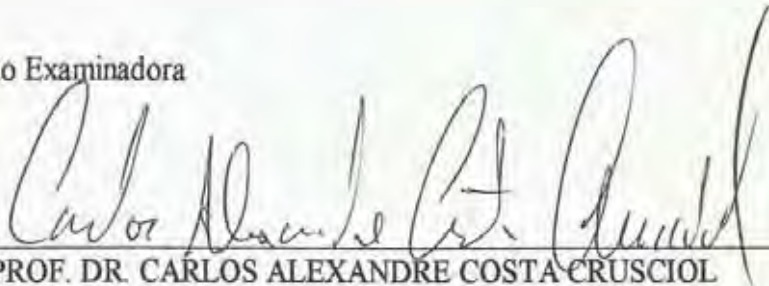
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: INOCULAÇÃO E ADUBAÇÃO MOLÍBDICA NO AMENDOIM CULTIVADO  
EM SEMEADURA DIRETA SOBRE FORRAGEIRAS

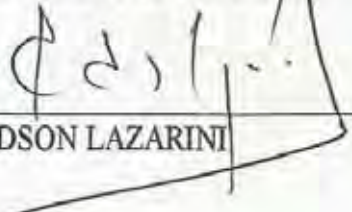
ALUNO: JAYME FERRARI NETO

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. DENIZART BOLONHEZI

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. EDSON LAZARINI

Data da Realização: 27 de julho de 2011.

*Ao meu avô Otavio Pereira de Souza “In memorian”*

**DEDICO**

*À toda minha família,  
e aos meu amigos.*

**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus.

A Nossa Senhora Aparecida pela intercessão junto a Deus.

Ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol pela orientação e amizade.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas, pela oportunidade e suporte para a realização do mestrado.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À Profa. Dra. Siu Mui Tsai, aos técnicos Francisco Montrazi e Wagner Piccinini pelos ensinamentos e todo respaldo relacionado à análise da enzima nitrogenase.

Ao doutorando Marcos José Trevisan da USP/ESALQ pelo auxílio nas leituras da enzima nitrogenase via cromatografia gasosa.

À coordenação do curso de Pós-Graduação em Agronomia (Agricultura), pela dedicação e qualidade de ensino.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Agricultura) da FCA/UNESP, pela atenção e ensinamentos.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Edson Lazarini e Dr. Denizart Bolonhezi, pela disponibilidade e valiosa contribuição.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal-Agricultura (Vera, Lana, Valéria, Dorival) e aos funcionários do setor de campo (Célio, Casimiro, “Cidão”, “Fio”, Mateus e Camargo) pela essencial contribuição nas atividades do experimento.

Aos funcionários da biblioteca e da seção de Pós Graduação, pela atenção e serviços prestados.

Aos estagiários Aline C. Frasca, Amanda Silva, Daniele D. Becero, Dênis E. Bôa, Juliana Moretto, Lucas A. Rozas, Luiz E. Ricardo, Manoela Carvalho, Mariana Damha, Rafael Soares, Tamires Ferreira, Yuri Kacuta e Fabio H. R. Barão, pela essencial ajuda na condução deste trabalho e pela amizade que se iniciou.

Aos meus amigos Gustavo S. A. Castro, Claudio H. M. da Costa, Maurício A. C. Mancuso, Francisco Rafael da Silva Pereira, Edemar Moro, Marcella Menegale, Fabio Echer, Fabiany Lilianny, Camila T. Aquino, Juliana Campana, Lucas Perim e Magno Abreu pela ajuda na realização deste trabalho e pelo companheirismo.

Aos meus pais e irmãs, pelo incentivo e apoio em todos os momentos e de maneira especial a minha mãe pelas orações e amor incondicional.

À minha namorada Lívia e sua família, pelo amor, alegria, companheirismo e incentivo.

A todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para a realização desta pesquisa.

## Sumário

LISTA DE TABELAS .....	IX
LISTA DE FIGURAS .....	X
1 RESUMO .....	1
2 SUMMARY .....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO DE LITERATURA .....	7
4.1 Manejo conservacionista do amendoim .....	7
4.2 Aplicação de inoculante.....	10
4.3 Molibdênio no solo.....	14
4.4 Molibdênio na planta.....	16
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
5.1 Histórico, localização e caracterização climática das áreas experimentais .....	20
5.2 Delineamento experimental e tratamentos .....	26
5.3 Caracterização das cultivares de amendoim.....	26
5.4 Instalação e condução dos experimentos.....	27
5.5 Avaliações .....	30
5.5.1 Estado nutricional das plantas .....	30
5.6 Nodulação e atividade da enzima nitrogenase.....	31
5.6.1 Nodulação.....	31
5.6.2 Atividade da enzima nitrogenase (método da redução do acetileno) .....	32
5.6.3 Atividade específica da enzima nitrogenase.....	33
5.7 Análise estatística .....	33
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
6.1 Ano agrícola 2008/2009 - cultivo sobre palhada de <i>B. brizantha</i> .....	34
6.1.1 Teores de macronutrientes e molibdênio.....	34
6.1.2 Componentes da produção, produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos .....	37
6.2 Ano agrícola 2008/2009 - cultivo sobre palhada de <i>B. ruziziensis</i> .....	39
6.2.1 Teores de macronutrientes e molibdênio.....	39
6.2.2 Componentes da produção, produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos .....	41
6.3 Ano agrícola 2009/2010 - cultivo sobre palhada de <i>B. brizantha</i> .....	43
6.3.1 Nodulação e atividade da enzima nitrogenase.....	43
6.3.2 Teores de macronutrientes e molibdênio.....	47
6.3.3 Componentes da produção, produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos .....	50
6.4 Ano agrícola 2009/2010 - cultivo sobre palhada de <i>B. decumbens</i> .....	54
6.4.1 Nodulação e atividade da enzima nitrogenase.....	54
6.4.2 Teores de macronutrientes e molibdênio.....	55
6.4.3 Componentes da produção, produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos do cultivar IAC – Tatu ST .....	58
7 CONCLUSÕES .....	62
8 REFERÊNCIAS .....	63



**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Características químicas do solo (0-0,20 m) das áreas experimentais antes da instalação dos experimentos. ....	25
--	----

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Precipitação, temperaturas mínimas e máximas em função dos dias após a semeadura da cultura do amendoim realizada em janeiro de 2009. ....22
- Figura 2. Precipitação, temperaturas mínimas e máximas em função dos dias após a semeadura da cultura do amendoim realizada em novembro de 2009. ....22
- Figura 3. Precipitação, temperaturas mínimas e máximas em função dos dias após a semeadura da cultura do amendoim realizada em março de 2010. ....23
- Figura 4. Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S e Mo da cultura amendoim em função da adubação molíbdica, sem (□) e com (♦) a aplicação de inoculante. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente.....36
- Figura 5. População de plantas, vagens granadas por planta, grãos por vagem, massa de 100 grãos, produtividade de vagens, rendimento de grãos e produtividade de grãos da cultura amendoim em função da adubação molíbdica sem (□) e com (♦) a aplicação de inoculante. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente. ....38
- Figura 6. Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S e Mo da cultura do amendoim em função da adubação molíbdica, sem (□) e com (♦) a aplicação de inoculante. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente.....40
- Figura 7. População de plantas, vagens granadas por planta, grãos por vagem, massa de cem grãos, produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos da cultura do amendoim em função da adubação molíbdica sem (□) e com (♦) a aplicação de inoculante. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente. 42
- Figura 8. Colunas da esquerda e direita referem-se ao número de nódulos por planta (A e B), matéria seca de nódulos (C e D) em função da adubação molíbdica, sem (□) e com (♦) a aplicação de inoculante avaliados no início da frutificação (45 DAE) e início da formação de sementes (64 DAE) da cultura do amendoim, respectivamente. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente.....46
- Figura 9. Colunas da esquerda e direita referem-se à atividade da enzima nitrogenase (A e B) e atividade específica da enzima nitrogenase (C e D) em função da adubação molíbdica, sem (□) e com (♦) a aplicação de inoculante, avaliados no início da frutificação (45 DAE) e início da formação de sementes (64 DAE) da cultura do amendoim, respectivamente. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente. ....47

- Figura 10. Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S e Mo da cultura do amendoim em função da adubação molíbdica, sem (□) e com (♦) a aplicação de inoculante. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente.....49
- Figura 11. População de plantas, vagens granadas por planta, grãos por vagem, massa de cem grãos, produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos da cultura do amendoim em função da adubação molíbdica sem (□) e com (♦) a aplicação de inoculante. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente. 53
- Figura 12. Número de nódulos por planta (A), matéria seca de nódulos (B), atividade da enzima nitrogenase (C) e atividade específica da enzima nitrogenase (D) em função da adubação molíbdica, sem (□) e com (♦) a aplicação de inoculante avaliados no início do florescimento (51 DAE) da cultura do amendoim. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente. ....55
- Figura 13. Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S e Mo da cultura do amendoim em função da adubação molíbdica, sem (□) e com (♦) a aplicação de inoculante. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente.....57
- Figura 14. População de plantas, vagens granadas por planta, grãos por vagem, massa de cem grãos, produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos da cultura do amendoim em função da adubação molíbdica sem (□) e com (♦) a aplicação de inoculante. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente. 61

## 1 RESUMO

Áreas que vem sendo cultivadas com pastagens por vários anos podem apresentar deficiências nutricionais e a população de bactérias fixadoras do nitrogênio atmosférico pode estar reduzida. O molibdênio é um micronutriente que faz parte da enzima nitrogenase, a qual é responsável pela fixação simbiótica do nitrogênio nas leguminosas, e está presente nos bacteróides nodulares. Com base nisso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação de molibdênio e inoculante, na cultura do amendoim em semeadura direta sobre palhada de forrageiras. Foram conduzidos quatro experimentos, dois no ano agrícola 2008/09 e dois no ano agrícola 2009/10, onde a cultura do amendoim foi semeada, respectivamente, sobre as palhadas da *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* no delineamento de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas dos experimentos foram constituídas por dois tratamentos, com e sem aplicação de inoculante (1- inoculação artificial com estirpe específica de bactéria *Bradyrhizobium* spp. para a cultura do amendoim e 2- sem inoculação artificial) e as subparcelas dos experimentos do ano agrícola 2008/09 por três doses de molibdênio (27,5, 55, 110g ha<sup>-1</sup>) aplicadas via tratamento de sementes, na forma de molibdato de amônio e a testemunha. As subparcelas dos experimentos do ano agrícola 2009/10 constituíram-se de três doses de molibdênio (50, 100, 200g ha<sup>-1</sup>) aplicadas via foliar, na forma de molibdato de amônio e a testemunha. Foram avaliados o estado nutricional das plantas, a nodulação (número e matéria seca de nódulos por planta), a atividade da enzima nitrogenase pelo método

da redução do acetileno, a atividade específica da nitrogenase, os componentes da produção, a produtividade de vagens, rendimento e a produtividade de grãos. Os dados de cada experimento foram submetidos à análise de variância seguindo o esquema de parcelas subdivididas. Para comparação das médias do fator inoculação, adotou-se o método de comparação de médias não-protetidas, ou seja, independentemente do resultado do teste F, mediante o teste t (LSD), a 10% de probabilidade. Os dados do fator adubação molíbdica foram ajustados a funções matemáticas adotando-se como critério para escolha do modelo a magnitude dos coeficientes de regressão significativos a 10% de probabilidade pelo teste F. Em áreas com histórico de cultivo com leguminosas, não houve resposta à inoculação e adubação molíbdica. A atividade da enzima nitrogenase aos 64 DAE foi, aproximadamente, duas vezes maior e o número de vagens granadas por planta foi o componente da produção que influenciou, diretamente, a produtividade de vagens e grãos, nos tratamentos com inoculação, quando o amendoim foi semeado sobre a palhada da *B. brizantha* em área sem histórico de cultivo com leguminosas. Em áreas com cultivo de gramíneas por vários anos, como pastagens, a inoculação e adubação molíbdica podem aumentar a produtividade de vagens e grãos do amendoim no SSD, em doses de molibdênio maiores que as recomendadas, quando aplicadas via foliar.

**Palavras-chave:** Fixação simbiótica, nodulação, atividade da nitrogenase, doses de molibdênio

PEANUT INOCULATION AND MOLYBDENUM FERTILIZATION ON A STRAW OF FORAGES. Botucatu, 2011, p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Jayme Ferrari Neto

Adviser: Carlos Alexandre Costa Crusciol

## 2 SUMMARY

The areas that have been cultivated with pasture for several years may have nutritional deficiencies and the population of atmospheric nitrogen fixing bacteria may be reduced. Molybdenum, a nutrient that is part of the nitrogenase enzyme, is responsible for symbiotic nitrogen fixation in legumes and is present in bacteria from the nodules. This study aimed at evaluating the effect of molybdenum and inoculant application, in peanut crop sown on a straw of forages. Four experiments were carried out, two in 2008/09 crop year and two in 2009/10 crop year, where peanut crop was directly sown, respectively, on the straws of *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria brizantha* and *Brachiaria decumbens* in the design of randomized blocks in a split-plot with four replications. The plots comprised two treatments, with and without inoculant application (1 - artificial inoculation with specific strain of *Bradyrhizobium* spp. for peanut crop and 2 - without artificial inoculation) and the subplots of the experiments carried out in the 2008/09 crop year in three molybdenum rates (27,5, 55 e 110 g ha<sup>-1</sup>) applied in the form of ammonium molybdate by seeds treatment and a control. The subplots of the experiments carried out in the 2009/10 crop year comprised three

molybdenum rates (50, 100 e 200 g ha<sup>-1</sup>) applied as ammonium molybdate by foliar spraying and a control. The nutritional status of plants, nodulation (number and mass of dry matter of the nodules per plant), the activity of nitrogenase enzyme by acetylene reduction method, the specific activity of nitrogenase, yield components and the yield of pods and grains were evaluated. The data of each experiment were subjected to analysis of variance following the split plot model. To compare the average of inoculation, the method of comparison of unprotected average, was adopted, i.e., regardless of F test, by t test (LSD), in a 10% of probability. The data of molybdenum fertilization were adjusted to mathematical functions being adopted as a criterion for choosing the model of the magnitude of the regression coefficients significant at 10% of probability by F test. In areas with a history of legume crop there was no response to inoculation and molybdenum fertilization. The activity of nitrogenase enzyme at 64 days after emergence (DAE) was, approximately, two times higher and the number of pods grenades per plant was the yield component that have influenced, directly, the yield of pods and grains, in treatments with inoculation, when peanut was seeded on the straw of *B. brizantha* in area without history of legume crop. In areas with growing grasses for several years, such as pasture, inoculation and molybdenum fertilization can increase the yield of pods and grains at higher molybdenum rates than the recommended, when applied at leaves.

**Keywords:** symbiotic fixation, nodulation, nitrogenase activity, rates of molybdenum

### 3 INTRODUÇÃO

As sementes do amendoim são ricas em óleo (aproximadamente 50%) e proteínas (22 a 30%), e podem ser destinadas para a indústria de doces e confeitos; óleo comestível para exportação; consumo in natura e produção de biodiesel.

O maior produtor e detentor da maior área cultivada com amendoim no Brasil é o Estado de São Paulo. Nesse Estado o cultivo dessa oleaginosa no sistema de semeadura direta (SSD) ocorre principalmente, em áreas de renovação de canavial, colhido sem queima prévia, e de reforma de pastagens. A adoção desse manejo conservacionista reduz o custo com preparo do solo, além de trazer os demais benefícios proporcionados pelo acúmulo da palhada na superfície do solo, como a conservação da umidade, redução das oscilações da temperatura e aumento da matéria orgânica do solo, dentre outros. Assim, o principal resultado da adoção dessa técnica é a maior sustentabilidade dos sistemas de produção.

Na literatura nacional não existe relatos de resultados positivos, quanto à produtividade do amendoim, decorrente da inoculação com estirpes específicas de *Bradyrhizobium* spp. devido à elevada população de rizóbios nativos existente nas condições edáficas brasileiras. Apesar dessas constatações, existem certas condições em que a população de rizóbios nativos do solo pode estar reduzida, como exemplo, quando do cultivo do amendoim em sucessão a pastagens em área sem histórico de cultivo com leguminosas, podendo a inoculação aumentar a produtividade da cultura. Na reforma de pastagens,



degradadas quanto à fertilidade do solo, poderá haver, também, maior produtividade do amendoim com aplicação de molibdênio, pois a recomendação de calagem para a maioria das pastagens de gênero *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*) é para elevar a saturação por bases, em média, a 50%, o que na maioria dos solos acarreta em pH considerado baixo, ou seja, acidez alta, refletindo em menor disponibilidade de Mo. O molibdênio é um micronutriente que faz parte das enzimas nitrogenase, responsável pela fixação simbiótica do N<sub>2</sub> atmosférico por rizóbios, e da redutase do nitrato, responsável pela redução do nitrato a nitrito, sendo que a fixação biológica do nitrogênio e a assimilação do nitrato são seriamente afetadas pela deficiência de Mo.

É possível que a inoculação das sementes de amendoim com estirpe específica de *Bradyrhizobium* spp. e a adubação molíbdica em doses superiores às recomendadas pelos boletins oficiais aumentem a produtividade da cultura, quando cultivada após forrageiras em áreas sem histórico de cultivo com leguminosas no SSD.

Assim, objetivou-se, na cultura do amendoim em sucessão a pastagens no SSD, com e sem histórico de rotação com leguminosas, avaliar a eficiência da inoculação e da adubação molíbdica, via sementes ou foliar, bem como a interação desses fatores na nodulação, atividade da enzima nitrogenase, nutrição, produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos.

## **4 REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1 Manejo conservacionista do amendoim**

Tanto no Brasil quanto nos EUA, tradicionalmente, a cultura do amendoim é cultivada por meio do sistema convencional, sendo que em apenas 14 % da área de produção de amendoim dos EUA em 2002 foi utilizado manejo conservacionista do solo (CONSERVATION TECHNOLOGY INFORMATION CENTER, 2004).

No Brasil, têm sido demonstrados os benefícios da utilização do SSD para a cultura do amendoim (BOLONHEZI et al., 2007; CRUSCIOL; SORATTO, 2007; 2008), podendo a mesma ser inserida na rotação com a cana-de-açúcar e com pastagens neste sistema de manejo do solo.

Bolonhezi et al. (2007) verificaram que não há diferença entre os sistemas de manejo conservacionistas e convencional, para renovação de canavial colhido sem queima prévia em Latossolo, na produção de vagens, grãos e no número de estruturas reprodutivas de amendoim; e o índice de rendimento de grãos aumenta de 6,5 a 9% no SSD, em relação ao convencional. Estes autores observaram também que a adoção do manejo conservacionista, com relação ao preparo do solo, em áreas de colheita mecanizada de cana crua, reduz em 30% o custo com preparo do solo.

A cultura do amendoim também é utilizada em rotação com pastagens, na integração lavoura-pecuária, na Região Oeste do Estado de São Paulo, com objetivo de reforma de pastagens degradadas, mas com condições de solo favoráveis à semeadura de culturas graníferas diretamente sobre a palhada remanescente das forrageiras, sem necessidade de preparo do solo prévio (CRUSCIOL; SORATTO, 2007; 2008).

Na literatura internacional os estudos comparativos dos manejos do solo, conservacionistas e convencional, têm mostrado resultados contraditórios, desta maneira, há autores que obtiveram produtividades menores (COX; SHOLAR, 1995; GRINCHAR et al., 1998; BRANDENBURG et al., 1998; JORDAN et al., 2001), que não verificaram diferenças nas produtividades (SHOLAR et al., 1993; DOWLER et al., 1999) e que relataram produtividades maiores da cultura do amendoim com a utilização de algum tipo de manejo conservacionista de preparo do solo ( HARTZOG et al., 1998; BALDWIN; HOOK, 1998; WILLIAMS et al., 1998; MAROIS ; WRIGHT, 2003).

Nos EUA, desde 2002, programas de marketing têm forçado os produtores de amendoim a reduzir os custos de produção e aumentar a produtividade. Nesse contexto sistemas de rotações de culturas com a utilização de gramíneas têm mostrado incrementos na produtividade e redução do risco de doenças (HAGAN et al., 2003).

A rotação de culturas com gramíneas pode também melhorar a qualidade dos solos, melhorando a infiltração de água, a estabilidade de agregados, o aprofundamento radicular, dentre outros (VARVEL, 1994; REEVES, 1997; HAGAN et al., 2003).

Espécies de gramíneas utilizadas na rotação interferem de maneira diferente na cultura do amendoim, conforme Siri-Prieto et al. (2009) relataram que a extração de água do solo, estande, crescimento radicular e produtividade do amendoim cultivado após aveia-branca foi, respectivamente, 15, 12 e 21% maior comparativamente ao amendoim cultivado após azevém, possivelmente, devido à maior liberação de N em função da decomposição da fitomassa da aveia branca e conseqüentemente maior extração deste elemento pelo amendoim, e ao maior crescimento radicular da aveia branca que pode ter facilitado o crescimento radicular do amendoim. Todavia, os autores supracitados enfatizaram que a rotação com gramíneas anuais de inverno, em manejo conservacionista do solo sem

revolvimento profundo, pode aumentar a rentabilidade dos produtores de amendoim do Sudeste (SE) dos EUA.

No SE dos EUA a inclusão de pastagens perenes na rotação entre algodão e amendoim em sistema de manejo conservacionista do solo está em expansão. As pastagens perenes podem melhorar a qualidade dos solos (REEVES, 1997), por meio do acréscimo de matéria orgânica, crescimento radicular vigoroso que promove descompactação, reciclagem de nutrientes, dentre outros (KATSVAIRO et al., 2006). Os solos do SE dos EUA comparado à maioria dos solos norte americanos possuem baixa quantidade de matéria orgânica e fertilidade, assim as pastagens perenes tornam-se alternativas para que se promovam melhorias nestes solos.

As pastagens perenes comumente utilizadas na região SE dos EUA são a grama batatais (*Paspalum notatum* Fluegge) e o capim pé de galinha (*Cynodon dactylon* L.). O sistema radicular profundo dessas espécies, consegue atravessar as camadas compactadas do solo (ELKINS et al., 1977), e quando estas raízes morrem, após a decomposição das mesmas, canais são formados no solo, melhorando a estrutura do solo (ELKINS et al., 1977; WRIGHT et al., 2004). Estas forrageiras produzem elevada quantidade de matéria seca e assim após a dessecação há elevado aporte de matéria orgânica ao sistema. A matéria orgânica atua em diversos fatores relacionados à qualidade do solo, tais como, estabilidade de agregados, infiltração de água e fornece substrato a fauna do solo (KATSVAIRO et al., 2006). Nas condições brasileiras as espécies do gênero *Brachiaria* também promovem estes benefícios (HECKLER et al., 1998; CALONEGO, 2007; BORGHI, 2007).

Katsvairo et al. (2006) relataram que as culturas do algodão e amendoim cultivadas após gramíneas perenes apresentam raízes mais profundas, crescimento mais vigoroso, maior tolerância a estresses ambientais e freqüentemente elevadas produtividades são obtidas.

O emprego do SSD poderá resultar no aproveitamento pela cultura do amendoim dos benefícios deste sistema de manejo conservacionista do solo, já amplamente difundidos. Assim, além de reduzir o custo com preparo do solo, pode, pela presença da palhada na superfície do solo, reduzir as oscilações de temperatura, elevar a matéria orgânica, aumentar a conservação da umidade do solo, principalmente, em períodos de veranicos, proporcionando maior produtividade e estabilidade produtiva nos cultivos “das secas”, pois a

disponibilidade hídrica é o principal fator limitante de produtividade da cultura do amendoim nessa época (SÁ et al., 1998; CRUSCIOL et al., 2000; 2003; LAZARINI ; CRUSCIOL, 2000).

Ressalta-se, que apesar da colheita da cultura acarretar mobilização do solo durante o arranquio, a utilização de trilhadoras equipadas com distribuidor de palha proporciona adequada distribuição da palhada sobre o solo, permitindo assim a semeadura direta da próxima cultura, mantendo-se os benefícios da cobertura vegetal no sistema de produção.

#### **4.2 Aplicação de inoculante**

A fixação simbiótica do  $N_2$  é um processo altamente energético, podendo as bactérias nodulares utilizar cerca de 30% dos fotoassimilados produzidos pela planta hospedeira (SCHUBERT; RYLE, 1980). Assim qualquer fator que interfira na produção de assimilados da planta, por conseguinte interfere também na fixação simbiótica do  $N_2$ . Da mesma forma, se as condições forem adversas aos microorganismos fixadores de nitrogênio, a nutrição nitrogenada da cultura pode ser prejudicada.

O sistema plantio direto, quando com quantidade adequada de cobertura vegetal, promove melhorias nas condições edáficas as quais favorecem o desenvolvimento de microorganismos (BARROTI; NAHAS, 2000; SILVA et al., 2007), podendo resultar em maior eficiência dos rizóbios fixadores do  $N_2$ .

Apesar de trabalhos já terem demonstrado efeitos positivos na produtividade do amendoim com a inoculação (SHIFFMAN; ALPER, 1968; SHIMSHI et al., 1967), não há incrementos da produtividade com a inoculação quando a cultura está inserida no programa de rotação de culturas (REID; COX, 1973; WALKER et al., 1976). Assim, estudos realizados por Lanier et al. (2005), na Carolina do Norte – EUA, demonstraram que em áreas sem histórico de cultivo com amendoim, a prática da inoculação resultou em maiores produtividades da cultura, e nas áreas em que havia histórico de cultivo com amendoim em um período inferior a cinco anos não houve aumento da produtividade com a inoculação.

Segundo Santos et al. (2005), alguns fatores podem determinar a necessidade de inoculação do amendoim em regiões tropicais, tais como a reduzida população

de rizóbio nativo, principalmente em áreas submetidas a temperaturas elevadas ou à baixa umidade do solo, ou áreas sem histórico de cultivo anterior com leguminosas.

Os autores supracitados, trabalhando com diferentes genótipos de amendoim e com isolados de rizóbios nativos da região nordeste do Brasil, verificaram que a quantidade e a massa de nódulos foram muito dependentes do genótipo e também foi influenciada por plantas de cobertura. Além disso, também constataram que a efetividade dos rizóbios foi influenciada pela cobertura vegetal e que os rizóbios nativos proporcionaram boa nodulação, com aumento no nitrogênio total acumulado e no rendimento de matéria seca de parte aérea.

É importante destacar que a simbiose entre os diversos materiais de amendoim existentes e população nativa de rizóbios pode não ocorrer de maneira semelhante. Borges et al. (2007) estudaram a nodulação e fixação biológica de diferentes materiais de amendoim em função da população nativa de rizóbios e verificaram que houve maior desenvolvimento vegetal dos materiais IAC Tatu – ST, IAC Runner 886, Sapucaia Vermelha e Sapucaia Bege em decorrência da maior nodulação e acúmulo de nitrogênio destes materiais em comparação aos demais estudados.

No entanto, Giardini et al. (1985), estudando a inoculação com rizóbios e a aplicação de nitrogênio em amendoim, constataram que a nodulação nas plantas inoculadas com rizóbio foi semelhante à observada nos tratamentos não inoculados, com ou sem nitrogênio. Assim, verifica-se que na literatura nacional não existe relatos de resultados positivos quanto à produtividade do amendoim decorrente da inoculação com microorganismos fixadores de nitrogênio.

A prática da inoculação com microorganismos fixadores de  $N_2$  na cultura do amendoim não é realizada, uma vez que este já possui boa capacidade de nodulação devido a suas raízes serem colonizadas por uma ampla faixa de rizóbios tropicais do grupo miscelânea caupi (THIES et al., 1991). Entretanto, a adequada aplicação de estirpes eficientes pode melhorar a produtividade das culturas em solos onde a população e a eficiência simbiótica dos rizóbios são baixas, conforme Hume e Blair (1992) observaram na cultura da soja.

O principal grupo de microssimbiontes da cultura do amendoim são bactérias de crescimento lento (VAN ROSSUM et al., 1995; YANG et al., 2005), mas estudos

recentes têm permitido constatar que bactérias de crescimento rápido também possuem capacidade de colonizar a raiz da cultura, promovendo a fixação simbiótica do N<sub>2</sub> (IBAÑEZ et al., 2008; TAURIAN et al., 2006)

Vários autores relataram que, além das espécies de *Bradyrhizobium*, bactérias do gênero *Rhizobium* também foram associadas aos nódulos da cultura do amendoim em solos do Marrocos (EL-AKHAL et al., 2008; EL-AKHAL et al., 2009) e da Argentina (TAURIAN et al., 2006)

Os estudos sobre a população de rizóbios do amendoim indicam elevada diversidade dentro da população (FABRA et al., 2010; TURIAN et al., 2006) No entanto, um problema muito comum é que estirpes eficientes na fixação de nitrogênio em condições de laboratório não são competitivas em relação as estirpes da mesma espécie em condições de campo. Logo, a maior barreira para o sucesso do uso das estirpes dos inoculantes na cultura do amendoim é a dificuldade da competição destas com as estirpes nativas do solo (BEATTIE et al., 1989).

Uma estirpe de inoculante é considerada eficiente quando além da elevada fixação do nitrogênio, é capaz de se estabelecer no solo ocupado por estirpes nativas e colonizar a maior proporção dos nódulos (ANGELINI et al., 2011). Angelini et al. (2011), estudando a prevalência de bactérias nos nódulos do amendoim, concluíram que não prevaleceu determinada estirpe dominante. Assim a seleção de estirpes para o uso agrícola é uma atividade que requer elevado grau de seleção dentro da diversidade da população, buscando-se genótipos competitivos e eficientes na fixação simbiótica do N.

Estirpes nativas de *Bradyrhizobium* spp., geralmente encontram-se distribuídas ao longo do perfil do solo, enquanto que as estirpes inoculadas nas sementes permanecem concentradas ao redor das sementes, (GARCIA et al., 2002; BOGINO et al., 2008; GARCIA et al., 2009). Em condições laboratoriais, Bogino et al. (2011) estudaram a inoculação de estirpe específica para a cultura do amendoim nas sementes ( $5 \times 10^6$  células por semente) e no sulco de semeadura ( $1 \times 10^6$  células por saco plástico) e relataram que a estirpe específica foi incapaz de competir com as estirpes nativas quando inoculada nas sementes. Porém, a inoculação da estirpe específica no sulco de semeadura resultou em maior número e matéria seca de nódulos e maior atividade da enzima nitrogenase. Como conclusão os autores

enfatazaram que a posição da bactéria inoculada, no sulco ou na semente, é um fator crucial na competição com espécies nativas.

Lanier et al. (2005), em condições de campo, obtiveram produtividades de vagens superiores com a aplicação de inoculante no sulco de semeadura comparativamente à inoculação via tratamento de sementes, e atribuíram este resultado ao maior número de células de bactérias viáveis que foram aplicadas, respectivamente,  $2,2 \times 10^{12}$ ,  $7,8 \times 10^{11}$  para as aplicações granular e líquida no sulco de semeadura e  $2,7 \times 10^{11}$  via tratamento de sementes, além da maior uniformidade que a inoculação no sulco de semeadura proporcionou.

A fixação simbiótica do amendoim não supre totalmente a demanda por nitrogênio da cultura, sendo necessária a fertilização nitrogenada para que elevadas produtividades sejam alcançadas (LANIER et al., 2005). Estes autores relataram que a produtividade de vagens aumentou com a aplicação de doses de nitrogênio mesmo nos tratamentos em que foi realizada a inoculação com *Bradyrhizobium* spp., porém é importante destacar que os fertilizantes nitrogenados inibem a infecção dos pêlos radiculares pelas bactérias bem como a nodulação (GIBSON, 1977).

Analisando os resultados obtidos por Giardini et al. (1985), é possível constatar que o mais importante para a adequada fixação biológica, e, conseqüentemente, nutrição por N e produtividade de grãos do amendoim, é o fornecimento adequado de Mo do que a inoculação com bactérias fixadoras de  $N_2$ . Essa mesma constatação foi realizada por Araújo et al. (1987).

De Souza et al. (2011) relataram que a aplicação de inoculante no feijoeiro não interferiu no número e na massa de matéria seca dos nódulos. Assim como ocorre na cultura do amendoim, a formação de nódulos no feijoeiro sem a aplicação de inoculante é uma indicação de que estirpes nativas são capazes de fixar o  $N_2$  e estas estirpes limitam o estabelecimento das estirpes inoculadas, que são mais eficientes (SILVA et al., 2009 e KANEKO et al., 2010). Estes autores verificaram, em cultivo sucedâneo ao consórcio do milho com *B. brizantha*, maior teor de N foliar e maior número de vagens por planta com a inoculação do feijoeiro, em área que não recebeu aplicação de N.

Nas raízes das plantas fixadoras de N, o Mo se encontra quase todo na nitrogenase dos bacteróides nodulares (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). A fixação biológica é seriamente afetada, quando ocorre deficiência de Mo (MARSCHNER, 1995).



### 4.3 Molibdênio no solo

O teor médio de Mo na litosfera é de 2,3 mg kg<sup>-1</sup> (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). Esse micronutriente pode estar solúvel na solução do solo, adsorvido a minerais de argila como ânion MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, retido no interior da estrutura dos minerais primários e secundários e adsorvido à matéria orgânica (GUPTA; LIPSETT, 1981).

O teor total de molibdênio varia com tipo de solo. Normalmente os solos contêm entre 0,013 e 17,0 mg kg<sup>-1</sup> de molibdênio total (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 2001). A maior parte dos solos agrícolas contém relativamente baixas quantidades de molibdênio, com uma média de 2,0 mg kg<sup>-1</sup> de molibdênio total e 0,2 mg kg<sup>-1</sup> de molibdênio disponível (MENGEL; KIRKBY, 1987).

Segundo Santos (1991) a disponibilidade de Mo no solo é influenciada, entre outros fatores, pelo pH, matéria orgânica, textura, drenagem, óxidos de ferro e alumínio, potencial redox e a interação com outros nutrientes. A adsorção de molibdênio correlaciona-se positivamente com os conteúdos de ferro e matéria orgânica do solo; em solos ácidos, cargas positivas associadas ao ferro retêm o MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, já para a matéria orgânica, sugere-se que óxidos de ferro ligados a matéria orgânica sejam responsáveis pela adsorção de molibdênio (KARIMIAN; COX, 1978). Em solos ácidos, com elevada quantidade de óxidos de Fe e Al, o Mo é retido pela matéria orgânica, impedindo que este seja envolvido na formação de compostos insolúveis. Segundo Ferreira (2001), o Mo pode ser absorvido em grandes quantidades nesses solos, desde que seja elevada a quantidade de matéria orgânica. Porém, de acordo com Pires (2003), em solos onde a ocorrência desses óxidos é baixa ou não está presente, o Mo encontra-se inicialmente ligado à matéria orgânica, tornando-se disponível para a absorção somente após esta ser mineralizada.

O pH do solo é o fator que exerce maior influência sobre a disponibilidade de molibdênio em solos tropicais. Com o aumento do pH, a disponibilidade de molibdênio aumenta (MALAVOLTA et al., 1997). O MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup> fixado é deslocado dos sítios de troca pelas hidroxilas presentes na solução do solo. Desse modo, a calagem, liberando cálcio na solução do solo, promove a disponibilidade de molibdênio, uma vez que o íon molibdato

( $\text{MoO}_4^{2-}$ ) pode combinar-se com o  $\text{Ca}^{2+}$ , formando um composto bastante solúvel, o  $\text{CaMoO}_4$  (KOCHIAN, 1991).

A calagem aumenta a disponibilidade de molibdênio (MALAVOLTA et al., 1997), e a maior disponibilidade ocorre em pH superior a 7,0 (GUPTA; LIPSETT, 1981). Para cada unidade de pH aumentada a atividade do molibdato aumenta em cem vezes (LINDSAY, 1979). Deficiências de molibdênio ocorrem com maior frequência em solos ácidos de baixa fertilidade, e a calagem corrige tais deficiências desde que o solo tenha teores adequados deste elemento.

A interação entre nutrientes no solo também pode influenciar na disponibilidade de molibdênio para as plantas. O fósforo e o enxofre, apesar de possuírem a mesma natureza iônica, exercem efeito contrário na disponibilidade de molibdênio. Existe sinergismo entre o fósforo e o molibdênio, pois íons molibdatos são substituídos por íons fosfatos nos sítios de adsorção do solo, aumentando, assim, a disponibilidade dos íons molibdatos na solução do solo. Além disso, existe a possibilidade de formação de complexos fosfomolibdatos, que são rapidamente absorvidos pelas raízes (MARSCHNER, 1995).

Já o enxofre exerce ação negativa sobre a absorção do molibdênio (MARTINÉZ et al., 1996), pois no processo de absorção, ocorre competição entre estes elementos, por se tratarem de dois ânions divalentes de tamanhos similares.

Outro fator a ser considerado, quanto à disponibilidade de molibdênio é a textura do solo, pois solos de textura mais fina, geralmente possuem maior teor de Mo disponível do que solos de textura mais grosseira (REDDY et al., 1997). A drenagem do solo também exerce influência na quantidade de molibdênio do solo, pois solos bem drenados, normalmente, acumulam molibdênio no horizonte A e solos com menor capacidade de drenagem acumulam molibdênio no subsolo (REDDY et al., 1997).

Em solos ácidos e com baixos teores de cálcio, a baixa disponibilidade de molibdênio e a toxicidade de manganês podem prejudicar a fixação de nitrogênio e reduzir a produção de amendoim (CAIRES; ROSOLEM, 1998).

Segundo Lopes (1991), as principais causas de deficiência de micronutrientes nos solos brasileiros são a baixa reserva de minerais intemperizáveis, o aumento da produtividade das culturas, devido ao intenso uso de técnicas agrícolas modernas, que faz com que ocorra um aumento da retirada de micronutrientes dos solos, sem que se

realize a reposição dos mesmos. Outros fatores são o cultivo de plantas altamente produtivas, que demandam maiores quantidades de micronutrientes, a degradação química, física e biológica devido ao uso inadequado dos solos.

Devido à baixa concentração de Mo nos solos e a utilização sem a devida reposição, tem-se tornado comum a deficiência em cultivos agrícolas, principalmente em solos bastante intemperizados de regiões tropicais (SFREDO et al., 1997; KUBOTA et al., 2008). Essas deficiências minerais, muitas vezes, são corrigidas com pulverizações foliares, enquanto, aplicações de nutrientes via solo nem sempre dão resultados satisfatórios (FERNANDES, 2008).

#### **4.4 Molibdênio na planta**

A absorção de molibdênio pela planta se dá predominantemente pela forma do ânion molibdato, presente na solução do solo, que chega às raízes, principalmente via fluxo de massa (GUPTA; LIPSETT, 1981).

Segundo Gupta (1997), teores foliares de molibdênio menores que 1 mg kg<sup>-1</sup> caracterizam a deficiência deste nutriente na cultura do amendoim.

As formas mais eficientes de fornecimento de molibdênio às plantas são via aplicação foliar e tratamento das sementes, pois este elemento quando adicionado ao solo, principalmente em condições de acidez elevada, é fixado nos minerais de argila, estando indisponível às plantas.

Alguns autores relatam que devido às pequenas quantidades de molibdênio exigidas pelas plantas, o tratamento de sementes é a forma mais eficaz de suprimento deste micronutriente (GUPTA; LIPSETT, 1981; VIDOR; PERES, 1988), outros relatam que a aplicação foliar de molibdênio também é uma prática eficiente, pois favorece a absorção do mesmo pelas plantas diminuindo perdas por fixação, que ocorrem quando o molibdênio é adicionado no solo e pode ser aliada aos tratamentos fitossanitários, tornando-a assim uma prática mais econômica e viável (PIRES, 2003; FERNANDES, 2008).

Gris et al. (2005) verificaram que a produtividade da soja passou de 2219 kg ha<sup>-1</sup> para 2413 kg ha<sup>-1</sup> e de 2219 kg ha<sup>-1</sup> para 2415 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, com a

aplicação de 40 g ha<sup>-1</sup> de Mo via peletização de sementes e com pulverização foliar de 80 g ha<sup>-1</sup> de Mo.

De acordo com Kubota et al. (2008) sementes com alto teor de Mo aumentaram a massa de nódulos dos cultivares de feijão, Manteigão e Rio Tibagi aos 30 dias após-emergência (DAE), mas reduziram a massa e o número de nódulos dos cultivares Carioca e Manteigão aos 45 DAE. O maior teor de Mo nas sementes aumentou a atividade da enzima nitrogenase aos 30 DAE e a atividade específica da nitrogenase aos 45 DAE. Uma das conclusões do trabalho foi que as sementes enriquecidas com Mo, provenientes de plantas que receberam adubação foliar com Mo, podem estimular a atividade da nitrogenase.

Caires e Rosolem (2000) verificaram que a aplicação de molibdênio no tratamento de sementes aumentou a matéria seca de nódulos, mas não interferiu de forma significativa no número de nódulos aos 74 dias após a emergência, e que a redução da toxicidade de manganês pela calagem foi mais importante do que o aumento da disponibilidade de molibdênio para a formação de nódulos e a fixação simbiótica do N<sub>2</sub> na cultura do amendoim. Relataram ainda a possibilidade de que em solos ácidos, de baixa capacidade de troca catiônica, e com menor toxicidade de manganês, a aplicação de molibdênio pode apresentar melhor efeito sobre a fixação simbiótica do N<sub>2</sub> e a absorção de nitrogênio, conforme já constatado por Hafner et al. (1992).

Quaggio et al. (2004) obtiveram resultados positivos na cultura do amendoim mediante o tratamento de sementes com molibdênio em duas das três safras estudadas. A aplicação de molibdênio proporcionou maior concentração de nitrogênio nas folhas, o que aumentou a produtividade de grãos da cultura.

Fernandes (2008) estudando épocas de aplicação e doses de cobalto + molibdênio, em Latossolo Vermelho Distroférico, muito argiloso (EMBRAPA, 2006), sob preparo de solo convencional, concluiu que até a dosagem de 16 + 160 g ha<sup>-1</sup> via foliar ou via semente não influenciou o número de nódulos das plantas, o teor de N foliar e a produtividade de vagens de amendoim.

Níveis adequados de molibdênio no solo ou nas sementes, geralmente, são os fatores responsáveis pela ausência de resposta das culturas à adição deste elemento (ISHIZUKA, 1982).

VIEIRA et al. (1998), por meio da aplicação foliar de Mo, relataram a importância da participação do Mo nas atividades das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato, resultando em melhor suprimento de nitrogênio às plantas, o que refletiu nos componentes da produção e na produtividade de grãos de feijão.

O molibdênio influencia os processos de fotossíntese e respiração das plantas, devido ao seu papel no metabolismo do nitrogênio, contribuindo para o aumento da produtividade (TAIZ; ZEIGER, 2004). Vieira (1994), estudando a aplicação foliar de molibdênio e seu efeito nas atividades da nitrogenase e redutase do nitrato no feijoeiro, constatou maior taxa de fixação biológica, por período mais prolongado do ciclo do feijoeiro, quando a planta estava bem nutrida com Mo.

A enzima nitrogenase, presente nos bacteróides nodulares, é formada por dois componentes, uma proteína ligada ao ferro e outra ligada ao ferro e ao molibdênio. Durante a redução do  $N_2$  para  $NH_3$ , a nitrogenase recebe elétrons de substâncias redutoras; estes elétrons são transferidos para a proteína ligada ao ferro que, tornando-se, agora, um agente redutor, transfere estes elétrons à proteína ligada ao ferro e ao molibdênio que, por sua vez, reduz o  $N_2$  a duas moléculas de amônia (VIEIRA, 1994). Estas podem seguir diferentes caminhos de assimilação nas plantas (TAIZ; ZEIGER, 2004). Com a deficiência de Mo, ocorre menor síntese da nitrogenase, resultando em menor atividade desta enzima e conseqüentemente, menor fixação biológica de nitrogênio pelo amendoim, o que pode interferir na produtividade de grãos da cultura.

Pereira et al. (1984) e Hungria e Neves (1986) relataram que a máxima atividade da enzima nitrogenase ocorre durante o florescimento e início do enchimento de grãos, sendo estes estágios os de maior demanda por nitrogênio no feijoeiro e nem sempre o solo consegue suprir esta demanda, sendo a fixação biológica extremamente importante.

Pessoa (1998), em três experimentos com a cultura do feijão, demonstrou a evidente importância da adubação foliar com molibdênio para aumentar e prolongar a atividade da enzima nitrogenase durante o ciclo da cultura, aumentar a matéria seca dos nódulos, mantendo-os funcionais até a fase de florescimento, o que, certamente, contribuiu com a fixação biológica de nitrogênio. O autor constatou que a aplicação de molibdênio, aos 25 dias após a emergência, no primeiro experimento, cultivo de outono-inverno, proporcionou um valor máximo de 244 mg de matéria seca de nódulos por planta

para a dose de  $120\text{g ha}^{-1}$  de molibdênio. No terceiro experimento, realizado durante o período de outono-inverno do ano seguinte, a máxima matéria seca de nódulos por planta, estimada, foi de  $152,8\text{ mg}$  conseguida com a dose estimada de  $108\text{ g ha}^{-1}$ .

Nos três experimentos de Pessoa (1998), constatou-se que a adubação foliar com molibdênio proporcionou além do aumento da atividade das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato, ampliação do período em que essas enzimas permaneceram com atividade mais alta, em comparação às plantas que não receberam molibdênio. Esses efeitos influenciaram, positivamente, o metabolismo do nitrogênio, resultando em maiores concentrações de N nas folhas e grãos. O metabolismo mais eficaz do nitrogênio aumentou o desenvolvimento e a produção final do feijoeiro, comparativamente as plantas que não receberam adubação molíbdica. Estes resultados ocorreram, principalmente, devido à baixa quantidade de molibdênio existente nos solos dos experimentos.

Pires (2003) observou que os componentes da produção do feijoeiro mais influenciados com a adubação molíbdica foliar foram o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e a massa de 100 grãos, refletindo diretamente na produtividade de grãos. Onde houve aplicação de Mo o incremento percentual foi de 9,5 % para a massa de 100 grãos, 62% para o número de vagens por planta e 8,5 % para o número de grãos por vagem. Em dois experimentos, um cultivado na safra verão-outono e outro na safra inverno-primavera, o autor constatou acréscimos na produtividade devido à aplicação foliar de  $80\text{ g ha}^{-1}$  de Mo. No experimento de verão-outono a produtividade de feijão passou de 902 para  $2.558\text{ kg ha}^{-1}$  e no de inverno-primavera passou de 1.833 para  $2.680\text{ kg ha}^{-1}$ , quando comparados com a testemunha. O autor ainda relatou que o aumento na massa de 100 grãos ocorreu, provavelmente, devido ao efeito do Mo nas enzimas redutase do nitrato e nitrogenase, porém não foram realizadas análises da atividade das mesmas. Estudos da atividade da enzima nitrogenase na cultura do amendoim ainda são escassos.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Histórico, localização e caracterização climática das áreas experimentais

Foram instalados 4 experimentos, sendo dois no ano agrícola 2008/2009, como amendoim “das águas”, e dois em 2009/2010, sendo um, também, como “das águas” e outro como “das secas”.

Em 2008/2009, num dos experimentos o amendoim foi semeado sobre a palhada da *B.brizantha*, e no outro sobre a palhada da *B.ruziziensis*. Em ambos, as doses de molibdênio foram fornecidas via tratamento de sementes. Em 2009/2010, um experimento foi semeado sobre a palhada da *B.brizantha* e o outro sobre a palhada de *B.decumbens*, respectivamente, como cultivo “das águas” e “das secas”. Nesse ano as doses de molibdênio foram fornecidas via pulverização foliar.

Nos três experimentos “das águas” utilizou-se a cultivar IAC Runner 886 e, no “das secas”, a cultivar IAC Tatu-ST.

A área, referente aos experimentos do ano agrícola 2008/2009, possui o seguinte histórico de rotação/sucessão de culturas de verão e inverno, desde 2002/2003: milho/aveia branca, soja/aveia branca, milho/forageira, milho/forageira, feijão/milho consorciado com forrageira, respectivamente, para os anos agrícolas 2002/2003, 2003/2004, 2004/2005, 2005/2006, e 2006/2007. Na safra 2007/2008 a área foi mantida com as forrageiras

*B. brizantha* e *B. ruziziensis* as quais foram dessecadas para a instalação da cultura do amendoim.

A área, referente ao experimento “das águas” do ano agrícola 2009/2010, foi cultivada com pastagem de *B.brizantha* por 20 anos após a erradicação da cultura do café, não sendo cultivado nenhum outro tipo de cultura até a data de instalação do experimento.

O histórico da área do experimento “das secas” conduzido no ano agrícola 2009/2010, desde a sua incorporação pela UNESP, sempre foi pastagem de *B.decumbens*, sendo caracterizada, no momento da instalação do experimento, como degradada quanto aos critérios de fertilidade do solo.

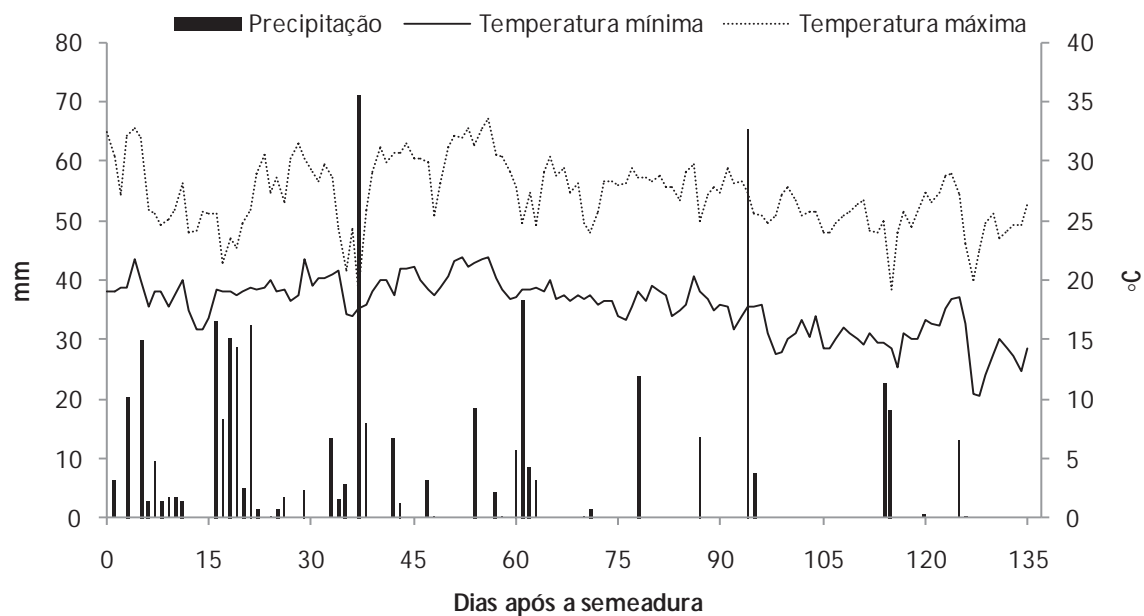
Os experimentos “das águas” foram instalados na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA, Campus de Botucatu/UNESP, localizada no município de Botucatu (SP), latitude 22° 51’ S, longitude 48° 26’ W Grw. e altitude de 780 m. Mediante levantamento detalhado realizado por Carvalho et al. (1983) e utilizando-se o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006), o solo, dos experimentos do ano agrícola 2008/2009, é denominado de Latossolo Vermelho distroférico, textura argilosa, e do experimento “das águas” do ano agrícola 2009/2010 é denominado Latossolo Vermelho alumínico, textura argilosa.

O experimento “das secas” foi instalado na Fazenda São Manuel, pertencente a mesma instituição, no Município de São Manuel (SP), latitude 22° 45’ S, longitude 48° 30’ W Grw. e altitude de 709 m de altitude, em Neossolo quartzarênico, textura arenosa.

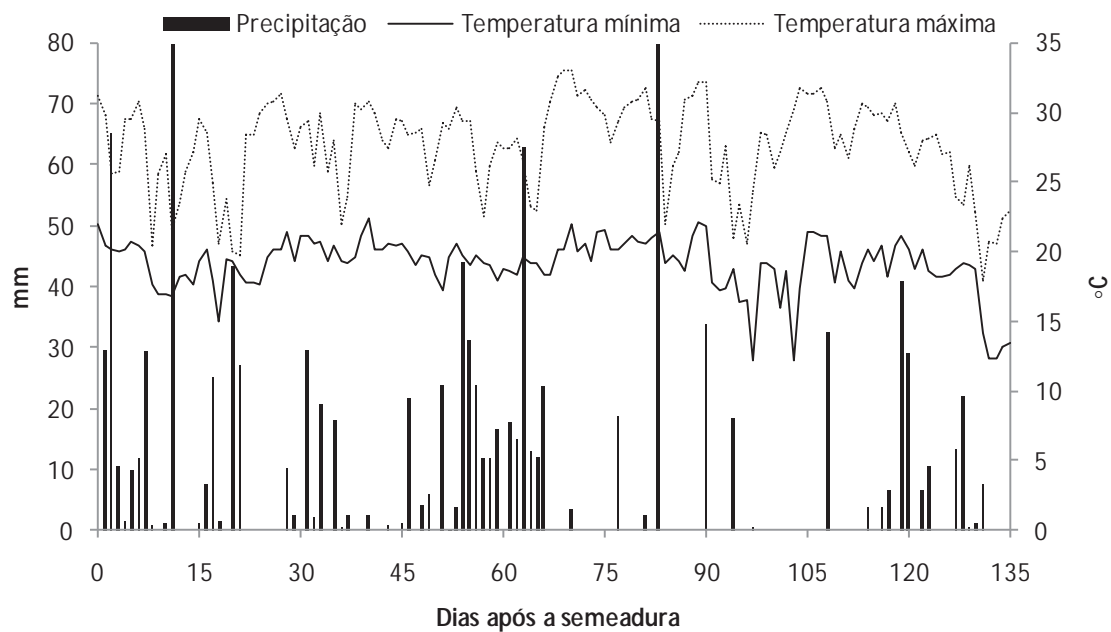
O clima predominante em ambas as fazendas é do tipo Cwa, segundo a classificação climática de Köppen, ou seja, tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (LOMBARDI NETO; DRUGOWICH, 1994).

Os dados diários referentes à precipitação pluvial e às temperaturas máxima e mínima durante a condução dos experimentos foram obtidos do Centro Meteorológico da Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, e estão contidos nas Figuras 1, 2 e 3.

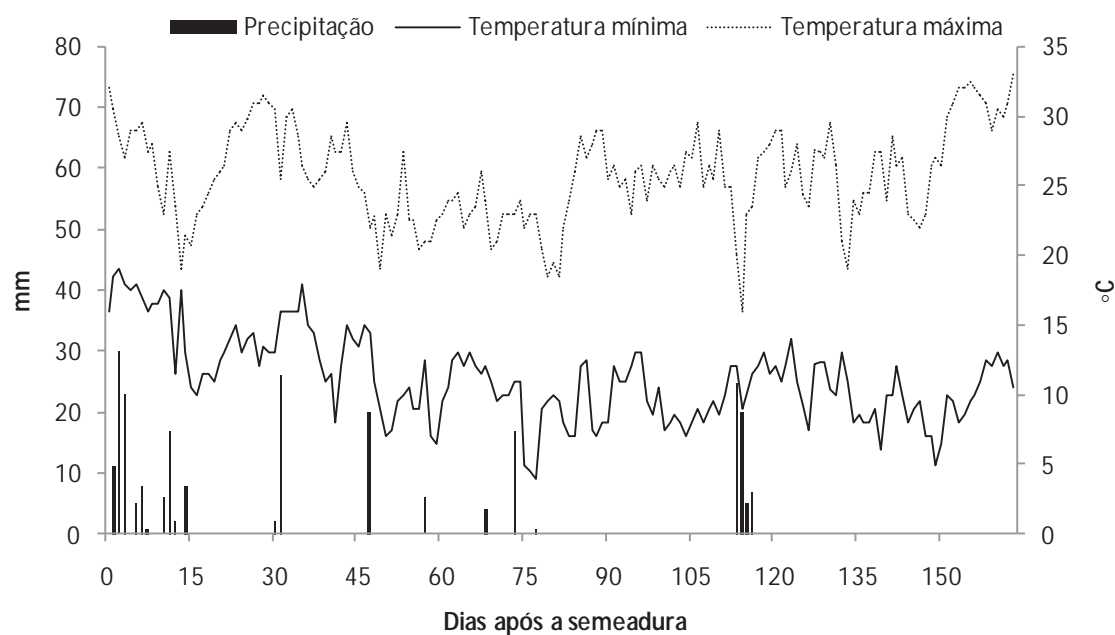




**Figura 1.** Precipitação, temperaturas mínimas e máximas em função dos dias após a semeadura da cultura do amendoim realizada em janeiro de 2009.



**Figura 2.** Precipitação, temperaturas mínimas e máximas em função dos dias após a semeadura da cultura do amendoim realizada em novembro de 2009.



**Figura 3.** Precipitação, temperaturas mínimas e máximas em função dos dias após a semeadura da cultura do amendoim realizada em março de 2010.

Antes da instalação dos experimentos, realizou-se caracterização química do solo na camada de 0 a 0,20 m de profundidade, para fins de fertilidade, conforme Raij et al. (2001) (Tabela 1), inclusive de molibdênio disponível, por meio de adaptação do método descrito por Dallpai (1996) realizada por Pereira (2010). A extração do molibdênio disponível do solo foi efetuada através da resina trocadora de íons. O método de extração com resina descrito por Dallpai (1996), consistiu primeiramente na preparação da resina com solução de bicarbonato de sódio com concentração de  $2 \text{ Mol L}^{-1}$  durante 2 horas e lavada com água deionizada por 4 horas. Em seguida, para que fosse realizada a extração, adicionou-se  $2,5 \text{ cm}^3$  de solo no copo plástico ao qual se adicionou uma esfera de vidro e 50 mL de água deionizada. Agitou-se por 15 minutos. Na seqüência foram adicionados  $2,5 \text{ cm}^3$  de resina, e agitou-se por 16 horas. Para a separação da resina do solo, esta foi retirada da solução, lavada com água deionizada e colocada em outro recipiente com capacidade de 100 mL e adicionou-se 20 mL da solução ( $\text{NaNO}_3 \text{ } 2 \text{ Mol L}^{-1} + \text{HCL } 2 \text{ Mol L}^{-1}$  com pH de 1,3) que separa o molibdênio da resina (ADAPTADO De SIMS, 1996) e agitou-se por mais 2 horas em mesa de agitação de movimento orbital com velocidade de 240 rpm para desalojar o molibdênio da

resina, sendo filtrado o extrato em outro recipiente plástico. A determinação do molibdênio foi efetuada pelo método do iodeto de potássio, adaptado de Dallpai (1996) e realizado por Pereira (2010). Para a determinação pipetou-se 3 mL do extrato de solo, adicionou-se 1 mL da solução da solução  $\text{NH}_4\text{F}$   $2,5 \text{ g dm}^{-3}$ , e 1 mL da solução  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Em seguida acrescentou-se 1 mL da solução de iodeto de potássio, cronometrou-se rigorosamente, 10 minutos e realizou-se a leitura em absorbância, no comprimento de onda de 350 nm.

A análise textural foi realizada de acordo com o método descrito pela Embrapa (1997). O solo dos experimentos “das águas” do ano de 2008/2009 (Latosolo Vermelho distroférico) continha 159,3, 513,3, 327,2  $\text{g kg}^{-1}$  e os solos dos experimentos “das águas” e “das secas” de 2009/2010 (Latosolo Vermelho alumínico e Neossolo Quartzarênico) continham, respectivamente, 309, 413 e 277  $\text{g kg}^{-1}$  e 894, 30, 76  $\text{g kg}^{-1}$  de areia, argila e silte.

**Tabela 1.** Características químicas do solo (0-0,20 m) das áreas experimentais antes da instalação dos experimentos.

Experimento	pH	M.O.	P(resina)	H+Al	Al	K	Ca	Mg	CTC	V
	(CaCl <sub>2</sub> )									
2008/2009		g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						%
“das águas”	4,6	36	12	69,4	3,3	2,0	26,7	16,7	81,3	39,4
Latossolo	Fe		Cu		Mn		Zn		B	
Vermelho	-----mg dm <sup>-3</sup> -----									
distroférico	20		10,76		125,3		2,82		0,44	
2009/2010	pH	M.O.	P(resina)	H+Al	Al	K	Ca	Mg	CTC	V
“das águas”	(CaCl <sub>2</sub> )									
Latossolo		g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						%
Vermelho	4,9	31	5	44,4	1,3	2,7	25,7	13,3	86,0	48,4
alumínico	Fe		Cu		Mn		Zn		B	
	-----mg dm <sup>-3</sup> -----									
	19,3		5,67		18,2		0,61		0,19	
2009/2010	pH	M.O.	P(resina)	H+Al	Al	K	Ca	Mg	CTC	V
“das secas”	(CaCl <sub>2</sub> )									
Neossolo		g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						%
Quartzarênico	5,3	10	3,4	16,9	1,0	0,7	8	5	31,0	45,7
	Fe		Cu		Mn		Zn		B	
	-----mg dm <sup>-3</sup> -----									
	7,0		0,75		38,3		0,5		0,07	

Cada amostra foi composta por 12 amostras simples.

A quantidade de molibdênio disponível no solo dos experimentos “das águas” de 2008/2009 (Latossolo Vermelho distroférico) foi 0,08 mg kg<sup>-1</sup>, aproximadamente a metade do valor médio da maioria dos solos agrícolas (MENGEL; KIRKBY, 1987). Nos demais (Latossolo Vermelho alumínico e Neossolo Quartzarênico) o valor da determinação do molibdênio no solo foi de 0,003 mg kg<sup>-1</sup>.

## 5.2 Delineamento experimental e tratamentos

Os experimentos foram instalados no delineamento de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelo fator inoculação (1- sem e 2- com inoculação artificial com estirpe específica para o amendoim de bactéria *Bradyrhizobium* spp.) e as subparcelas pelo fator adubação molíbdica (0, 27,5, 55 e 110 g ha<sup>-1</sup> fornecidos via semente nos experimentos semeados em janeiro de 2009 e 0, 50, 100 e 200 g ha<sup>-1</sup> fornecidos via pulverização foliar para os experimentos semeados em novembro de 2009 e março de 2010). A fonte utilizada foi o molibdato de amônio.

As doses aplicadas via foliar foram maiores em relação às aplicadas via tratamento de sementes, pois foram consideradas as possíveis perdas relacionadas à pulverização foliar. Ressalta-se que a dose recomendada de molibdato de amônio por Quaggio e Godoy (1997) equivale a dose de 55 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio.

Cada unidade experimental dos experimentos semeados em 2009 foi formada por 6 fileiras de plantas de 8 m de comprimento espaçadas em 0,90 m, já para o experimento semeado em março de 2010 cada unidade experimental foi formada por 10 fileiras de plantas de 8 m de comprimento espaçadas em 0,45 m. Considerou-se como área útil para avaliações as quatro fileiras centrais, desprezando 50 cm na extremidade de cada fileira de plantas, definindo assim a bordadura.

## 5.3 Caracterização das cultivares de amendoim

A cultivar IAC Runner 886 apresenta as seguintes características: hábito de crescimento rasteiro, ciclo de 125 a 130 dias, grãos com tegumento róseo, e rendimento de 18 a 20 kg de grãos por saca de 25 kg de amendoim em casca, predominância de grãos comerciais classificados nas peneiras 24 e 26, vagens com média de 2 grãos, teor de óleo nos grãos em torno de 46 a 48%, rendimento de grãos de aproximadamente 70% e potencial produtivo de 6.500 kg ha<sup>-1</sup>.

A cultivar IAC Tatu –ST caracteriza-se por ser de porte ereto, ciclo precoce de 90 a 100 dias, grãos com tegumento vermelho, grãos comerciais classificados em

peneiras iguais ou maiores que 22, vagens com 3 a 4 grãos, teor de óleo nos grãos em torno de 47 a 49%, rendimento de grãos de aproximadamente 70% e produtividade de grãos de 2.000 a 3.000 kg ha<sup>-1</sup>.

#### 5.4 Instalação e condução dos experimentos

Um dia antes do manejo químico das áreas experimentais nos mesmos pontos onde foram retiradas as amostras para a caracterização química do solo (12 amostras), foram realizadas coletas da cobertura vegetal presente sobre o solo com o auxílio de um quadro de madeira (0,25 m<sup>2</sup> de área interna) e tesoura de poda, coletando-se toda palha contida na área interna do quadro. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e secadas em estufa com circulação forçada de ar a 60°C por 72 horas. Posteriormente realizou-se a pesagem para determinação da quantidade de matéria seca, sendo os valores obtidos para o ano agrícola 2008/2009 de 14.416 e 12.456 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca, respectivamente da *B.brizantha* e *B.ruziziensis*. No ano agrícola de 2009/2010, os valores obtidos foram 14.240 e 2.880 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca, respectivamente, da *B.brizantha* e *B.decumbens*.

A dessecação das áreas foi realizada no dia 07 de janeiro de 2009 e 18 de novembro de 2009, respectivamente, para os experimentos “das águas” de 2008/2009 e de 2009/2010. No dia 19 de março de 2010 foi dessecada a área para a instalação do experimento do cultivo “das secas”. Em todas as áreas utilizou-se o herbicida glyphosate (1981 g do i.a ha<sup>-1</sup>).

Os experimentos foram semeados no dia 09 de janeiro de 2009, 26 de novembro de 2009 e dia 23 de março de 2010, utilizando uma semeadora adubadora modelo Personalle Drill 13 Semeato, para plantio direto. Utilizou-se o espaçamento de 0,9 m e a densidade de 24 sementes viáveis por metro para os experimentos “das águas” e o espaçamento de 0,45m e a densidade de 16 sementes viáveis por metro no experimento “das secas”.

As sementes da cultivar IAC Runner 886 e IAC TATU-ST foram adquiridas já previamente tratadas com inseticida, respectivamente, na COPLANA (unidade de Jaboticabal-SP) e no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

Momentos antes da semeadura dos experimentos do ano agrícola de 2008/2009 foi realizada, numa primeira etapa, a aplicação do molibdênio nas sementes e, logo em seguida, a inoculação com as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* spp. (Estirpe Semia 6144 - concentração mínima de  $1 \times 10^9$  células viáveis por grama), na dosagem de 200 g do produto comercial à base de turfa para cada 50 kg de sementes de amendoim, conforme descrição dos tratamentos. Essa estirpe é resultante do trabalho de pesquisa e controle de qualidade desenvolvido pela Stoller do Brasil Ltda.

Quanto aos experimentos “das águas” e “das secas” do ano agrícola 2009/2010 procedeu-se somente a inoculação, conforme descrição acima, pois a aplicação das doses de molibdênio foi realizada via foliar.

A adubação de semeadura foi realizada com base nas recomendações sugeridas por Quaggio e Godoy (1997) levando em consideração as características químicas do solo, tendo sido aplicados  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Superfosfato Simples) e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (KCl) nos experimentos do ano agrícola de 2008/2009 (Latosolo Vermelho distroférico). Nos experimentos “das águas” (Latosolo Vermelho alumínico) e “das secas” (Neossolo Quartzarênico) do ano agrícola 2009/2010, aplicou-se, respectivamente,  $130 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Superfosfato Simples) e  $35 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (KCl) e  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Superfosfato Simples) e  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (KCl).

A emergência das plântulas ocorreu aos 11 dias após a semeadura (DAS), para os experimentos do ano agrícola 2008/2009, e aos 10 e 7 DAS, respectivamente, para os experimentos “das águas” e “das secas” de 2009/2010.

Realizou adubação de cobertura apenas no experimento “das águas”, do ano agrícola 2009/2010, aos 20 DAE, com  $41 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , na forma de KCl. No experimento “das secas” aplicou-se, aos 40 DAE,  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de gesso agrícola ( $48 \text{ kg ha}^{-1}$  de Ca e  $45 \text{ kg ha}^{-1}$  de S).

As doses de molibdênio foram fornecidas, via aplicação foliar, no pré-florescimento da cultura do amendoim, aos 25 e 35 DAE, respectivamente para os cultivos “das águas” e “das secas” do ano agrícola 2009/2010. Para essa aplicação, utilizou-se um pulverizador manual, pressurizado a  $\text{CO}_2$ , equipado com barra de aplicação contendo quatro pontas Teejet XR 11002 VS, à 200 Kpa de pressão e  $200 \text{ L ha}^{-1}$ .

Durante todo o período de desenvolvimento da cultura foram realizadas todas as práticas agrícolas, de acordo com a necessidade. Os herbicidas fluazifope-p-butil + fomesafen e setoxydim não possuem registro para a cultura do amendoim, porém por se tratar de pesquisa fez-se o uso dos mesmos e as aplicações foram eficazes.

Assim, nos experimentos do ano agrícola 2008/2009, o controle de plantas daninhas foi realizado com a aplicação do herbicida fluazifope-p-butil + fomesafen (160 + 200 g do i.a. ha<sup>-1</sup>) aos 15 DAE. Com relação ao controle de doenças, aos 15 DAE aplicou-se epoxiconazol + piraclostrobina (30 + 79 g do i.a. ha<sup>-1</sup>), aos 30 DAE tebuconazole (200 g do i.a. ha<sup>-1</sup>), aos 52 DAE clorotalonil + tiofanato metílico (875 + 350 g do i.a. ha<sup>-1</sup>) e aos 81 DAE propiconazol + trifloxistrobina (75 + 75 g do i.a. ha<sup>-1</sup>). Para o controle de pragas, aos 15, 30, 45 e 65 DAE, aplicou-se, respectivamente, os inseticidas deltametrina (20 g do i.a. ha<sup>-1</sup>), metamidofós (480 g do i.a. ha<sup>-1</sup>), lambda-cialotrina + tiametoxam (28 + 21 g do i.a. ha<sup>-1</sup>) e metamidofós (480 g do i.a. ha<sup>-1</sup>).

No experimento “das águas” do ano agrícola de 2009/2010 o controle de plantas daninhas foi realizado com a aplicação do herbicida fluazifope-p-butil + fomesafen (160 + 200 g do i.a. ha<sup>-1</sup>) aos 38 DAE. Com relação ao controle de doenças, aos 32 DAE aplicou-se clorotalonil + tiofanato metílico (875 + 350 g do i.a. ha<sup>-1</sup>), aos 40 DAE epoxiconazol + piraclostrobina (30 + 79 g do i.a. ha<sup>-1</sup>), aos 54 DAE tebuconazol (100 g do i.a. ha<sup>-1</sup>) e aos 81 DAE propiconazol + trifloxistrobina (75 + 75 g do i.a. ha<sup>-1</sup>). Para o controle de pragas, aos 17 DAE aplicou-se o inseticida lambda-cialotrina + tiametoxam (28 + 21 g do i.a. ha<sup>-1</sup>), aos 40 DAE deltametrina (7,5 g do i.a. ha<sup>-1</sup>) e aos 81 DAE metamidofós (480 g do i.a. ha<sup>-1</sup>).

No experimento “das secas” o controle de plantas daninhas foi realizado com a aplicação dos herbicidas setoxydim (230 g i.a. ha<sup>-1</sup>), aos 20 DAE, e fluazifope-p-butil + fomesafen (160 + 200 g do i.a. ha<sup>-1</sup>), aos 37 DAE. Com relação ao controle de doenças, aos 36 DAE aplicou-se clorotalonil + tiofanato metílico (875 + 350 g do i.a. ha<sup>-1</sup>), aos 67 DAE epoxiconazol + piraclostrobina (30 + 79 g do i.a. ha<sup>-1</sup>) e aos 95 DAE tebuconazol (100 g do i.a. ha<sup>-1</sup>). Para o controle de pragas, aos 20 DAE aplicou-se o inseticida lambda-cialotrina + tiametoxam (28 + 21 g do i.a. ha<sup>-1</sup>), aos 67 DAE acethate (0,375 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e aos 81 DAE metamidofós (480 g do i.a. ha<sup>-1</sup>).



A colheita dos experimentos do ano agrícola de 2008/2009 foi realizada no dia 24 de maio de 2009. Os experimentos “das águas” e “das secas” do ano agrícola 2009/2010 foram colhidos, respectivamente, no dia 10 de abril de 2010 e 02 de setembro de 2010.

## **5.5 Avaliações**

### **5.5.1 Estado nutricional das plantas**

Para avaliação do estado nutricional, realizou-se a amostragem entre o início do florescimento e início da formação dos ginóforos, aproximadamente 30 DAE, para os cultivos “das águas”, e 46 DAE, para o cultivo “das secas”, coletando-se o tufo apical do ramo principal de 50 plantas, de acordo com Quaggio e Godoy (1997). As folhas foram submetidas a lavagem rápida com água destilada e colocadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60-70°C, por 72 horas, sendo em seguida moídas em moinho tipo Willey. Foram analisados os teores de N, P, K, Ca, Mg e S, segundo MALAVOLTA et al. (1997) e Mo (Adaptado de DALLPAI, 1996; PESSOA, 1998 citados por PEREIRA, 2010).

### **5.5.2 Componentes da produção, produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos**

**5.5.2.1** População de plantas: determinada uma semana antes da colheita através da contagem das plantas em duas linhas de 7 m na área útil das parcelas, posteriormente os resultados foram convertidos para mil plantas ha<sup>-1</sup>.

**5.5.2.2** Número de vagens granadas por planta: foi obtido por meio da contagem do número total de vagens granadas contidas em 10 plantas, coletadas em seqüência na terceira linha de cada unidade experimental desprezando-se a 0,50 m da extremidade, e posteriormente dividiu-se por 10.

**5.5.2.3** Número de grãos por vagem: relação entre o número total de grãos pelo número total de vagens contidos em 10 plantas.

**5.5.2.4** Massa de 100 grãos: Foi obtido através da coleta ao acaso e pesagem de 4 amostras de 100 grãos por unidade experimental, corrigindo-se o teor de água a  $90 \text{ g kg}^{-1}$  (base úmida).

**5.5.2.5** Produtividade de vagens: as plantas da área útil de cada subparcela foram arrancadas manualmente e deixadas para secagem a pleno sol. Após a secagem, as mesmas foram submetidas a despenca para separação das vagens, que após pesagem os dados foram transformados em  $\text{kg ha}^{-1}$  (teor de água de  $90 \text{ g kg}^{-1}$  - base úmida).

**5.5.2.6** Rendimento (%): Estimado através da relação peso de grãos/peso de vagens de duas amostras de 500 g por unidade experimental.

**5.5.2.7** Produtividade de grãos: Estimada por meio da multiplicação dos valores de produtividade de vagens pelos de rendimento dividido por 100.

## **5.6 Nodulação e atividade da enzima nitrogenase**

Essa avaliação foi realizada apenas nos experimentos do ano agrícola de 2009/2010. Para tal, plantas do experimento “das águas” foram coletadas no início da frutificação (46 DAE) e no início da formação das sementes (64 DAE), e do experimento “das secas” no início do florescimento (51 DAE). Em cada avaliação foram coletadas cinco plantas sob as mesmas condições, principalmente, de luz, temperatura e umidade.

### **5.6.1 Nodulação**

**5.6.1.1** Número de nódulos por planta: com o auxílio de pá reta e enxadão, foram coletadas 5 plantas sucessivas por subparcela, retirando todo o solo contido na faixa de 0,1m de cada lado

da linha de plantas e 0,3m de profundidade. As plantas foram levadas ao laboratório para lavagem do sistema radicular e contagem do número de nódulos.

**5.6.1.2** Matéria seca de nódulos por planta: Após avaliação do número de nódulos por planta, os nódulos foram secados em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, por 72 horas, e posteriormente pesados.

### **5.6.2 Atividade da enzima nitrogenase (método da redução do acetileno)**

A atividade da enzima nitrogenase foi medida indiretamente pelo método de redução do acetileno (HARDY et al., 1968). É um método eficaz e rápido para a determinação quantitativa do N<sub>2</sub> fixado, é baseado na relação entre a redução do acetileno a etileno e nitrogênio a amônia pela enzima nitrogenase, consiste na análise por cromatografia gasosa do etileno produzido quando os sistemas fixadores de N<sub>2</sub> são expostos ao gás acetileno.

As raízes foram destituídas do excesso de solo e colocadas em frascos de 100 ml, após isso os frascos foram hermeticamente fechados. O acetileno foi aplicado à base de 10% do volume do frasco, tendo-se o cuidado de retirar previamente este mesmo volume de ar, para que a pressão não fosse alterada. Os frascos foram incubados em lugar sombreado, com temperatura média de 25°C, por 0,5 hora. Após este período de incubação, 0,5 mL da atmosfera dos frascos foi retirado com seringas de insulina e injetado no cromatógrafo a gás. As análises de redução do acetileno foram feitas em cromatógrafo de gás (Laboratório de pós-colheita de produtos hortícolas, ESALQ/USP), usando um detector de chama de hidrogênio a 125°C e coluna de vidro de 0,5 m e 0,005 m de diâmetro, contendo resina poropac N de 80 a 100 mesh a 50°C, com N<sub>2</sub> como gás de arraste a um fluxo de 40 mililitros.minuto<sup>-1</sup>. O padrão de etileno foi determinado injetando-se no cromatógrafo 0,5 mL de etileno puro, na concentração de 500 ppm. Foram feitas cinco injeções de etileno e o valor médio de altura dos vários picos obtidos foi utilizado nos cálculos posteriores. Possível contaminação do gás acetileno utilizado, com gás etileno, foi verificada por meio da injeção de 0,5 mL de acetileno puro no cromatógrafo; para esta verificação, utilizou-se a menor atenuação possível, de modo que a presença de pequenos vestígios do gás etileno pudesse ser constatada.

O cálculo da atividade da nitrogenase foi efetuado através da seguinte equação:

$$AN = \frac{Hp \text{ etileno amostra} \times At}{22,4 \times 0,5 \text{ hora}} \times \frac{500 \times \text{volume do frasco}}{Hp \text{ etileno padrão} \times At}$$

Em que:

AN = atividade da nitrogenase ( $\mu\text{moles C}_2\text{H}_4 \cdot \text{h}^{-1}$ )

Hp = altura do pico

At = atenuação

O resultado foi dividido pelo número de raízes das plantas utilizadas para que o resultado final fosse em  $\mu\text{moles C}_2\text{H}_4 \cdot \text{Planta}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ .

### 5.6.3 Atividade específica da enzima nitrogenase

Os resultados foram obtidos por meio da relação entre o valor da atividade da nitrogenase e a correspondente matéria seca dos nódulos, com base no estudo de Kubota et al. (2008).

## 5.7 Análise estatística

Todos os dados foram submetidos à análise de variância seguindo o esquema de parcelas subdivididas. Para comparação das médias do fator inoculação, adotou-se o método de comparação de médias não-protetidas (VIEIRA, 1999), ou seja, independentemente do resultado do teste F, mediante o teste t (LSD), a 10% de probabilidade. Os dados do fator doses de molibdênio foram ajustados a funções matemáticas adotando-se como critério para escolha do modelo a magnitude dos coeficientes de regressão significativos a 10% de probabilidade pelo teste F. Foi utilizado o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000) para realização das análises.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Ano agrícola 2008/2009 - cultivo sobre palhada de *B. brizantha*

#### 6.1.1 Teores de macronutrientes e molibdênio

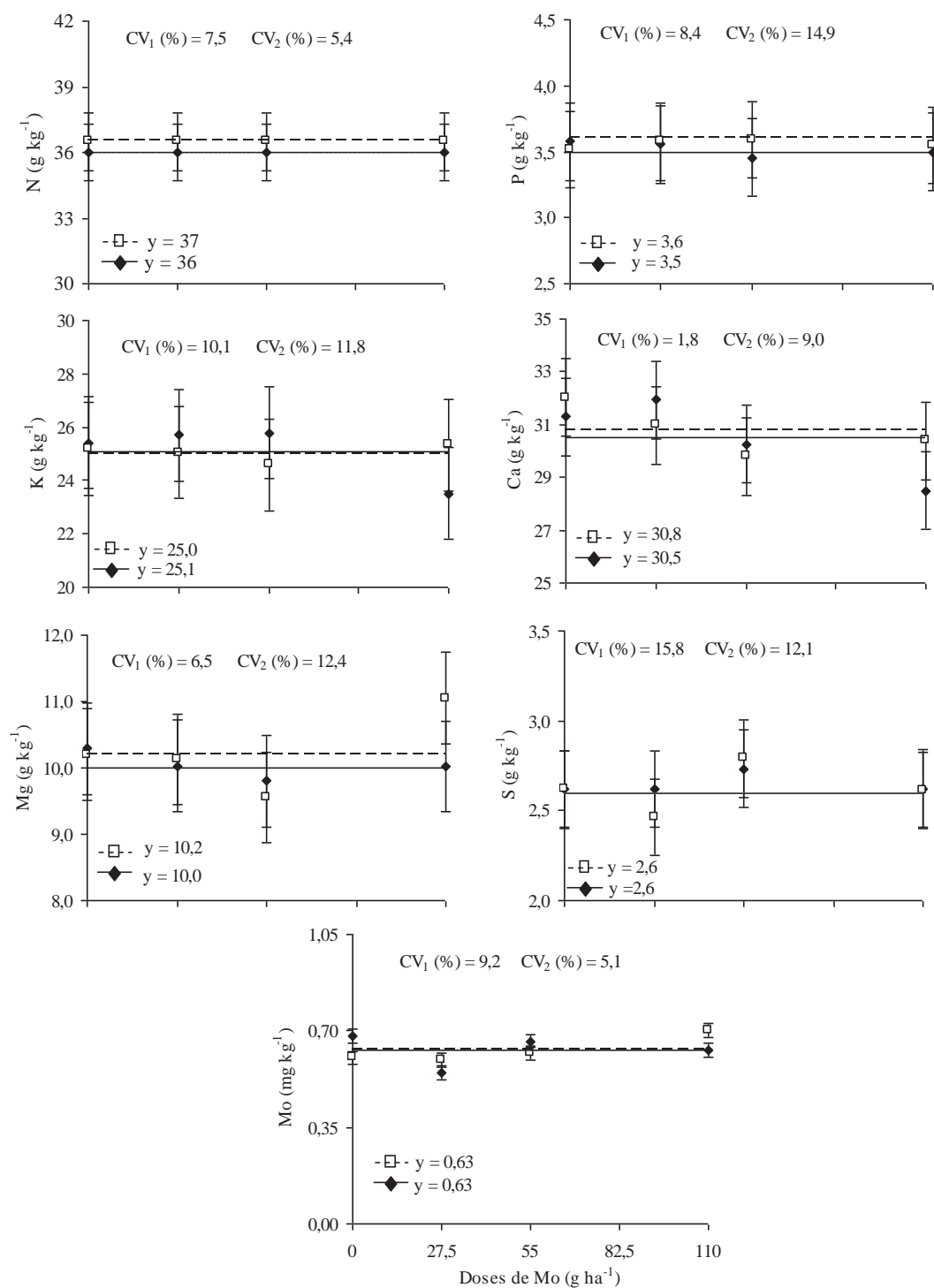
Os fatores estudados bem como a interação entre esses não influenciaram os teores foliares dos macronutrientes e Mo (Figura 4). Os teores de N, P, K, S e Mo estavam dentro dos níveis considerados adequados para a cultura, e os teores de Ca e Mg acima (QUAGGIO; GODOY, 1997).

O molibdênio é um micronutriente que está diretamente relacionado com o metabolismo do nitrogênio nas plantas, porém a quantidade de  $0,08 \text{ mg kg}^{-1}$  de molibdênio disponível no solo garantiu o suprimento deste elemento às plantas, não havendo diferenças nos teores de N entre os tratamentos (Figura 4). Um dos fatores limitantes a resposta das culturas à adubação molíbdica é quando se tem quantidade satisfatória de Mo disponível no solo (ISHIZUKA, 1982), o caso deste experimento.

Este estudo foi conduzido sobre a palhada da *B. brizantha* que produziu  $14.416 \text{ kg ha}^{-1}$  de matéria seca, em área que possui histórico de cultivo anterior com leguminosas. O histórico de cultivo com leguminosas favorece o desenvolvimento das populações de rizóbios nativa e como havia quantidade satisfatória de Mo disponível no solo, estes dois fatores aliados, garantiram a nutrição nitrogenada da cultura, não havendo efeito da

adubação molíbdica e da inoculação. A maior barreira para o sucesso do uso de estirpes específicas de *Bradyrhizobium* spp. na cultura do amendoim é a dificuldade de competição destas com as estirpes nativas do solo (BEATTIE et al., 1989).

Outro fator que dificulta a competição das estirpes dos inoculantes com as estirpes nativas, na colonização da rizosfera das espécies hospedeiras, é que geralmente as estirpes nativas de *Bradyrhizobium* spp. encontram-se distribuídas ao longo do perfil do solo, enquanto que as estirpes inoculadas nas sementes permanecem concentradas na camada superficial do perfil do solo correspondente à profundidade de semeadura (GARCIA et al., 2002; BOGINO et al., 2008; GARCIA et al., 2009).



**Figura 4.** Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S e Mo da cultura amendoim em função da adubação molíbdica, sem (□) e com (◆) a aplicação de inoculante. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente.

### 6.1.2 Componentes da produção, produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos

Assim como não houve diferença na nutrição do amendoim em função dos fatores, também não foram constatadas alterações nos valores dos componentes da produção, produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos (Figura 5).

Deve ser ressaltado que a produtividade de vagens poderia ter sido maior que as obtidas, na média 2.788 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 5), uma vez que a semeadura foi realizada em início de janeiro. Por se tratar de um cultivar de ciclo maior que o IAC Tatu-ST, redução da disponibilidade hídrica em parte do ciclo pode ter limitado o teto produtivo (Figura 1).

Contudo, pelas produtividades obtidas neste estudo é importante destacar a possibilidade de se semear o amendoim em SSD, em sucessão às plantas com elevada produção de fitomassa como as do gênero *Brachiaria*, mesmo com grande quantidade de palha na superfície (14.416 kg ha<sup>-1</sup>), sem que haja prejuízo no estabelecimento e produtividade da cultura (CRUSCIOL; SORATTO, 2007).

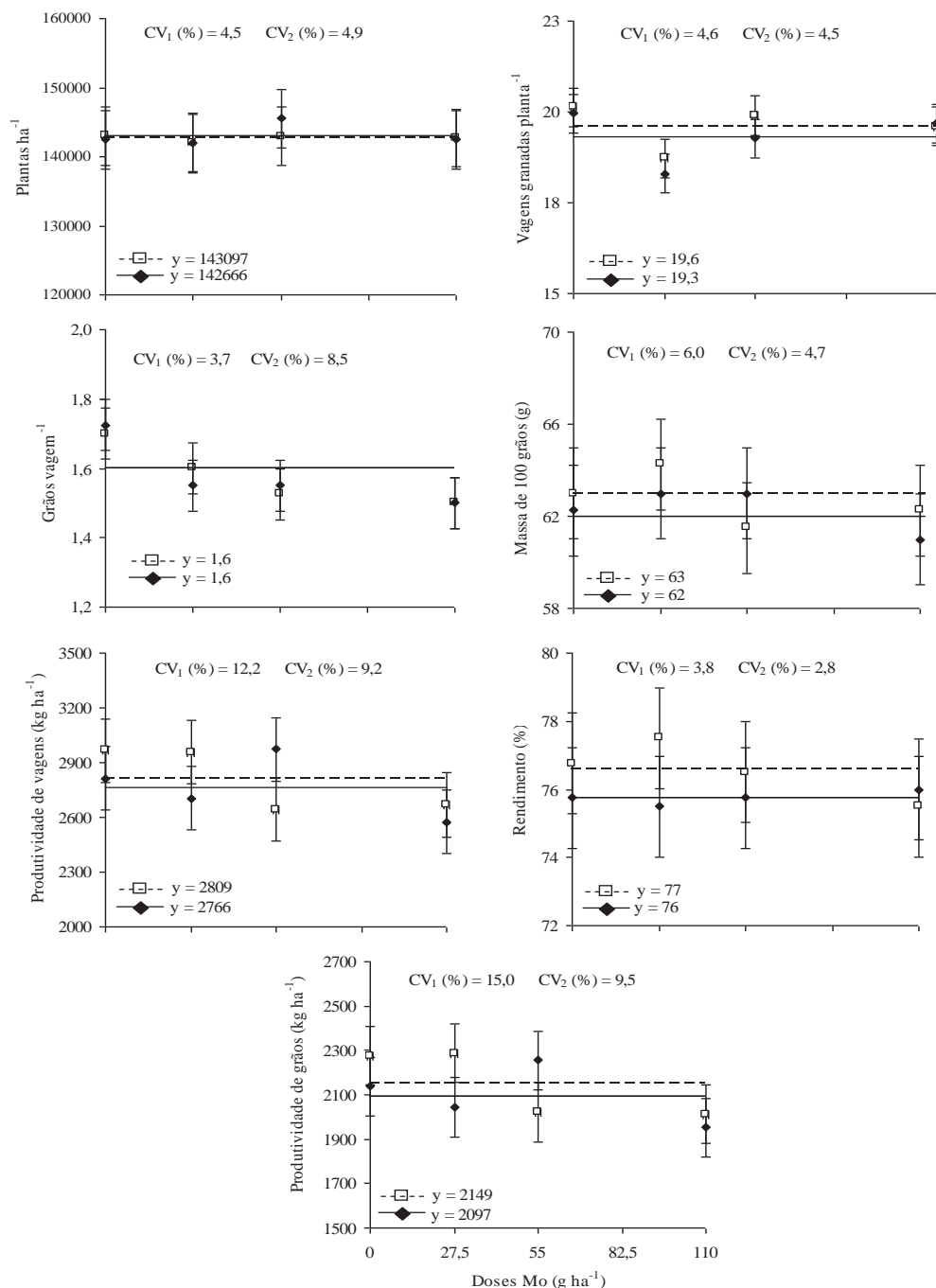
Fernandes (2008) estudando épocas de aplicação e doses de cobalto + molibdênio, em um Latossolo Vermelho Distroférrico muito argiloso (EMBRAPA, 2006) sobre preparo de solo convencional, concluiu que as aplicações de Co + Mo até a dosagem de 16 + 160 g ha<sup>-1</sup> via foliar ou via semente não influenciaram a produtividade de vagens do amendoim.

Considerando-se áreas em SSD, as produtividades de vagens do presente estudo foram superiores às obtidas por Marques (2008), que utilizou a mesma cultivar, e Crusciol e Soratto (2007) com a cultivar IAC Tatu-ST, porém no cultivo “das secas”. Os valores de número de vagens por planta, rendimento, produtividade de vagens e grãos estão entre os valores mínimos e máximos obtidos por Bolonhezi et al. (2007) em experimento de longa duração sobre palhada de cana-de-açúcar.

Marques (2008) obteve produtividade de vagens da ordem de até 3.000 kg ha<sup>-1</sup>, valor muito próximo do obtido no presente estudo, porém em semeaduras realizadas na segunda quinzena de novembro, ou seja, 1,5 meses antes da realizada neste trabalho. Crusciol e Soratto (2007) obtiveram produtividades de vagens da cultura do amendoim “das



secas”, semeado diretamente sobre as palhadas da *B. brizantha*, milho e *Panicum*, respectivamente, de 1.741, 2.074 e 1.775 kg ha<sup>-1</sup>.



**Figura 5.** População de plantas, vagens granadas por planta, grãos por vagem, massa de 100 grãos, produtividade de vagens, rendimento de grãos e produtividade de grãos da cultura amendoim em função da adubação molíbdica sem (□) e com (◆) a aplicação de inoculante. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente.

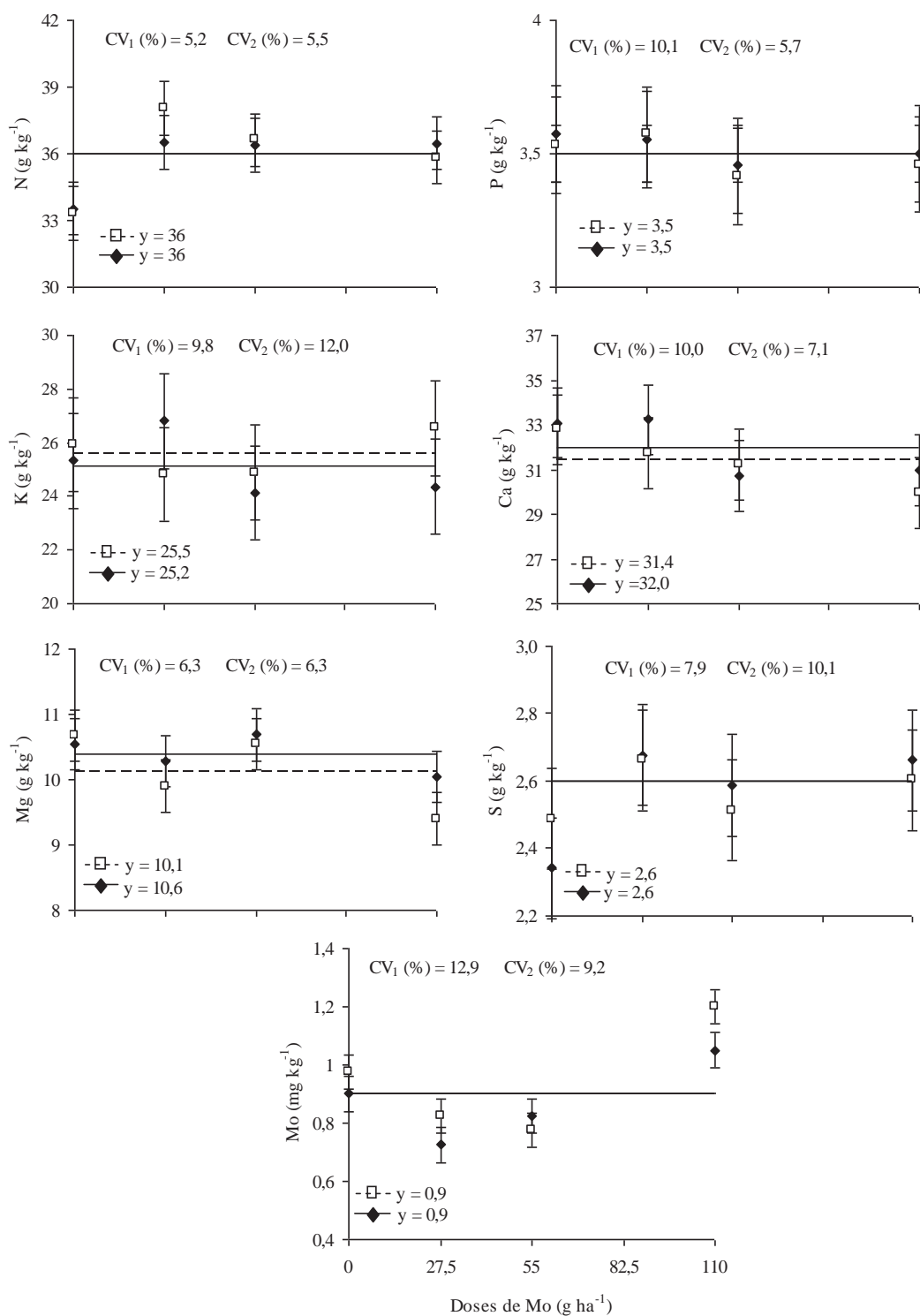
## 6.2 Ano agrícola 2008/2009 - cultivo sobre palhada de *B. ruziziensis*

### 6.2.1 Teores de macronutrientes e molibdênio

Como constatado no experimento sobre palhada de *B. brizantha*, do ano agrícola 2008/2009, os fatores também não influenciaram os teores foliares dos macronutrientes e Mo, quando o amendoim foi cultivado em SSD sobre palhada de *B. ruziziensis* (Figura 4). Os teores de N, P, K, S e Mo estavam dentro dos níveis considerados adequados, e os teores de Ca e Mg acima (Figura 6), segundo faixas publicadas por Quaggio e Godoy (1997).

É provável que a quantidade de Mo presente na área experimental, 0,08 mg kg<sup>-1</sup> de Mo disponível, tenha sido suficiente para a fixação simbiótica do N por parte dos rizóbios nativos, não havendo efeito da adubação molíbdica na nutrição nitrogenada da cultura. Ishizuka (1982) destacou que um dos fatores que podem limitar a resposta das culturas à adubação molíbdica é a quantidade satisfatória desse micronutriente no solo.

Este estudo foi conduzido sobre a palhada da *B. ruziziensis* que produziu 12.456 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca, em área que possui histórico de cultivo anterior com leguminosas. O histórico de cultivo com leguminosas favorece o desenvolvimento das populações de rizóbios nativa e como havia quantidade satisfatória de Mo disponível no solo, estes dois fatores aliados, garantiram a nutrição nitrogenada da cultura, não havendo efeito da adubação molíbdica e da inoculação. A introdução de novas estirpes de *Bradyrhizobium* spp., em áreas com provável diversidade populacional de microorganismos nativos fixadores de N, é uma das maiores limitações para o sucesso da inoculação artificial do amendoim (BEATTIE et al., 1989). Outro fator limitante é que os rizóbios nativos encontram-se amplamente distribuídos ao longo do perfil do solo, enquanto que as estirpes inoculadas nas sementes ocupam principalmente a camada superficial do solo correspondente à profundidade de semeadura (GARCIA et al., 2002; BOGINO et al., 2008; GARCIA et al., 2009).



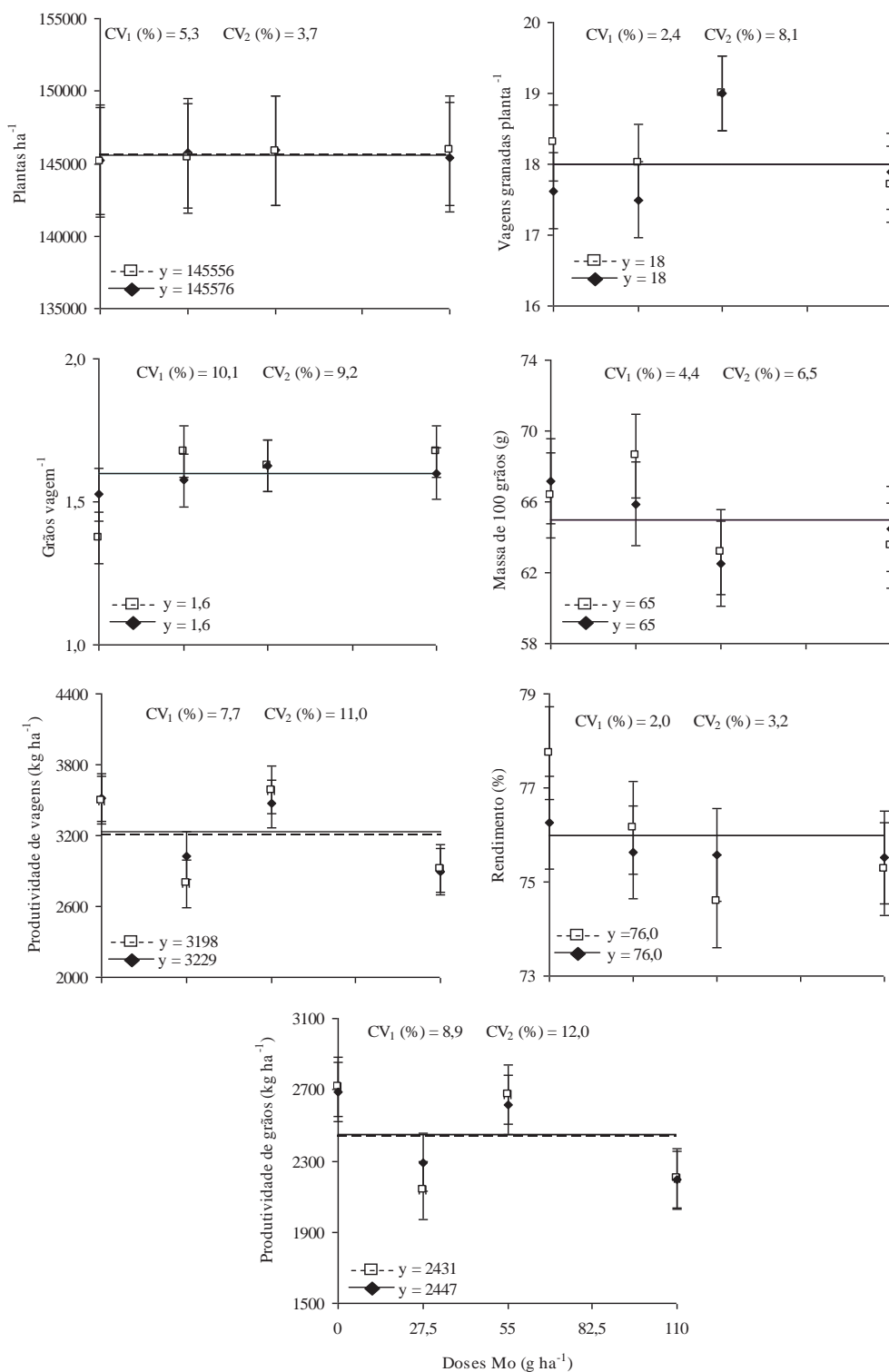
**Figura 6.** Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S e Mo da cultura do amendoim em função da adubação molíbdica, sem (□) e com (◆) a aplicação de inoculante. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente.

### 6.2.2 Componentes da produção, produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos

Apesar da semeadura ter ocorrido sobre palhada de *B. ruziziensis*, o solo da área experimental era o mesmo do experimento com *B. brizantha*. Dessa forma, também não ocorreu efeito dos fatores nos componentes da produção, produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos (Figura 7).

No entanto, a produtividade média do experimento, 3.214 kg ha<sup>-1</sup>, foi maior que a obtida sobre a palhada de *B. brizantha*. Quando comparado com outros experimentos, tanto sobre palhada de pastagens (*Panicum maximum* e *Brachiaria brizantha*) (CRUSCIOL; SORATTO, 2007) quanto de cana-de-açúcar (Bolonhezi et al. (2007), a produtividade pode ser considerada boa, apesar da diferença de cultivares e de época de semeadura. Com o mesmo cultivar e mesma região, Marques (2008) obteve, sobre palhada de milho (*Pennisetum glaucum*), produtividade de vagens de até 3.000 kg ha<sup>-1</sup>, muito próximo da obtida neste trabalho.

Fernandes (2008) também não observou efeito da adubação molíbdica na produtividade de vagens do amendoim e Giardini et al. (1985) não obtiveram resultados positivos na produtividade do amendoim em função da inoculação.



**Figura 7.** População de plantas, vagens granadas por planta, grãos por vagem, massa de cem grãos, produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos da cultura do amendoim em função da adubação molíbdica sem (□) e com (◆) a aplicação de inoculante. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente.

### 6.3 Ano agrícola 2009/2010 - cultivo sobre palhada de *B. brizantha*

#### 6.3.1 Nodulação e atividade da enzima nitrogenase

O número de nódulos por planta, aos 45 dias após a emergência das plantas (R3), não foi alterado pela aplicação de Mo nos tratamentos sem inoculação, ficando com valor médio de 357 nódulos por planta, sendo este valor superior aos observados por Borges et al. (2007) nesta mesma cultivar. Nos tratamentos com inoculação, a aplicação de molibdênio aumentou o número de nódulos até a dose de 128g ha<sup>-1</sup>. Contudo, sem a aplicação de Mo (Figura 8A) o número de nódulos por planta foi maior no tratamento sem inoculação (357), quando comparado ao tratamento com inoculação (283).

Quanto a matéria seca dos nódulos, a aplicação de Mo aumentou a mesma, tanto sem quanto com inoculação, atingindo os valores máximos estimados de 299 e 259 mg de matéria seca de nódulos por planta com as doses estimadas de 123 e 127 g ha<sup>-1</sup> de Mo, respectivamente (Figura 8C). No entanto, não houve diferença para essa variável sem e com inoculação em todas as doses de Mo. Borges et al. (2007) obtiveram valores da ordem de 143 e 46 mg de matéria seca de nódulos por planta na cultivar IAC Runner 886, avaliados aos 30 dias após o transplântio do amendoim, respectivamente, para argissolo e planossolo.

Os resultados obtidos aos 45 DAE, tem suporte no trabalho de De Souza et al. (2011), pois relataram que a aplicação de inoculante no feijoeiro não interferiu no número e na matéria seca de nódulos avaliados no florescimento pleno da cultura. Segundo os autores a formação de nódulos no feijoeiro sem a aplicação de inoculante é uma indicação da presença de estirpes nativas de microorganismos fixadores do N<sub>2</sub> e estas limitam o estabelecimento das estirpes inoculadas, que são mais eficientes (SILVA et al., 2009 e KANEKO et al., 2010). Da mesma forma, a semelhança na nodulação no início da frutificação do amendoim (45 DAE), entre os tratamentos com e sem a aplicação de inoculante, indica a presença de rizóbios nativos no solo.

Os valores da atividade da enzima nitrogenase, avaliada aos 45 DAE (Figura 9A), foram menores com a aplicação do inoculante em todas as doses de Mo. Os resultados foram ajustados a equações de segundo grau, onde os maiores valores foram

atingidos com as doses máximas calculadas de 111 e 125 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente, sem e com inoculação.

A atividade específica da enzima nitrogenase, aos 45 DAE, não foi alterada pelos fatores, ou seja, a eficiência por unidade de matéria seca de nódulo foi estatisticamente semelhante entre os tratamentos, apesar dos valores médios com e sem inoculante, terem sido, respectivamente, de 36,3 e 52,5  $\mu\text{moles de C}_2\text{H}_4 \text{ g ms}^{-1}$  de nódulos h<sup>-1</sup> (Figura 9C). No entanto, esse tipo de avaliação proporciona CV (%) elevados, ficando difícil identificar diferença estatística, mesmo trabalhando com nível de significância de 10 % de probabilidade de erro.

A segunda avaliação do número e matéria seca de nódulos por planta foi feita aos 64 DAE, quando as plantas encontravam-se no estágio reprodutivo (R5), caracterizado pelo início da formação das sementes. Nesta avaliação os tratamentos com inoculação foram superiores em ambas variáveis estudadas. Portanto, a estirpe inoculada foi eficiente em fixar o N<sub>2</sub>, havendo maior número e matéria seca de nódulos por planta nos tratamentos com inoculação (Figuras 8B e 8D). Outra constatação interessante, é que a aplicação de Mo proporcionou incremento linear das duas variáveis e em ambas condições de inoculação.

Contrariamente, Giardini et al. (1985), estudando a inoculação com rizóbios e a aplicação de nitrogênio em amendoim, constataram que a nodulação nas plantas inoculadas com rizóbio foi semelhante à observada nos tratamentos não inoculados sem e com a adubação nitrogenada em dois experimentos e duas épocas de amostragem, com aproximadamente 40 e 80 dias após semeadura.

Caires e Rosolem (2000) verificaram que a aplicação de molibdênio no tratamento de sementes do amendoim aumentou a matéria seca de nódulos, mas não interferiu de forma significativa no número de nódulos, aos 74 DAE.

Fernandes (2008) estudando épocas de aplicação e doses de cobalto + molibdênio, em Latossolo Vermelho Distroférico muito argiloso (EMBRAPA, 2006), sob preparo de solo convencional, concluiu que até a dose de 16 + 160 g ha<sup>-1</sup>, via foliar ou via semente, não houve influencia no número de nódulos das plantas e no teor de N foliar da cultura do amendoim.

A atividade da enzima nitrogenase aos 64 DAE foi aproximadamente duas vezes maior nos tratamentos com inoculação, comparativamente, aos tratamentos sem inoculação. A média dos tratamentos com inoculação foi de 0,58  $\mu\text{moles C}_2\text{H}_4 \text{ planta}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , enquanto a média dos tratamentos sem inoculação foi de 0,25  $\mu\text{moles C}_2\text{H}_4 \text{ planta}^{-1} \text{ h}^{-1}$  (Figura 9B).

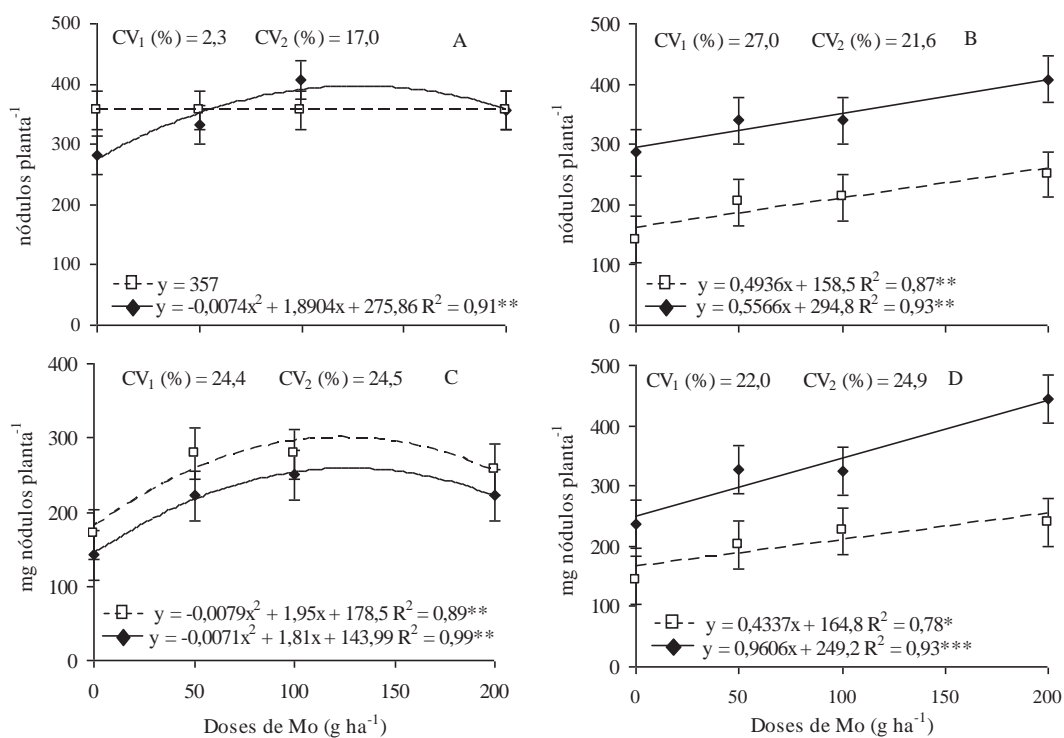
A estirpe do inoculante conseguiu competir com as estirpes nativas de rizóbios presentes no solo devido a área experimental não possuir histórico de cultivo com leguminosas. A cultura do amendoim é considerada altamente promíscua, pois é capaz de estabelecer simbiose com várias espécies do gênero *Bradyrhizobium*, assim a principal propriedade para a inoculação de estirpes na cultura é a habilidade destas em competir com os rizóbios nativos do solo (CASTRO et al., 1999). Outro fator que deve ser considerado com relação à inoculação é o histórico da área em que a cultura será inserida (SANTOS et al., 2005).

São raros os estudos da enzima nitrogenase na cultura do amendoim, porém, no presente estudo, é possível notar que nos tratamentos com inoculação a atividade da enzima nitrogenase foi maior no período de elevada demanda nutricional do amendoim, que é no início da formação das sementes.

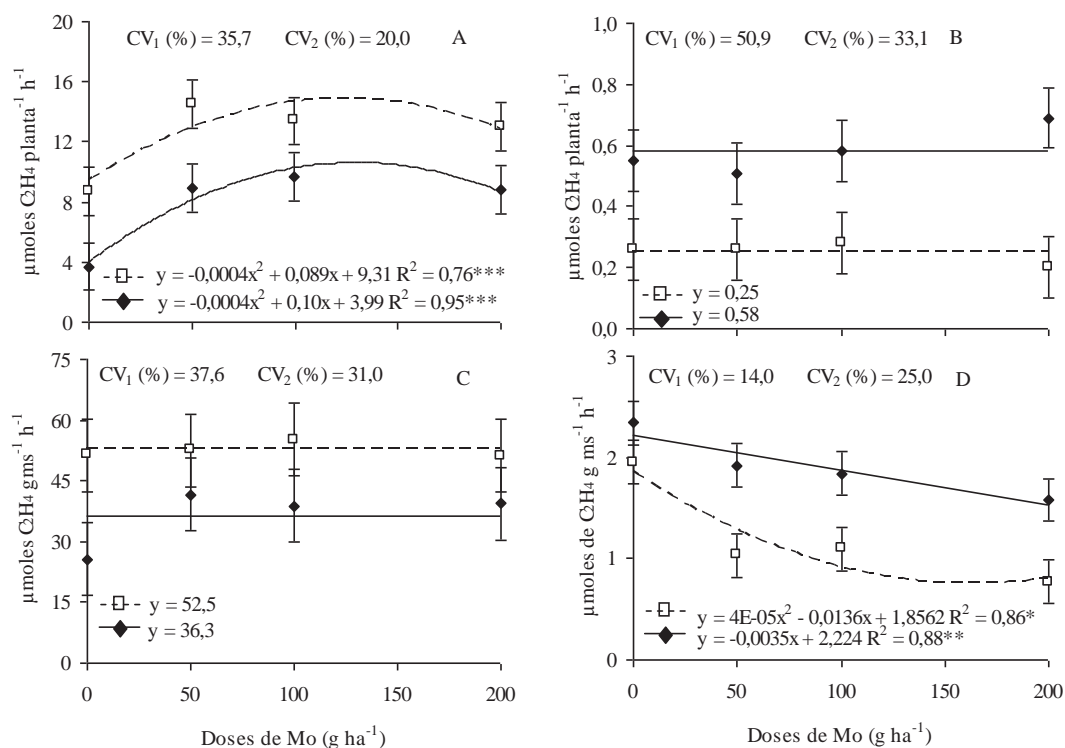
O decréscimo na atividade específica da enzima nitrogenase, aos 64 DAE, também foi menor nos tratamentos com inoculação. Pode atribuir-se este efeito à maior atividade da enzima nitrogenase que ocorreu nestes tratamentos, pois a matéria seca dos nódulos nos tratamentos com inoculação foi superior aos tratamentos sem inoculação e isto não resultou em atividade específica da nitrogenase menor nos tratamentos com inoculação (Figuras 8D, 9B e 9D).

A diminuição da atividade específica da nitrogenase em função da aplicação das doses de molibdênio ocorreu devido ao aumento na matéria seca dos nódulos proporcionados pelo aumento da adubação molíbdica (Figuras 8D e 9D). Assim, ocorreu redução linear da atividade específica da nitrogenase com inoculação e, sem inoculação, os dados foram ajustados a uma equação quadrática, atingindo o menor valor na dose de 170 g  $\text{ha}^{-1}$  de Mo, tendendo a estabilização.





**Figura 8.** Colunas da esquerda e direita referem-se ao número de nódulos por planta (A e B), matéria seca de nódulos (C e D) em função da adubação molíbdica, sem (□) e com (◆) a aplicação de inoculante avaliados no início da frutificação (45 DAE) e início da formação de sementes (64 DAE) da cultura do amendoim, respectivamente. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente.



**Figura 9.** Colunas da esquerda e direita referem-se à atividade da enzima nitrogenase (A e B) e atividade específica da enzima nitrogenase (C e D) em função da adubação molíbdica, sem (□) e com (◆) a aplicação de inoculante, avaliados no início da frutificação (45 DAE) e início da formação de sementes (64 DAE) da cultura do amendoim, respectivamente. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente.

### 6.3.2 Teores de macronutrientes e molibdênio

Os teores de P, K, Ca, Mg e S (Figura 10) estavam dentro dos níveis considerados adequados para a cultura (QUAGGIO; GODOY, 1997). No entanto, os teores de N na ausência da adubação molíbdica, em ambas as situações de inoculação, estavam na faixa considerada deficiente e, somente a partir da aplicação da dose de  $50 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo, ou seja, bem próxima da dose recomendada por Quaggio e Godoy (1997), que é de  $55 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo, os teores de N estiveram dentro da faixa considerada adequada.

Os teores foliares de Mo (Figura 10) aumentaram linearmente com a aplicação do nutriente nas plantas que não foram inoculadas. Por outro lado, quando a cultura foi inoculada com *Bradyrhizobium* spp., a aplicação do micronutriente proporcionou aumento dos teores de Mo até a dose de  $110 \text{ g ha}^{-1}$ . Porém, em todas as doses de Mo os teores deste

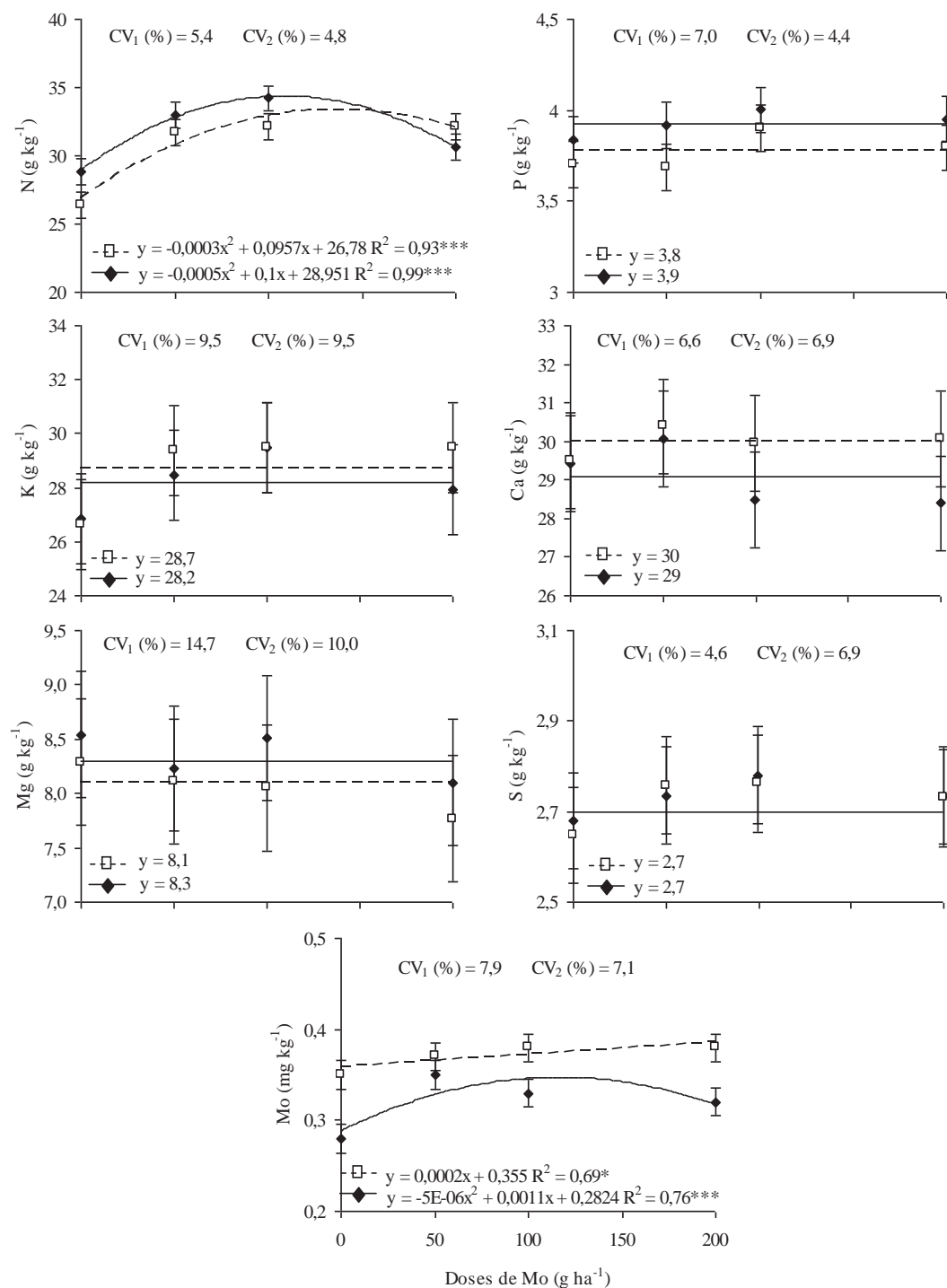
micronutriente foram menores quando da inoculação. Apesar da influência dos fatores, em todos os tratamentos os teores estavam dentro dos níveis considerados adequados para a cultura (QUAGGIO; GODOY, 1997).

O Mo está diretamente relacionado ao metabolismo do N, assim verifica-se uma correlação positiva entre os teores de N nas folhas e os teores de Mo ( $r = 0,84$  e  $0,96$ , respectivamente com e sem inoculação).

O menor teor foliar de Mo e maior teor foliar de N está relacionado à melhor assimilação do N por parte dos microorganismos inoculados, os quais utilizaram de maneira mais eficiente o Mo proveniente da adubação foliar para a fixação biológica do N. Os nódulos das plantas inoculadas certamente estavam com concentrações mais elevadas de Mo, pois os nódulos das leguminosas, quando bem noduladas, possuem concentrações de Mo superiores em relação às folhas, e em condições de deficiência deste micronutriente, a tendência é que o Mo se acumule nos bacteróides nodulares ao invés de se acumular nas plantas (SFREDO et al., 1994). De Souza et al. (2011), verificaram maior teor foliar de N em função da aplicação de inoculante em um dos anos agrícolas estudados em experimento realizado em sucessão ao consórcio do milho com *B.brizantha*.

Vieira et al. (1998), mediante a aplicação foliar de Mo, relataram a importância da participação desse micronutriente nas enzimas nitrogenase e redutase do nitrato, resultando em melhor suprimento de nitrogênio para as plantas, com reflexo direto nos componentes da produção e na produtividade de grãos de feijão.

Quaggio et al. (2004) obtiveram resultados positivos com o tratamento de sementes com molibdênio em duas das três safras estudadas. A aplicação de molibdênio proporcionou maior concentração de nitrogênio nas folhas, aumentando a produtividade de grãos da cultura do amendoim.



**Figura 10.** Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S e Mo da cultura do amendoim em função da adubação molíbdica, sem (□) e com (◆) a aplicação de inoculante. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente.

### 6.3.3 Componentes da produção, produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos

Quanto aos componentes da produção do amendoim (Figura 11), apenas o número de vagens granadas por planta foi influenciado pelos fatores e pela interação. Assim, em ambos os tratamentos do fator inoculação, a aplicação de Mo proporcionou incremento linear do número de vagens granadas por planta. Contudo, os valores obtidos com a inoculação foram maiores que sem inoculação, em todas as doses as de Mo.

Da mesma forma que ocorreu para o número de vagens granadas por planta, a produtividade de vagens também aumentou com a aplicação de molibdênio (Figura 11). No entanto, quando a cultura foi inoculada, a aplicação de Mo proporcionou aumento da produtividade até a dose calculada de  $122 \text{ g ha}^{-1}$ , enquanto que sem inoculação a adubação molíbdica proporcionou aumento linear da produtividade de vagens (Figura 11).

Considerando a recomendação de Quaggio e Godoy (1997), que é de  $55 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo, no presente trabalho houve efeito com aplicação acima do dobro dessa dose. Provavelmente, essa resposta expressiva deveu-se ao baixíssimo teor de Mo disponível na área desse experimento que foi de  $0,003 \text{ mg kg}^{-1}$ , além disso em aplicações foliares, pelo estágio de desenvolvimento em que esta deve ser realizada, a percentagem de nutriente que chega até o alvo é menor, quando comparada com o fornecimento via semente.

Assim, a aplicação da dose estimada de  $122 \text{ g ha}^{-1}$ , nos tratamentos com inoculação, resultaria na produtividade de vagens estimada de  $5.067 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 11), considerada muito boa e próxima das obtidas pelos melhores produtores da região de Ribeirão Preto (SP), porém em sistema de preparo convencional do solo. Sem inoculação e aplicando-se a dose máxima estudada ( $200 \text{ g ha}^{-1}$ ), a produtividade seria de  $3.942 \text{ kg ha}^{-1}$ , bem acima da obtida por Marques (2008), na mesma fazenda experimental. As produtividades obtidas no presente experimento, com valores maiores que as obtidas no ano agrícola anterior, deve-se a semeadura em novembro, que proporcionou melhor aproveitamento das condições climáticas de primavera/verão/outono, notadamente, disponibilidade hídrica e temperaturas adequadas (Figura 2).

O rendimento de grãos não foi influenciado pelas doses de molibdênio e inoculação sendo que os valores médios foram de 79 e 80%, respectivamente, para os tratamentos sem e com a inoculação (Figura 11).

Assim, a produtividade de grãos (Figura 11) foi um reflexo da produtividade de vagens, uma vez que os valores de rendimento não foram alterados pelos fatores. Dessa forma, houve incremento linear da produtividade de grãos com o aumento das doses de Mo, quando a cultura não foi inoculada, e incremento até a dose de 124 g ha<sup>-1</sup>, bem próxima da estimada para produção de vagens, quando houve inoculação.

Os valores dos componentes da produção, rendimento de grãos, produtividade de vagens e grãos do presente estudo foram superiores aos obtidos por Marques (2008), utilizando também a cultivar IAC Runner 886 em SSD.

O número de vagens granadas por planta foi o componente da produção do amendoim que influenciou diretamente na produtividade de vagens e, posteriormente, na maior produtividade de grãos nos tratamentos com a inoculação, visto que não houve diferenças entre os demais componentes da produção e rendimento de grãos da cultura (Figura 11). Esta maior quantia de vagens granadas por planta ocorreu devido à melhor nutrição nitrogenada do amendoim em função da inoculação e das doses de Mo aplicadas.

Considerando-se as produtividades obtidas neste estudo é importante destacar a possibilidade de se semear o amendoim no SSD, em sucessão às plantas com elevada produção de fitomassa como as do gênero *Brachiaria*, mesmo com grande quantidade de palha na superfície (14.240 kg ha<sup>-1</sup>), sem que haja prejuízo no estabelecimento e produtividade da cultura (CRUSCIOL; SORATTO, 2007).

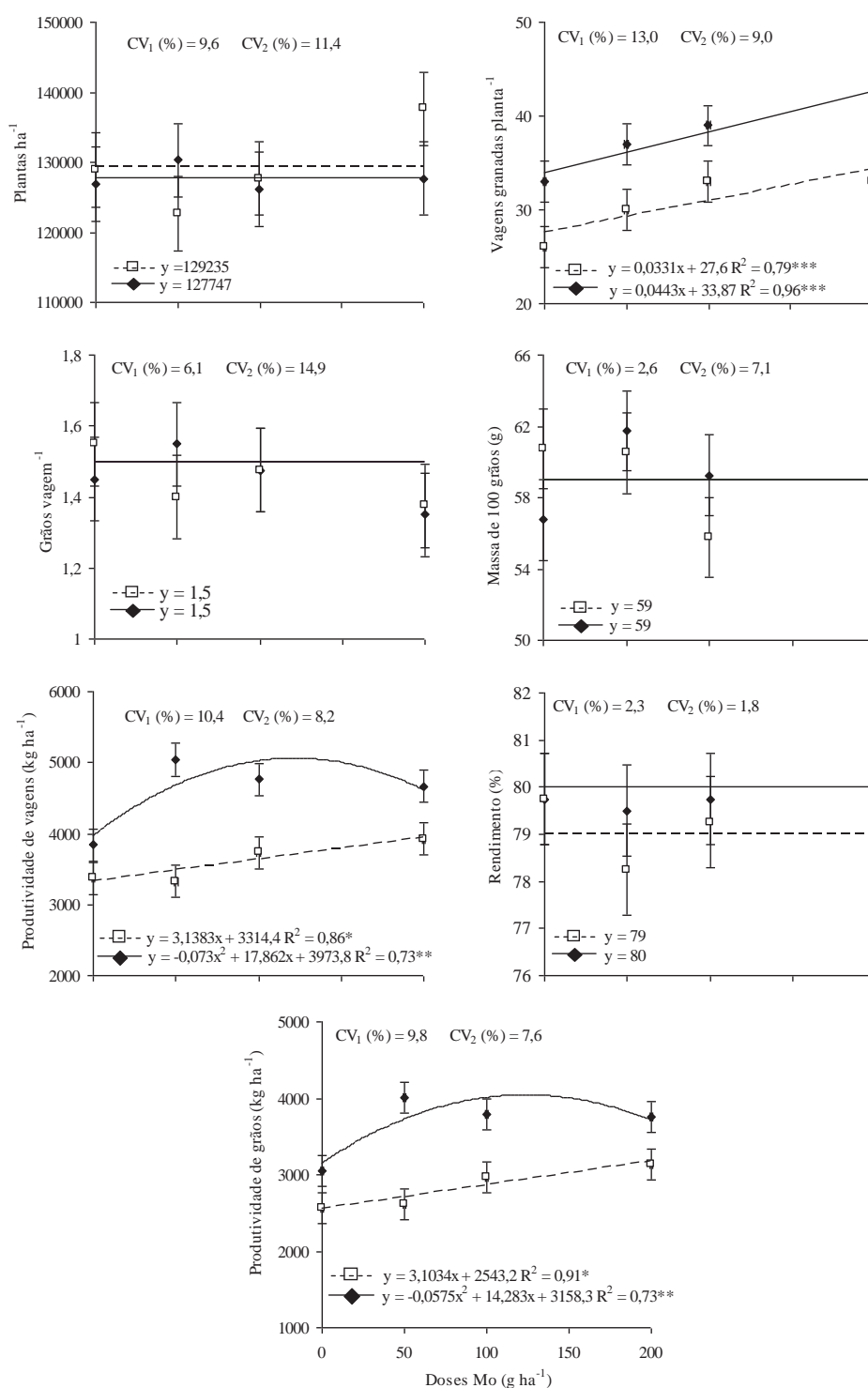
Muitos são os resultados positivos de incrementos na produtividade das culturas em função da adubação molíbdica, mas são escassos estudos relacionando adubação molíbdica e inoculação, principalmente na cultura do amendoim.

Quaggio et al. (2004) também obtiveram resultados positivos na produtividade de grãos em função da adubação molíbdica. De Souza et al. (2011), estudando a inoculação das sementes de feijão e a aplicação de N, observaram aumento no número de vagens por planta em função da aplicação de inoculante na ausência de N.

Pires (2003) observou que os componentes da produção do feijão mais influenciados com a adubação molíbdica foliar são o número de vagens por planta, o número de sementes por vagem e a massa de 100 sementes, refletindo diretamente na produtividade de grãos. A massa de 100 sementes foi 9,5 % maior onde houve aplicação com Mo, ocorreu um incremento de 62% no número de vagens m<sup>-2</sup> e de 8,5 % no número de sementes por vagem

devido à aplicação de Mo. Ainda o mesmo autor, em dois experimentos, um cultivado na safra verão-outono e outro na safra inverno-primavera, obteve acréscimos na produtividade devido à aplicação foliar de  $80 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo. No experimento de verão-outono a produtividade de feijão passou de 902 para  $2558 \text{ kg ha}^{-1}$  e no experimento de inverno-primavera a produtividade passou de 1833 para  $2680 \text{ kg ha}^{-1}$ , quando comparados com a testemunha. O autor ainda relatou que o aumento na massa de 100 sementes ocorreu, provavelmente, devido ao efeito do Mo nas enzimas redutase do nitrato e nitrogenase, porém não foram realizadas análises da atividade das mesmas.

São escassos estudos que apresentem resultados na produtividade de grãos do amendoim em função da inoculação das sementes de amendoim com estirpe específica de *Bradyrhizobium* spp. porém, no presente estudo, houve efeito positivo dos fatores isolados bem como da interação na produtividade de grãos. Isso se deveu, principalmente, ao fato da área experimental não possuir histórico de cultivo com lavoura nos últimos 20 anos, apenas com pastagem, e, provavelmente, a população nativa de rizóbios eficientes na fixação de N, estava muito reduzida. Nessas condições, mediante os resultados obtidos, é possível inferir que deve ser realizada a aplicação de inoculante, bem como de Mo, para que se tenha, respectivamente, população adequada de microorganismos eficientes na fixação biológica do  $\text{N}_2$  e Mo disponível às plantas, otimizando a nutrição nitrogenada do amendoim e, conseqüentemente, maiores tetos de produtividade de grãos, aumentando a eficiência agronômica da cultura.



**Figura 11.** População de plantas, vagens granadas por planta, grãos por vagem, massa de cem grãos, produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos da cultura do amendoim em função da adubação molíbdica sem (□) e com (◆) a aplicação de inoculante. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente.



## 6.4 Ano agrícola 2009/2010 - cultivo sobre palhada de *B. decumbens*

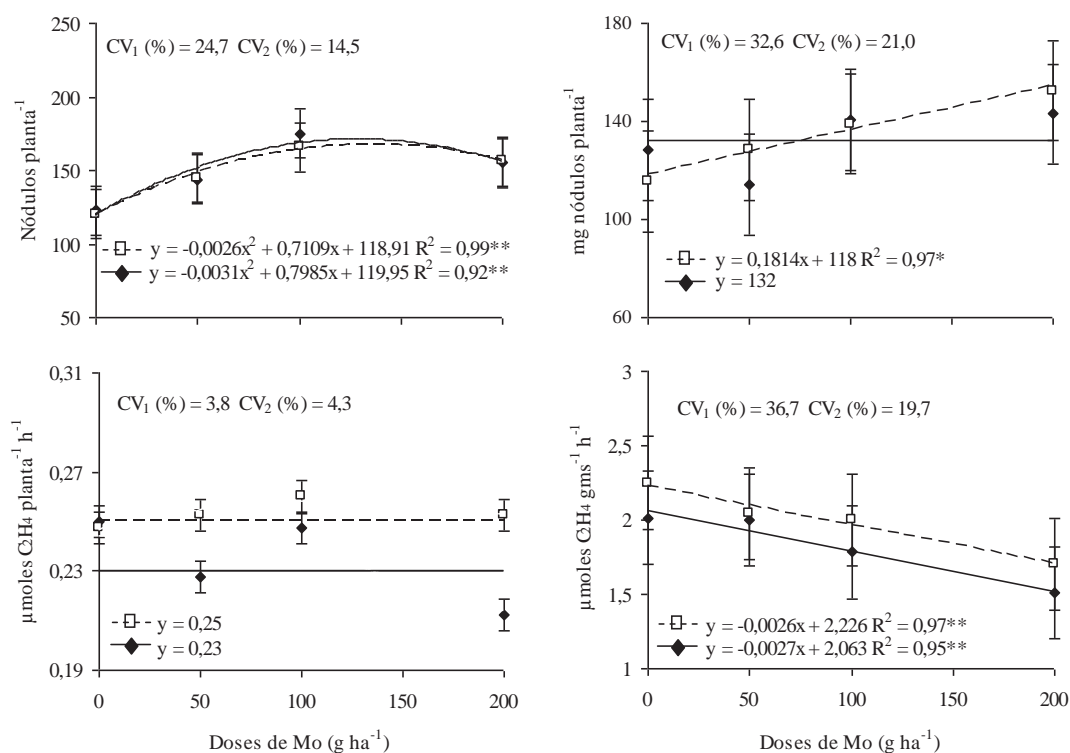
### 6.4.1 Nodulação e atividade da enzima nitrogenase

O número de nódulos por planta foi semelhante entre os tratamentos com e sem inoculação, e este aumentou até as doses estimadas de 137 e 129 g ha<sup>-1</sup> de Mo as quais correspondem à estimativa de 167 e 171 nódulos por planta, respectivamente, sem e com a aplicação de inoculante (Figura 12).

O valor da matéria seca dos nódulos foi de 132 mg de nódulos por planta nos tratamentos com a inoculação, não diferindo com as crescentes doses de Mo aplicadas. Nos tratamentos sem a inoculação, a matéria seca dos nódulos aumentou linearmente com a adubação molíbdica. Contudo, não houve diferença entre os tratamentos com e sem inoculação (Figura 12).

Não houve efeito da aplicação de Mo na atividade da enzima nitrogenase. Contudo, a atividade foi maior nos tratamentos sem a aplicação de inoculante comparativamente aos tratamentos com inoculação, nas doses de 50 e 200 g ha<sup>-1</sup> de Mo. Os valores médios sem e com inoculação, respectivamente, de 0,25 e 0,23  $\mu\text{moles C}_2\text{H}_4 \text{ planta}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , foram muito próximos, porém muito abaixo dos obtidos no experimento com *B. brizantha* aos 45 DAE (Figura 9).

Como não foi observada diferença na matéria seca de nódulos, a atividade específica da enzima nitrogenase também foi semelhante com e sem inoculação. Porém, a aplicação de Mo reduziu os valores dessa variável em ambos os tratamentos de inoculação (Figura 12).



**Figura 12.** Número de nódulos por planta (A), matéria seca de nódulos (B), atividade da enzima nitrogenase (C) e atividade específica da enzima nitrogenase (D) em função da adubação molíbdica, sem (□) e com (◆) a aplicação de inoculante avaliados no início do florescimento (51 DAE) da cultura do amendoim. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente.

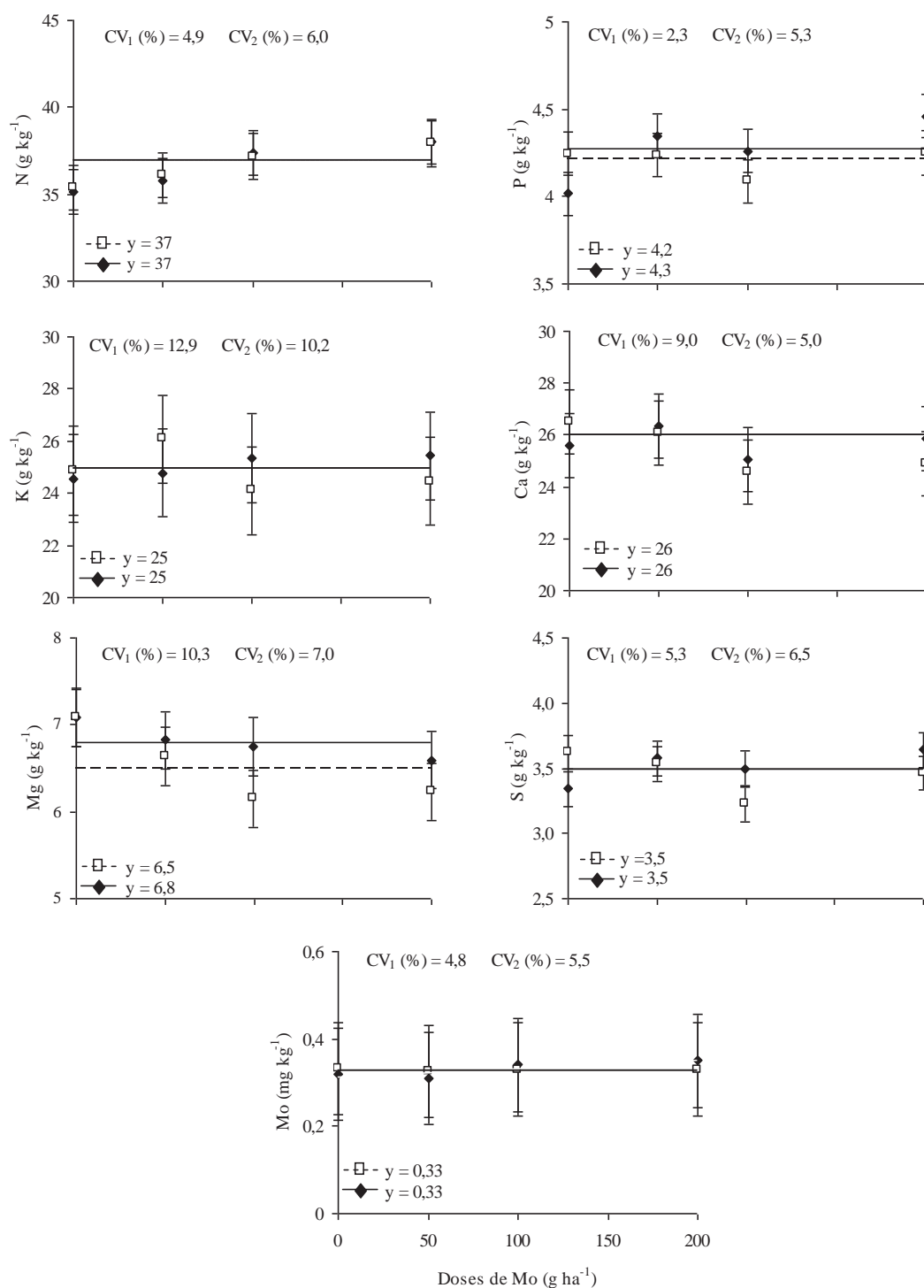
#### 6.4.2 Teores de macronutrientes e molibdênio

Não houve efeito dos tratamentos na nutrição das plantas referentes aos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S e Mo (Figura 13). Com exceção do teor de Ca, que estava acima da faixa considerada adequada para a cultura do amendoim (QUAGGIO; GODOY, 1997), os teores dos demais nutrientes estavam dentro (Figura 13).

Acredita-se que os teores foliares de N não foram influenciados pelos fatores devido às condições climáticas desfavoráveis ao desenvolvimento do amendoim (Figura 3), notadamente baixas temperaturas e precipitações pluviais. Com isso, a absorção do Mo pode ter sido comprometida, bem como o aproveitamento deste elemento pela população da estirpe do inoculante, pois a fixação biológica do N<sub>2</sub> nos nódulos das leguminosas é um

processo altamente energético e, pode utilizar de 10 a 30% do total de fotossintetizados produzido pela planta hospedeira (SCHUBERT; RYLE, 1980). Além disso, qualquer fator que diminua a quantidade de fotossintetizados disponível ao nódulo diminui a fixação do  $N_2$ , o que reflete diretamente na produtividade de vagens e grãos do amendoim.

Esperava-se efeito da adubação molíbdica e também da inoculação na nutrição nitrogenada da cultura do amendoim, pois a área experimental não possui histórico de cultivo anterior com lavoura, mas as condições climáticas desfavoráveis, provavelmente, prejudicaram o estudo dessas hipóteses.



**Figura 13.** Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S e Mo da cultura do amendoim em função da adubação molíbdica, sem ( $\square$ ) e com ( $\blacklozenge$ ) a aplicação de inoculante. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente.

### 6.4.3 Componentes da produção, produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos do cultivar IAC – Tatu ST

Os componentes da produção, produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos não foram influenciadas pela aplicação de Mo via foliar. O fator inoculação influenciou as variáveis: número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, produtividade de vagens e de grãos. No entanto, houve efeito da interação dos fatores, para as variáveis: número de vagens granadas por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, produtividade de vagens e de grãos, somente no desdobramento de inoculação dentro de doses de Mo.

Assim, na dose 200 g ha<sup>-1</sup> de Mo, o número de vagens granadas por planta foi maior nas plantas inoculadas comparadas as não inoculadas. Porém, o número de grãos por vagem, na dose de 100 g ha<sup>-1</sup> de Mo, foi maior nas plantas não inoculadas comparadas as inoculadas e, da mesma forma, a massa de 100 grãos, tanto na dose de 100 g ha<sup>-1</sup> quanto na de 200 g ha<sup>-1</sup> de Mo, foi maior nas plantas sem inoculação em relação às inoculadas. O componente da produção que mais influenciou na produtividade de vagens e grãos foi o número de vagens granadas por planta, na dose de 200 g ha<sup>-1</sup> com a inoculação das plantas (Figura 14). Desta maneira é possível que sejam obtidos efeitos na produtividade de grãos com a aplicação de doses de Mo equivalentes, o dobro ou mais, em relação à recomendação via semente (QUAGGIO; GODOY, 1997), juntamente com a inoculação das sementes, conforme constatado no estudo anterior, onde também não havia histórico de lavoura leguminosa na área experimental, mas as condições climáticas foram favoráveis durante o ciclo da cultura.

Como o rendimento não foi afetado pelos fatores nem pela interação, porém com média muito baixa, 63%, a produtividade de grãos foi praticamente um reflexo do que ocorreu com a produtividade de vagens. Contudo, houve efeito apenas na dose 200 g ha<sup>-1</sup> de Mo, onde a produtividade de grãos foi maior nas plantas inoculadas, quando comparadas com as não inoculadas (Figura 14).

Lazarini e Crusciol (2000) e Bolonhezi et al. (2005), em condições de cultivo “das secas”, obtiveram produtividades que variaram de 1.600 a 2.200 kg ha<sup>-1</sup>. É importante ressaltar que houve redução nos valores de alguns componentes da produção, em

comparação aos valores obtidos pelos autores supracitados, o que refletiu em menor produtividade (Figura 14), em razão das condições climáticas desfavoráveis (baixas temperaturas e deficiência hídrica) (Figura 3). Neste trabalho, verificou-se, em média, 1,6 grãos por vagem, massa de 100 grãos de 30 gramas e rendimento de 63% (Figura 14), valores menores do que os observados pelos autores citados, além do aumento do ciclo da cultura, que permaneceu por volta de 5 meses no campo.

As condições desfavoráveis foram responsáveis pela baixa produtividade de vagens e grãos da cultura, e podem ter feito com que possíveis efeitos esperados não ocorressem como o incremento de doses de Mo, ou, ainda, que os efeitos de inoculação acima relatados fossem mais acentuados, devido à área experimental não possuir histórico de lavoura. Portanto, as produtividades médias de vagens e grãos nos tratamentos com e sem a aplicação de inoculante foram, respectivamente, 929 e 817 kg ha<sup>-1</sup> de vagens e 564 e 522 kg ha<sup>-1</sup> de grãos (Figura 14). Estas produtividades baixas ocorreram devido à semeadura da cultura no mês de março, considerada a época em que as menores produtividades do amendoim são alcançadas nas condições tropicais (CANECCHIO FILHO, 1955; WESSLING, 1966).

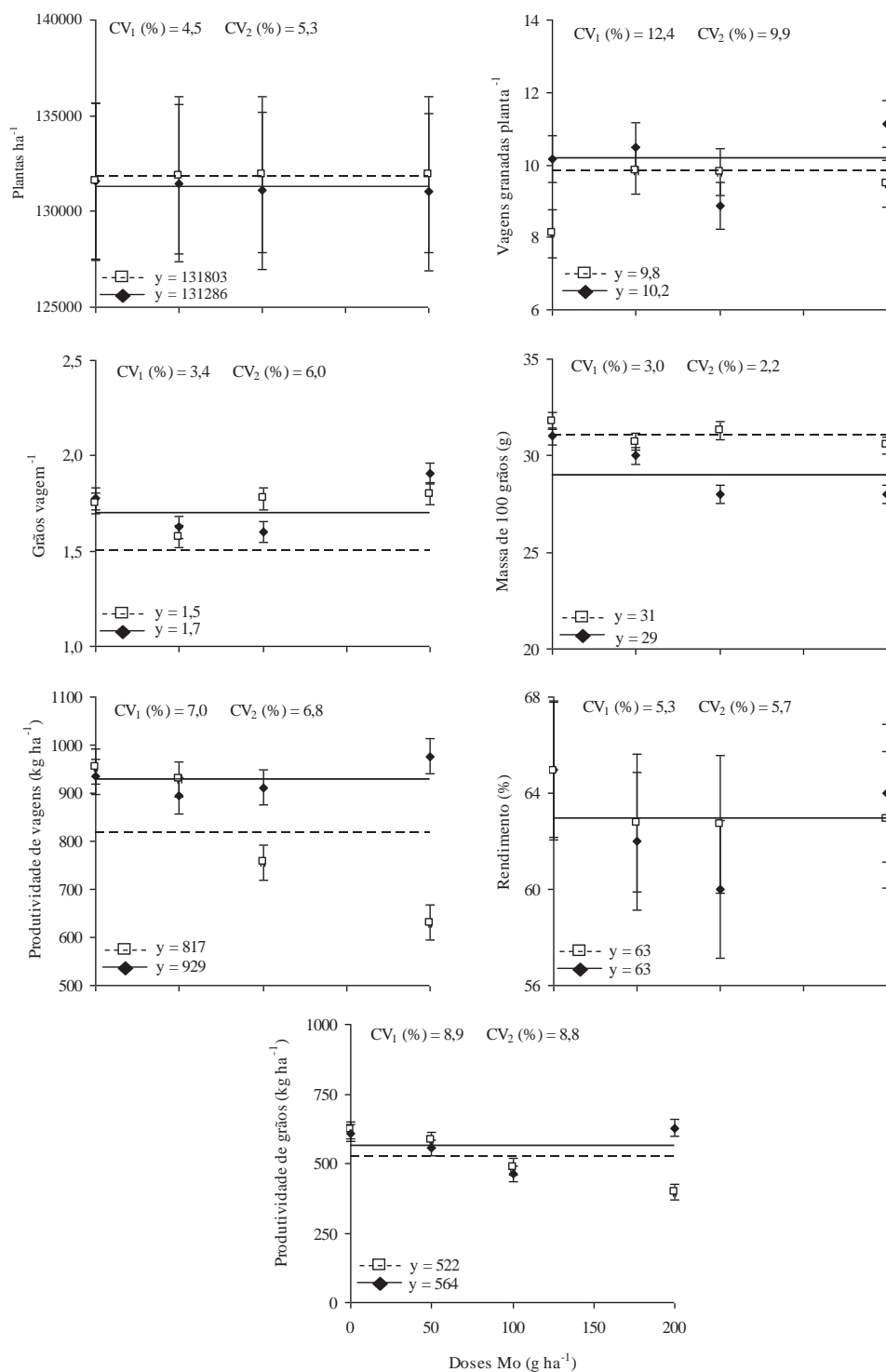
No entanto, as produtividades de vagens deste estudo (Figura 14), semeado no fim de março, foram maiores que as obtidas por Crusciol et al. (2003), 654 kg ha<sup>-1</sup>. Isto ocorreu, possivelmente, devido ao sistema de manejo utilizado, visto que o emprego do SSD na cultura do amendoim, nessa época de cultivo, aumenta a conservação da umidade do solo, proporcionando maior produtividade e estabilidade produtiva, uma vez que a disponibilidade hídrica é um fator limitante de produtividade da cultura no cultivo “das secas” (SÁ et al., 1998; CRUSCIOL et al., 2000; 2003; LAZARINI; CRUSCIOL, 2000).

Não foi possível relacionar as produtividades de vagens e grãos do amendoim pelas avaliações da nodulação e atividade da enzima nitrogenase realizadas no início do florescimento nas condições deste experimento, pois a nodulação foi semelhante entre os tratamentos e a atividade da enzima nitrogenase foi superior nos tratamentos sem a aplicação de inoculante, porém os valores obtidos foram muito próximos (Figura 13).

Em contrapartida, pode ser que em estádios de maior demanda nutricional da cultura como no início da frutificação e formação das sementes, os valores da

nodulação e da atividade da enzima nitrogenase fossem maiores nos tratamentos em que foi aplicado o inoculante, o que pode ter interferido no número de vagens granadas por planta, e posteriormente, na produtividade de vagens e grãos, principalmente no tratamento com inoculação e  $200 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo (Figura 14)

De Souza et al. (2011) estudando a inoculação das sementes de feijão e a aplicação de N, observaram aumento no número de vagens por planta em função da aplicação de inoculante na ausência de N.



**Figura 14.** População de plantas, vagens granadas por planta, grãos por vagem, massa de cem grãos, produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos da cultura do amendoim em função da adubação molíbdica sem (□) e com (◆) a aplicação de inoculante. \*\*\*, \*\* e \*: significativos a 1, 5 e 10% pelo teste t, respectivamente.



## 7 CONCLUSÕES

Em áreas com histórico de cultivo com leguminosas, não houve resposta à inoculação e adubação molíbdica.

A atividade da enzima nitrogenase aos 64 DAE foi, aproximadamente, duas vezes maior e o número de vagens granadas por planta foi o componente da produção que influenciou, diretamente, a produtividade de vagens e grãos, nos tratamentos com inoculação, quando o amendoim foi semeado sobre a palhada da *B. brizantha* em área sem histórico de cultivo com leguminosas.

Em áreas com cultivo de gramíneas por vários anos, como pastagens, a inoculação e adubação molíbdica podem aumentar a produtividade de vagens e grãos do amendoim no SSD, em doses de molibdênio maiores que as recomendadas, quando aplicadas via foliar.

## 8 REFERÊNCIAS

ANGELINI, J. et al. A study on the prevalence of bacteria that occupy nodules within single peanut plants. **Current Microbiology**, Heidelberg, v. 62, p. 1752-1759, 2011.

ARAÚJO, G. A. de A. et al. Influência do molibdênio e do nitrogênio sobre duas variedades de feijão( *Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 34, p. 333-339, 1987.

BALDWIN, J. A.; HOOK, J. Reduced tillage systems for peanut production in Georgia. **Proceedings of American Peanut Research and Education Society**, Stillwater, v. 30, p. 48, 1998.

BARROTI, G.; NAHAS, E. População microbiana total e solubilizadora de fosfato em solo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p. 2043-2050, 2000.

BEATTIE, G. A.; CLAYTON, M. K.; HANDELSMAN, J. Quantitative comparison of the laboratory and field competitiveness of *Rhizobium leguminosarum phaseoli*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, DC, v. 55, p. 2755-2761, 1989.

BOGINO, P. et al. Competitiveness of a *Bradyrhizobium* sp. strain in soils containing indigenous rhizobia. **Current Microbiology**, Heidelberg, v. 56, p. 66-72, 2008.

BOGINO, P. et al. Increased competitiveness and efficiency of biological nitrogen fixation in peanut via in-furrow inoculation of rhizobia. **European Journal of Soil Biology**, Braunschweig, v. 47, p. 188-193, 2011.

BOLONHEZI, D.; MUTTON, M. A.; MARTINS, A. L. M. Sistemas conservacionistas de manejo do solo para amendoim cultivado em sucessão à cana crua. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, p. 939-947, 2007.

BOLONHEZI, D.; SANTOS, R. C. dos; GODOY, I. J. de. Manejo cultural do amendoim. In: SANTOS, R.C. dos. (Ed.). **O agronegócio do amendoim no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. p. 193-244.

BORGES, W. L. et al. Nodulação e fixação biológica de nitrogênio de acessos de amendoim com estirpes nativas de rizóbios. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, p. 32-37, 2007.

BORGHI, E. **Produção de milho e capins Marandú e Mombaça em função de modos de implantação do consórcio**. 2007. 142 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

BRANDENBURG, R. L. et al. The impact of tillage practices on thrips injury of peanut in North Carolina and Virginia. **Peanut Science**, Raleigh, v. 25, p. 27-31, 1998.

CAIRES, E. F.; ROSOLEM, C. A. Correção da acidez do solo e desenvolvimento do sistema radicular do amendoim em função da calagem. **Bragantia**, Campinas, v. 57, p. 175-184, 1998.

CAIRES, E. F.; ROSOLEM, C. A. Nodulação e absorção de nitrogênio pelo amendoim em resposta à calagem, cobalto e molibdênio. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 337-341, 2000.

CALONEGO, J. C. **Uso de plantas de cobertura na recuperação de solo compactado**. 2007. 125 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

CANECCHIO FILHO, V. Amendoim da seca: épocas de plantio. **Bragantia**, Campinas, v. 14, p. 23-24, 1955.

CARVALHO, W. A.; ESPINDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado: Estação Experimental “Presidente Médici”. **Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agrônômicas**, Botucatu, n. 1, p. 1-95, 1983.

CASTRO, S. et al. Nodulation in peanut (*Arachis hypogaea* L.) roots in the presence of native and inoculated rhizobia strains. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 13, p. 39-49, 1999.

CONSERVATION TECHNOLOGY INFORMATION CENTER. **Crops residue management survey 2004**. Disponível em: <<http://www.conservationinformation.com>>. Acesso em: 22 dez. 2010.

COX, F. R.; SCHOLAR, J. R. Site selection, land preparation, and management of soil fertility. In: MELOUK, H. A.; SHOKES, F. M. **Peanut healthy management of soil fertility**. Saint Paul: American Phytopathological Society, 1995. p. 7-10.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 6, p. 1-8, 2007.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Nitrogen supply for cover crops and effects on peanut grown in succession under a no-till system. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n. 6, p. 1-6, 2008.

CRUSCIOL, C. A. C.; LAZARINI, E.; SORATTO, R. P. Efeito da aplicação de calcário no sulco de semeadura sobre a nutrição e produtividade do amendoim semeado em diferentes épocas no cultivo da seca. **Científica**, Jaboticabal, v. 31, p. 201-209, 2003.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Produtividade e componentes de produção do amendoim da seca em razão da época de semeadura e da aplicação de calcário. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p. 1549-1558, 2000.

DALLPAI, D. L. **Determinação espectrofotométrica de molibdênio em solo e tecido vegetal e adsorção de molibdato em alguns solos de Minas Gerais**. 1996. 56 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. p. 328-354.

DE SOUZA, E. de F. C. et al. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, p. 370-377, 2011.

DOWLER et al. Conservation tillage in irrigated coastal plain double-crop rotations. In: SOUTHERN CONSERVATION TILLAGE CONFERENCE FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE, 22., 1999, Tifton. **Proceedings...** Tifton: Georgia Agricultural Experiment Station, 1999. p. 75-86

ELKINS, C. B; HAALAND, R. L.; HOVELAND, C. S. Grass roots as a tool for penetrating soil hardpans and increasing crop yields. In: SOUTHERN PASTURE AND FORAGE CROP IMPROVEMENT CONFERENCE, 34., 1977, Auburn. **Proceedings...** Auburn: Auburn University, 1977, p. 12-14.

EIVAZI, F. et al. Determination of molybdenum in plant material using a rapid, automated method. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, London, v. 13, p. 135-150, 1982.

EL-AKHAL, M. et al. Genetic diversity and symbiotic efficiency of rhizobial isolates obtained from nodules of *Arachis hypogaea* in northwestern Morocco. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 40, p. 2911-2914, 2008.

EL-AKHAL, M. et al. Phenotypic and genotypic characterizations of rhizobia isolated from root nodules of peanut (*Arachis hypogaea* L.) grown in Moroccan soils. **Journal of Basic Microbiology**, Weinheim, v. 49, p. 415-425, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FABRA, A. et al. Interaction among *Arachis hypogaea* L. (peanut) and beneficial soil microorganisms: how much is it known? **Critical Reviews in Microbiology**, Manchester, v. 49, p. 415-425, 2010.

FERNANDES, E. M. L. **Cobalto e molibdênio via semente e foliar em amendoimzeiro: nodulação, características agronômicas e proteínas nos grãos**. 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção)-Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

FERREIRA, A. C. de B. **Nutrição e produtividade do feijoeiro em função do molibdênio contido na semente e da sua aplicação via foliar**. 2001. 53 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

GARCÍA, S. L. et al. Rhizobial position as a main determinant in the problem of competition for nodulation in soybean. **Environmental Microbiology**, Washington, DC, v. 4, p. 216-224, 2002.

GARCÍA, S. L. et al. In-furrow inoculation and selection for higher motility enhances the efficacy of *Bradyrhizobium japonicum* nodulation in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 101, p. 357-363, 2009.

GIARDINI, A. R. et al. Inoculação com rhizobium e aplicação de nitrogênio em amendoim. **Bragantia**, Campinas, v. 44, p. 27-39, 1985.

GIBSON, A. H. Influence of environment and managerial practices on the legume–*Rhizobium* symbiosis. In: GIBSON, A. H. (Ed.). **A treatise on nitrogen fixation IV: agronomy and ecology**. New York: Wiley-Interscience, 1977. p. 420-450.

GRINCHAR, W. J. Long term effects on three tillage systems on peanut grade, yield, and stem rot development. **Peanut Science**, Raleigh, v. 25, p. 59-62, 1998.

GRIS, E. P.; CASTRO, A. M. C.; OLIVEIRA, F. F. Produtividade da soja em resposta a aplicação de molibdênio e inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 151-155, 2005.

GUPTA, U. C. Deficient, sufficient, and toxic concentrations of molybdenum in crops. In: U. C. GUPTA, (Ed.). **Molybdenum in agriculture**. New York: Cambridge University Press, 1997. p. 150-159.

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

HAFNER, H. et al. Effects of nitrogen, phosphorus and molybdenum application on growth and symbiotic N<sub>2</sub> fixation of groundnut in an acid sandy soil in Niger. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v. 31, p. 69-77, 1992.

HAGAN, A. K. et al. Impact of bahiagrass, cotton, and corn cropping frequency on the severity of diseases of peanut. In: SOD BASED CROPPING SYSTEMS CONFERENCE, 2003, Quincy. **Proceedings...** Quincy: UF-IFASNFREC, 2003. p. 46-54.

HARDY, R. W. F. et al. The acetylene-ethylene assay for N<sub>2</sub> fixation: laboratory and field evaluation. **Plant Physiology**, Rockville, v. 43, p. 1185-1207, 1968.

HARTZOG, D. L.; ADAMS, J. F.; GAMBLE, B. Alternative tillage systems for peanut. **Proceedings of American Peanut Research and Education Society**, Stillwater, v. 30, p. 49, 1998.

HECKLER, J. C. et al. Palha. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (Org.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 1998. p. 37-49.

HUME, D. J.; BLAIR, D. H. Effect of members of *Bradyrhizobium japonicum* applied in commercial inoculants in soybean seed fields in Ontario. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 38, p. 582-593, 1992.

HUNGRIA, M.; NEVES, M. C. P. Ontogenia da fixação biológica do nitrogênio em *Phaseolus vulgaris*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, p. 715-730, 1986.

IBAÑEZ, F. et al. Rhizobia phylogenetically related to common bean symbionts *Rhizobium giardinii* and *Rhizobium tropici* isolated from peanut nodules in Central Argentina. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 40, p. 537-539, 2008.

ISHIZUKA, J. Characterization of molybdenum absorption and translocation in soybean plants. **Soil Science Plant Nutrition**, Tokyo, v. 28, p. 63-78, 1982.

JORDAN et al. Peanut response to tillage and fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, p. 1125-1130, 2001.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3rd ed. New York: CRC, 2001. 413 p.

KANEKO, F. H. et al. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 125-133, 2010.

KARIMIAN, N.; COX, F. R. Adsorption and extractability of molybdenum in relation to some chemical properties of soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 42, p. 757-761, 1978.

KATSWAIRO, T. W. et al. Sod-livestock integration into the peanut – cotton rotation: A systems farming approach. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, p. 1156-1171, 2006.

KOCHIAN, L. V. Mechanisms of nutrients uptake and translocation in plants. In: MORTVEDT, J. J. et al. (Eds.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 229-292.

KUBOTA, F. Y. et al. Crescimento e acumulação de nitrogênio de plantas de feijoeiro originadas de sementes com alto teor de molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 1635-1641, 2008.

LANIER, J. E. et al. Peanut response to inoculation and nitrogen fertilizer. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, n. 1, p. 79-84, 2005.

LAZARINI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade do amendoim da seca em função do sistema de produção e da época de semeadura. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 75, p. 287-301, 2000.

LINDSAY, W. L. **Chemical equilibria in soils**. New York: John Wiley, 1979. 449 p.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, 1994. v. 2, 168 p.

LOPES, A. S. Micronutrientes: filosofias de aplicação, fontes, eficiência agronômica e preparo de fertilizantes. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Eds.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. p. 357-390.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.



MAROIS, J. J.; WRIGHT, D. L. Effects of tillage system, phorate, and cultivar on tomato spotted wilt of peanut. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, p. 386-389, 2003.

MARQUES, R. R. **Aplicação superficial de calcário e gesso em manejo conservacionista de solo para cultivo de amendoim e aveia branca**. 2008. 142 f. (Doutorado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINÉZ, E. C. et al. Molybdenum uptake, distribution and accumulation in bean plants. **Fresenius Environment**, Bull, v. 5, p. 73-78, 1996.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4th ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.

PEREIRA, F. R. da SILVA. **Doses e formas de aplicação de molibdênio na cultura do milho**. 2010. 141 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

PEREIRA, P. A. A. et al. Capacidade de genótipos de feijoeiro de fixar N<sub>2</sub> atmosférico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, p. 811-815, 1984.

PESSOA, A. C. dos S. **Atividades de nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo**. 1998. 151 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

PIRES, A. A. **Parcelamento e época de aplicação foliar do molibdênio na cultura do feijoeiro**. 2003. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

QUAGGIO, J. A.; GODOY, I. J. Amendoim. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas, n. 100, p. 189-195, 1997.

QUAGGIO, J. A. et al. Peanut response to lime and molybdenum application in low pH soils. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, p. 659-664, 2004.

RAIJ, B. van et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 284 p.

REDDY, K. J.; MUNN, L. C.; WANG, L. Chemistry and mineralogy of molybdenum in soils. In: GUPTA, U. C. (Ed.). **Molybdenum in agriculture**. New York: Cambridge University Press, 1997. p. 4-22.

REEVES, D. W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 43, p. 131-167, 1997.

REID, P. H.; COX, F. R. Soil properties, mineral nutrition and fertilizer practices. In: WILSON, C. T. (Ed.). **Peanuts: culture and uses**. Stillwater: American Peanut Research and Education Society, 1973. p. 271-297.

SÁ, M. E. et al. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de amendoim da seca em função de épocas de semeadura e doses de cálcio. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 20, p. 270-276, 1998.

SANTOS, O. S. Molibdênio. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p. 191-217.

SANTOS, C. E. R. e. S. et al. Efetividade de rizóbios isolados de solos da região Nordeste do Brasil na fixação do N<sub>2</sub> em amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Acta Science Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 301-307, 2005.

SCHIFFMAN, J.; ALPER, Y. Effects of *Rhizobium*: inoculums placement on peanut inoculation. **Experimental Agriculture**, Dundee, v. 4, p. 203-208, 1968.

SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M.; CASTRO, C. de. **Estudo de micronutrientes na cultura da soja em um latossolo roxo eutrófico argiloso em Londrina, PR**. Londrina: Embrapa, CNPSo, 1994. 7 p.

SFREDO, G. J. et al. Eficácia de produtos contendo micronutrientes, aplicados via semente, sobre produtividade e teores de proteína da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 21, p. 41-45, 1997.

SHIMSHI, D. J. et al. Effects of soil moisture regime on nodulation of inoculated peanuts. **Agronomy Journal**, Madison, v. 59, p. 397-400, 1967.

SHOLAR, R. E.; MOZINGO, R. W.; BEASLEY, J. P. Peanut cultural practices. In: PATTEE, H. E.; STALKER, T. H. **Advances in peanut science**. Stillwater: American Peanut Research and Education Society, 1995. p. 354-382.

SHOLAR, R. E. et al. Comparison of peanut tillage practices in Oklahoma. **Proceedings of American Peanut Research and Education Society**, Stillwater, v. 25, p. 71, 1993.

SHUBERT, K.; RYLE, G. The energy requirements of nodulated legumes. In: SUMMERFIELD, R.S.; BUNTING, A. H. (Eds.). **Advances in legume Science**. Kew: Royal Botanic Gardens, 1980. p. 85.

SILVA, E. F. da et al. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada a exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 68, p. 443-451, 2009.

SIMS, J. L. Molybdenum and cobalt. In: BARTELS, J. M.; BINGHAM, J. M. (Eds.). **Methods of soil analysis: part 3: chemical methods**. Madison: SSSA, 1996. p. 723-737.

SIRI-PRIETO, G.; REEVES, D. W.; RAPER, R. L. Tillage requirements for integrating winter-annual grazing in peanut production: plant water status and productivity. **Agronomy Journal**, Madison, v. 101, n. 6, p. 1400-1408, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAURIAN, T. et al. Genetic diversity of rhizobia nodulating *Arachis hypogaea* L. in central Argentinean soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 282, p. 41-52, 2006.

THIES, J. E. et al. Subgroups of de Cowpea miscellany: symbiotic specificity within Bradyrhizobium spp. for *Vigna unguiculata*, *Phaseolus lunatus*, *Arachis hypogaea* and *Macroptilium atropurpureum*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, DC, v. 57, p. 1540-1545, 1991.

VAN ROSSUM, D. et al. Genetic and phonetic analyses of *Bradyrhizobium* strains nodulating peanut (*Arachis hypogaea* L.) roots. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, DC, v. 61, p. 1599-1609, 1995.

VARVEL, G. E. Rotation and nitrogen fertilization effects on changes in soil carbon and nitrogen. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, p. 319-325, 1994.

VIDOR, C.; PERES, J. R. R. Nutrição das plantas com molibdênio e cobalto. In: BORKERT, C. M.; LANTMANN, A. F. (Eds.). **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: Embrapa, CNPSo; SBCS, 1988. p. 179-204.

VIEIRA, R. F. **Aplicação foliar de molibdênio e seu efeito nas atividades da nitrogenase e redutase do nitrato no feijoeiro em campo**. 1994. 188 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

VIEIRA, S. **Estatística experimental**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999. 185 p.

VIEIRA, R. F. et al. Foliar application of molybdenum in common beans. Nitrogenase and reductase activities in a soil of high fertility. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v. 21, n. 1, p. 169-180, 1998.

WALKER, M. E.; MINTON, N. A.; DOWLER, C. C. Effects of herbicides, a nematicide and *Rhizobium* inoculant on yield, chemical composition and nodulation of Starr peanuts (*Arachis hypogaea* L.). **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 8, p. 126-131, 1976.

WESSLING, W. H. Reaction of peanuts to dry and wet growing periods in Brazil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 58, p. 23-26, 1966.

WILLIAMS, E. J. et al. Effects of selected practices for reduced tillage peanut yield, disease, grade, and net revenue. **Proceedings of American Peanut Research and Education Society**, Stillwater, v. 30, p. 49, 1998.

WRIGHT, D. L. et al. Introducing bahiagrass in peanut/cotton cropping systems-effects on soil physical characteristics. In: ANNUAL MEETINGS ASA, CSSA, SSSA, 2004, Seattle. **Abstracts...** Madison: ASA, 2004. Abstract 3637.

YANG, J. K. et al. Polyphasic characteristics of bradyrhizobia isolated from nodules of peanut (*Arachis hypogaea*) in China. **Soil Biology and Biochemistry**, Exeter, v. 37, p. 141-153, 2005.