
CRESCIMENTO E NODULAÇÃO DE *INGA MARGINATA* EM RESPOSTA À ADIÇÃO DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E INOCULAÇÃO COM RIZÓBIO

CELSO DE ALMEIDA GONÇALVES
Mestre, Prof. Substituto, DPF-IF-UFRRJ
SILVIA REGINA GOI
PhD, Profª. Adjunto, DCA - IF - UFRRJ
JORGE JACOB NETO
PhD, Prof. Adjunto, DF - IA - UFRRJ

RESUMO

Foram avaliadas as respostas de *Inga marginata* (espécie arbórea nativa da Mata Atlântica) à adição de nitrogênio, fósforo e inoculação com *Rhizobium*. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, em potes contendo areia e vermiculita. No primeiro experimento, foram utilizadas duas fontes de nitrogênio mineral, NO_3^- e NH_4^+ . A adição de N mineral contribuiu para um aumento no acúmulo de matéria seca, sendo que N- NO_3^- inibiu drasticamente a formação dos nódulos. No segundo experimento, foram aplicadas 6 tratamentos (combinação de três níveis de fósforo e 2 de nitrogênio). Os resultados indicaram que a aplicação de 5 mg de nitrogênio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) com 20 mg de fósforo/kg de substrato, foi a melhor combinação para o desenvolvimento das plântulas.

Palavras-chaves: nodulação, leguminosa arbórea, fixação biológica de nitrogênio.

ABSTRACT

RESPONSE OF *INGA MARGINATA* TO NITROGEN, PHOSPHORUS AND INOCULATION WITH *RHIZOBIUM*.

The response of *Inga marginata* (native woody species from the Atlantic Forest) to nitrogen and phosphorus addition was evaluated. The experiments were conducted in a green house with pots filled with a mixture of sand and vermiculite. At the first experiment, two sources of nitrogen were applied. The N addition contributed to increase the dry weight of plants. The N applied as NO_3^- inhibited nodule formation. A combination of 3 levels of P and 2 levels of nitrogen were applied. The results showed that the application of 5 mg of N and 20mg P/kg was the best combination for plant development.

Key words: nodulation, leguminous tree, biological nitrogen fixation.

INTRODUÇÃO

A acidez do solo e as deficiências nutricionais são indicadas como as principais limitações ao desenvolvimento de espécies arbóreas em solos de baixa fertilidade. Nestes solos, a capacidade de se associar a bactérias fixadoras de nitrogênio e a fungos micorrízicos tem um papel extremamente importante no processo de estabelecimento de leguminosas arbóreas pois contribuem para o crescimento das plantas (FRANCO *et al* 1995), constituindo-se portanto em vantagens se comparadas com outras espécies. As leguminosas arbóreas possuem um sistema radicular extenso, muitas delas são pioneiras e pouco exigentes em termos nutricionais e podem também ser utilizadas para sombreamento (CARVALHO, 1995), adubação verde e recomposição de matas ciliares. Além disso possuem potencial para estabilização de encostas (FRANCO *et al.*, 1991).

Considerando a necessidade de incrementar a utilização de espécies nativas em programas de reflorestamento no Brasil (Mata Atlântica em particular) e tendo em vista principalmente o potencial para fixação biológica de nitrogênio pelas leguminosas arbóreas, é necessário que se investigue as exigências nutricionais dessas espécies, para que o crescimento das mesmas seja otimizado.

Dentre as espécies arbustivas e arbóreas da América Latina estudadas, o gênero *Inga* é um dos que compreendem o maior número de espécies. Muitas dessas espécies apresentam crescimento rápido e são tolerantes a solos ácidos (LAWRENCE *et al.*, 1995). Algumas têm características medicinais, frutíferas e melíferas, sendo também indicadas para produção de lenha, carvão, caixotaria, brinquedos, recomposição da cobertura vegetal de áreas degradadas (CARVALHO, 1994) e mesmo para arborização urbana (LORENZI, 1992). *Inga marginata*, por sua vez, é uma espécie nativa da Mata Atlântica, indicada para recomposição de matas ciliares, sendo capaz de suportar encharcamento e inundações temporárias (DURIGAN, 1990).

Algumas leguminosas arbóreas gastam de 20 a 30 dias para apresentar primórdios de nódulos radiculares, retardando com isso o início do processo de fixação biológica de nitrogênio. Uma alternativa para melhorar o crescimento inicial dessas mudas é a complementação com nitrogênio mineral, feita conjuntamente com a inoculação de estirpes selecionadas de rizóbio, favorecendo o crescimento da planta até que os nódulos se desenvolvam e a planta possa ficar dependente apenas do processo de fixação biológica de nitrogênio (GOI *et al*, 1992; JACOB-NETO *et al*, 1998). Os experimentos realizados com *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium*, *Acacia polyachanta* e *Mimosa caesalpiniaefolia* confirmaram esta proposta (GOI, 1993). Pequenas doses de nitrogênio mineral podem aumentar a nodulação (Ingestad, 1980), mas em alguns casos pode inibi-la (STREETER, 1985). A fonte de nitrogênio pode também influenciar a nodulação (GOI, 1993), devido a diferentes respostas das plantas à utilização dos íons amônio e nitrato (STEWART *et al.*, 1989). É necessário portanto, que sejam feitos estudos de assimilação do nitrogênio, sua interação com o processo de nodulação e com outros nutrientes, para que seja estabelecida a necessidade da complementação e a forma ideal de nitrogênio, a ser utilizada para garantir o crescimento inicial da muda.

O íon amônio foi considerada a forma preferida de N em algumas espécies arbóreas anteriormente estudadas. *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium*, *Mimosa caesalpinifolia* e *Acacia polyacantha* apresentaram melhor desenvolvimento e nodulação com a adição deste íon (GOI, 1993). Para *Enterolobium contortisiliquum*, *Mimosa scabrella* (CURTI JÚNIOR, 1998) e *Anadenanthera macrocarpa* (NASCIMENTO, 1998), a aplicação de $\text{N} - \text{NH}_4^+$ também contribuiu para um aumento de peso da planta.

Com relação ao fósforo, FARIA *et al* (1995a) verificaram que em solos com baixa disponibilidade deste nutriente, o crescimento e a nodulação de *Albizia lebbbeck* foram aumentados pela adição de pequenas doses de fósforo e inoculação de fungos micorrízicos.

Resultados obtidos com *Acacia mangium* indicaram que esta espécie apresentou resposta positiva no crescimento e acúmulo de nitrogênio, quando houve a adição de N e P, complementada com a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares (FARIA *et al.*, 1996). Outros resultados obtidos com a *Acacia mangium* e mais três espécies arbóreas, indicam o crescimento mais rápido em resposta à adição de fósforo, além de nitrogênio e enxofre (BRAGA, 1995). Mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum*) também responderam positivamente à adição de fósforo (DIAS *et al.*, 1991).

Na primeira fase deste trabalho foi estudada qual seria a melhor forma e dose de nitrogênio a ser aplicada para o crescimento inicial de *Inga marginata* sem que inibisse a nodulação. Posteriormente foram analisadas as respostas da planta em termos de crescimento e nodulação, com a adição de nitrogênio e fósforo.

MATERIAL E MÉTODOS

Em ambos experimentos, as sementes de *Inga marginata* foram colocadas para germinar em placas de petri e após a emissão da radícula, foram transplantadas para potes plásticos contendo vermiculita e areia na proporção de 1:1, sendo então inoculadas com estirpes de *Rhizobium* sp previamente selecionadas (BR 6609 e BR 6610) e que alcalinizam o meio de cultura. As plantas de todos os tratamentos receberam inoculação com *Rhizobium* sp. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação com luz natural e fotoperíodo de aproximadamente 12 horas.

No primeiro experimento, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 5 repetições e cinco tratamentos: 5 e 10 mg de N/planta/semana, aplicados como $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; 5 e 10 mg N/planta/semana, aplicados como $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ e Controle (sem nitrogênio mineral). A cada semana, antes da aplicação de uma nova solução nutritiva, contendo os diferentes tratamentos, o substrato

de crescimento foi lavado com água corrente durante aproximadamente 30 minutos, para retirada dos sais acumulados. Foi utilizada solução nutritiva balanceada (SUMMERFIELD *et al.*, 1977). A coleta foi realizada aos 150 dias após o replantio.

No segundo experimento, foram aplicados seis tratamentos, com delineamento experimental de blocos ao acaso e 5 repetições. Os tratamentos aplicados foram: 1) Controle: N(0) e P(0); 2) N(0) e P(20 mg / kg substrato); 3) N(0) e P(40 mg / kg substrato); 4) N(5 mg N / planta) e P(0); 5) N(5 mg N / planta) e P(20 mg / kg substrato); 6) N(5 mg N / planta) e P(40 mg / kg substrato). Neste experimento, a forma de nitrogênio utilizado foi o $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, escolhida no experimento anterior, como a melhor forma de N para esta espécie. O fósforo foi aplicado como KH_2PO_4 . Foi feita adubação básica usando $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, solução 1,35M (1ml/kg substrato), KCl 0,186M (para as plantas que não receberam KH_2PO_4) e solução de micronutrientes + magnésio (GOI, 1981). A inoculação foi feita no momento do transplante das mudas. Após 26 dias, as plântulas foram novamente inoculadas, para garantir o processo de infecção e nodulação. As plantas foram irrigadas, quando necessário, com água corrente.

A coleta foi realizada aos 98 dias após o replantio, quando foram estimados: número de nódulos, diâmetro do coleto e altura da planta e peso da matéria seca dos nódulos, raízes, caules e folhas. A coleta foi feita com as plantas mais jovens (98 dias), pois no experimento anterior, após 100 dias já era possível observar as diferenças entre os tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro experimento, a adição de nitrogênio mineral causou um aumento no acúmulo de matéria seca na raiz, caule e folhas, sendo que aumentos maiores foram observados no peso de raízes e folhas do tratamento com NH_4^+ (10

mg N/ semana/planta) (Tabela I). A aplicação de nitrogênio em ambas as formas, levou a um aumento do diâmetro do caule e da altura da planta, não havendo entretanto diferenças estatísticas entre as formas e concentrações de nitrogênio (Tabela II). Com relação ao peso e ao número de nódulos, a aplicação de nitrato inibiu completamente a formação e desenvolvimento dos mesmos, o que não ocorreu com as plantas do tratamento com NH_4^+ , confirmando o efeito mais deletério do NO_3^- na nodulação, quando foi aplicado 5mg de N (Tabela III). A aplicação de 10 mg de nitrogênio na forma de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ inibiu significativamente o desenvolvimento dos nódulos, caracterizando que o nível de toxidez de NH_4^+ à nodulação, situa-se entre 5 e 10 mg de N por semana. Portanto, pode-se recomendar que a dose de 5 mg de nitrogênio semanais, seja aplicada na forma de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ para essa espécie, durante a fase inicial de crescimento da muda. Resultados semelhantes foram anteriormente observados para *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium*, *Acacia polyachanta* e *Mimosa caesalpiniaefolia* crescidas com NO_3^- e NH_4^+ (GOI, 1993). Acrescenta-se ainda, que a nível de ultraestrutura dos nódulos de *Mimosa caesalpiniaefolia*, o nitrato promoveu desorganização celular (GOI et al 1997), indicando que este íon pode ter efeito direto na nodulação, evitando a formação do nódulo e também efeito indireto, evitando o desenvolvimento e funcionamento dos mesmos. Este experimento serviu para caracterizar a melhor forma e dosagem de nitrogênio a ser aplicada para plantas crescidas nestas condições.

No segundo experimento, procurou-se estudar a interação entre a melhor forma de nitrogênio e diferentes níveis de fósforo, que seria outro fator limitante importante para o crescimento de plantas tropicais. Neste experimento, as plantas apresentaram respostas significativas à adição de nitrogênio e fósforo. A adição de N e P, contribuíram significativamente para o aumento do peso da matéria seca do caule, folhas, altura da planta e diâmetro do coleto, quando comparados com a testemunha que não recebeu nitrogênio e fósforo (Tabela IV e V). Entre as combinações de fósforo e

nitrogênio estudadas, a aplicação de 5 mg de nitrogênio na forma de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ com 20 mg e 40 mg P/Kg de substrato, foram as que significativamente aumentaram o peso da matéria seca das raízes, caule e folhas, altura e diâmetro do caule, em relação ao controle. Apesar da tendência observada de que a combinação de 5 mg N com 20 mg de P, tenha sido a interação mais eficiente, a aplicação de uma dose maior de fósforo aumentou o peso de folhas. Mesmo não apresentando diferenças significativas, o aumento do peso de folhas, pode contribuir para um aumento da atividade fotossintética das mudas.

Foram observadas diferenças significativas para o número de nódulos quando comparados os tratamentos que receberam N e P e o controle (Tabela VI). Em relação ao peso, embora não tenham sido observadas diferenças significativas entre as combinações de N e P estudadas, foi observada uma tendência para aumento de peso e número de nódulos nos tratamentos com a complementação de N e P. Neste experimento, o peso dos nódulos foi menor que no experimento anterior, talvez pelo fato das plantas serem mais novas, pois os valores para números de nódulos não foram muito diferentes. Apesar das plantas dos tratamentos sem nitrogênio, estarem noduladas, a quantidade de nitrogênio fixada não deve ter sido suficiente para a demanda da planta. O nitrogênio utilizado não inibiu a nodulação, contribuindo inclusive para um aumento do número de nódulos, quando comparados com a testemunha sem N e P, confirmando os resultados obtidos no experimento anterior.

Não foram encontrados em literatura outros resultados de aplicação de N e P em *Inga marginata*, sendo que os resultados obtidos foram comparadas com outras espécies arbóreas. A utilização de N e P contribuiu também para o aumento no peso da matéria seca da raiz e do caule e no número de nódulos de *Acacia mangium* (FARIA et al., 1996), bem como aumento no crescimento de *Peltophorum dubium* (FARIA et al., 1995b). Em relação à *Acacia* e *Peltophorum* acima indicados, foram observados aumentos de produção em relação à testemunha, quando aplicados 30 mg/Kg de

Tabela 1 : Efeito de diferentes formas de nitrogênio no peso da matéria seca das raízes, caule e folhas de *Inga marginata*

| TRATAMENTOS | mg N/ semana/planta | PESO DA MATÉRIA SECA (g/planta) | | |
|------------------------------|------------------------|---------------------------------|-------|-------------------|
| | | RAÍZES | CAULE | FOLHAS |
| Fontes de nitrogênio | | | | |
| Controle | 0 | 0,71c | 0,39b | 0,71c |
| NO ₃ ⁻ | 5 | 1,44b | 0,95a | 1,64ab |
| | 10 | 1,41bc | 1,01a | 1,68ab |
| NH ₄ ⁺ | 5 | 1,57ab | 0,91a | 1,60b |
| | 10 | 1,84a | 1,06a | 2,09 ^a |

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si a P = 0,05 (Tukey).

Tabela 2 . Efeito de diferentes formas de nitrogênio no crescimento das plantas de *Inga marginata*.

| TRATAMENTOS | Mg N/ Semana/planta | ALTURA (mm) | DIÂMETRO DO CAULE |
|------------------------------|------------------------|-------------|-------------------|
| | | | (mm) |
| Controle | 0 | 119b | 3,90b |
| NO ₃ ⁻ | 5 | 151ab | 5,36a |
| | 10 | 168a | 5,46a |
| NH ₄ ⁺ | 5 | 141ab | 5,50a |
| | 10 | 160a | 5,80a |

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si, a P=0,05 (Tukey)

P no solo (FARIA *et al*, 1995c). Para trema, PARON *et al* (1997) citam que a produção de matéria seca foi estimulada pela aplicação de P ou P + N, tendo a resposta à aplicação do P evidenciado a grande demanda de P por esta

espécie e a necessidade de adubação em solo com baixa disponibilidade desse nutriente.

Considerando a resposta da planta à adição de nitrogênio em ambos experimentos, pode-

se supor que provavelmente a quantidade de N proveniente da fixação biológica, estava abaixo da necessidade da planta para otimizar e maximizar o crescimento, o que demonstra a necessidade de estudos mais detalhados nesta fase inicial da planta. Talvez a utilização de uma estirpe mais eficiente e/ou infectiva, para substituir as estirpes utilizadas, pudesse contribuir para um maior crescimento da planta. Outra hipótese é a de que estirpes previamente

selecionadas e armazenadas são suscetíveis à perda de eficiência, fato este comumente observado em estirpes de *Rhizobium* que nodulam feijão (SOBERÓN-CHAVEZ *et al.*, 1986) e portanto as estirpes utilizadas podem também ter perdido sua eficiência.

Os resultados obtidos, embora preliminares, são importantes, pois muitas das leguminosas arbóreas podem ter seu crescimento inicial

Tabela 3 . Efeito de diferentes formas de nitrogênio no número e no peso dos nódulos secos de *Inga marginata*.

| TRATAMENTOS | Mg N/ semana/planta | PESO DOS NÓDULOS | |
|------------------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| | | SECOS mg/planta | NÚMERO DE NÓDULOS/planta |
| Fontes de nitrogênio | | | |
| Controle | 0 | 61a | 5,6a |
| NO ₃ ⁻ | 5 | 0b | 0b |
| | 10 | 0b | 0b |
| NH ₄ ⁺ | 5 | 60a | 4,2a |
| | 10 | 20b | 1,0b |

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si, a P = 0,05 (Tukey). A análise estatística de peso e número de nódulos foi realizada utilizando-se dados transformados (vx+1)

Tabela 4 . Efeito da adição de N e P no peso da matéria seca das raízes, caule e folhas de *Inga marginata*

| TRATAMENTOS | PESO DA MATÉRIA SECA (mg/planta) | | |
|----------------------------|----------------------------------|-------|--------|
| | RAÍZES | CAULE | FOLHAS |
| 1 - N(0) P(0) | 170b | 50b | 83c |
| 2 - N(0) P(20 mg / kg) | 300ab | 93ab | 160bc |
| 3 - N(0) P(40 mg / kg) | 240ab | 71ab | 140bc |
| 4 - N (5mg N) P(0) | 260ab | 77ab | 167bc |
| 5 - N(5mg N) P(20 mg / kg) | 420a | 122a | 210b |
| 6 - N(5mg N) P(40 mg / kg) | 360ab | 121a | 296a |

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente, a P = 0,05 (Duncan).

Tabela 5. Efeito de diferentes níveis de N e P na altura da planta e no diâmetro do caule de *Inga marginata*

| Tratamentos | | Altura da planta (cm) | Diâmetro do caule (mm) |
|---------------|---------------|--------------------------|---------------------------|
| 1- N(0) | P(0) | 8,82b | 1,67b |
| 2 - N(0) | P(20 mg / kg) | 11,17ab | 2,05ab |
| 3 - N(0) | P(40 mg / kg) | 10,70ab | 1,92b |
| 4 - N(5 mg N) | P(0) | 12,40ab | 2,12ab |
| 5 - N(5 mg N) | P(20 mg / kg) | 10,88ab | 2,32ab |
| 6 - N(5 mg N) | P(40 mg / kg) | 13,06a | 2,60a |

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente a $P = 0,05$ (Duncan).

Tabela 6. Efeito de diferentes níveis de N e P no número e no peso da matéria seca dos nódulos de *Inga marginata*.

| TRATAMENTOS | | NÚMERO DE NÓDULOS/PLANTA | PESO DOS NÓDULOS SECOS (mg / planta) |
|---------------|---------------|--------------------------|---|
| 1 - N(0) | P(0) | 2,06b | 8,00b |
| 2 - N(0) | P(20 mg / kg) | 3,79ab | 14,75ab |
| 3 - N(0) | P(40 mg / kg) | 3,51ab | 16,75ab |
| 4 - N(5 mg N) | P(0) | 3,54ab | 8,25ab |
| 5 - N(5 mg N) | P(20 mg / kg) | 4,74a | 27,00ab |
| 6 - N(5 mg N) | P(40 mg / kg) | 4,30a | 26,20ab |

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente, a $P = 0,05$ (Duncan).

limitado pela falta de nitrogênio, devido ao tempo maior necessário para o crescimento de nódulos em espécies florestais, quando comparadas com espécies anuais como o feijão e a soja (Goi *et al.*, 1992).

A utilização de uma quantidade pequena de nitrogênio mineral no início do desenvolvimento da muda, pode portanto contribuir para potencializar o crescimento da mesma, garantindo a produção de mudas mais vigorosas e noduladas e que possam se desenvolver a nível de campo, totalmente dependentes do processo de fixação biológica de nitrogênio.

LITERATURA CITADA

- BRAGA, F. A. Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. *Revista Árvore*, Universidade Federal de Viçosa, MG, 19:1, jan./mar., 1995.
- CARVALHO, M. M.. Arborização de pastagens. *Comunicado Técnico*, EMBRAPA, n.18, p.1-5, 1995.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies Florestais Brasileiras. *Recomendações Silviculturais, Potencialidades e Usos da Madeira*. EMBRAPA, CNPF. p.639, 1994.

- CURTI- JÚNIOR, H. M. Leguminosas arbóreas da Mata Atlântica: efeito da adição de diferentes formas de nitrogênio na nodulação e crescimento. Monografia do Curso de Bacharelado em Ecologia, UFRRJ, p.63, 1998.
- DIAS, L. E., ALVAREZ, V. H., JUCKSCH, I., BARROS, N. F., BRIENZA, JUNIOR. S. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel). I. Resposta a calcário e fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 26, n.1, p.69-76, 1991.
- DURIGAN, G. & NOGUEIRA, J. C. B. Recomposição de matas ciliares. IF: série registros, São Paulo, p.1-14, 1990.
- FARIA, M. P., SIQUEIRA, J. O., VALE, F. R., CURI, N. Crescimento inicial da Acácia em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo micorrízico e rizóbio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.20, n. 2, p.209-216, 1996.
- _____. Crescimento de leguminosas arbóreas em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo micorrízico e rizóbio. I. *Albizia lebbbeck* (L) BENTH. *Revista Árvore*, n.3, p.293-307, 1995a.
- _____. Crescimento de leguminosas arbóreas em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo micorrízico e rizóbio. II. *Peltoporum dubium* (Spreng.) Taub. *Revista Árvore*, n.4, p.433-446, 1995b.
- FARIA, M. P., VALE, F. R., SIQUEIRA, J. O., CURI, N. Níveis críticos de fósforo para leguminosas arbóreas inoculadas com fungo micorrízico. XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Resumos, Viçosa, MG, p.776-777, 1995c.
- Franco, A. A., Campello, E. F. C., Dias, L. E., Faria, S. M. Revegetation of acidic residues from bauxite mining using nodulated and mycorrhizal legume trees. Nitrogen Fixing Trees for Acid Soils, Ed: Evans, D. O. & Szott, L. T., p.313-320, 1995.
- FRANCO, A. A., NETO, D. C., CUNHA, C. O., CAMPELLO, E. F., MONTEIRO, E. M. S., SANTOS, C. J. F., FONTES, A. M., FARIA, S. M. DE. Revegetação de solos degradados. I Workshop sobre Recuperação de Áreas Degradadas. UFRRJ, IF, DCA, p.133-157, 1991.
- GOI, S. R. Ureídos em leguminosas tropicais: ocorrência e efeitos de fatores ambientais. Dept. de solos, UFRRJ. Itaguaí, RJ, Brasil, 1981 (Tese de Mestrado).
- GOI, S.R., SPRENT, J. L., JAMES, E. K., JACOB-NETO, J. Influence of nitrogen form and concentrations on the nitrogen fixation of *Acacia auriculiformis*. *Symbiosis*, n.14, p.115-122, 1992.
- GOI, S. R., SPRENT, J.I. & JACOB-NETO, J. Effect of different sources of N on the structure of *Mimosa caesalpiniaefolia* root nodules. *Soil Biol. Biochem.*, n. 29, p.983-987, 1997.
- GOI, S. R. Nitrogen nutrition of nodulated woody legumes. PhD Thesis. University of Dundee. Scotland, UK, 1993.
- INGESTAD, T. Growth, nutrition and nitrogen fixation in grey alder at variety rate of nitrogen fixation addition. *Physiol. Plant.*, n.50, p.353-364, 1980.
- JACOB-NETO, J., GOI, S. R. & SPRENT, J. I. Efeito de diferentes formas de nitrogênio na nodulação e crescimento de *Acacia mangium*. *Floresta e Ambiente*, v.5, n.1, p.104-110, 1998.
- LAWRENCE, A., PENNINGTON, T. D., HANDS, M. R & ZÚNIGA, R. A. *Inga*: High diversity in the neotropics nitrogen fixing trees for acid soils. Nitrogen fixing tree Research Reports Special Issue, p.130-141, 1995.
- LORENZI, H. Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. São Paulo: Plantarum, 1992.
- NASCIMENTO, A. S. G. Leguminosas

- arbóreas de florestas pluviais tropicais: comportamento ecofisiológico em relação ao nitrogênio mineral e alumínio. Tese de Mestrado, Dep. de Ciências Ambientais, MCAF, UFRRJ, 1998.
- PARON, M. E., SIQUEIRA, J. O., CURI, N. Fungo micorrízico, fósforo e nitrogênio no crescimento inicial da trema e do fedegoso. *Rev. Bras. Ci. Solo.* n. 21, p.567-574.
- STREETER, J. G. Nitrate inhibition of legume nodule growth and activity. I. Long-term studies of a continuous supply of nitrate. *Plant Physiol.*, n.77, p.321-324, 1985.
- SOBERÓN-CHAVEZ, G., NÁJERA, R., OLIVEIRA, H., SEGOVIA, L. Genetic rearrangements of a *Rhizobium phaseoli* symbiotic plasmid. *Journal of Bacteriology*, Washington, n.167, p.487-491, 1986.
- STEWART, G. R., PEARSON, J., KERSHAW, J. L., CLOUGH, E. C. M. Biochemical aspects of inorganic nitrogen assimilation by wood plants. *Ann. Sci. For.* 46 suppl., 6485-6535. *Forest Tree Physiology*, 1989.
- SUMMERFIELD, R. J., HUXLEY, P. A., MINCHIN, F.R. Plant husbandry and management techniques of growing grain legumes under simulated tropical conditions in controlled environments. *Exp. Agric.*, n.13, 81-92, 1977.