



**Absorção e Exportação de  
Fósforo em Três Cultivares  
de Soja**





ISSN 1676-5265

Julho, 2004

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 26***

## **Absorção e Exportação de Fósforo em Três Cultivares de soja**

Carlos Alberto Costa Veloso  
Jamil Chaar El-Husny  
Francisco Ronaldo Sarmanho de Souza  
Emeleocípio Botelho de Andrade

Belém, PA  
2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Amazônia Oriental**

Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n  
Caixa Postal, 48 CEP: 66095-100 - Belém, PA  
Fone: (91) 299-4500  
Fax: (91) 276-9845  
E-mail: sac@cpatu.embrapa.br

**Comitê de Publicações**

Presidente: Joaquim Ivanir Gomes  
Secretária-Executiva: Maria de Nazaré Magalhães dos Santos  
Membros: Gladys Ferreira de Sousa  
          João Tomé de Farias Neto  
          José Lourenço Brito Júnior  
          Kelly de Oliveira Cohen  
          Moacyr Bernardino Dias Filho

**Revisores Técnicos**

Adênis Moreira - Embrapa Amazônia Ocidental  
Gladys Ferreira de Souza - Embrapa Amazônia Oriental  
Ismael de Jesus M. Viégas - Embrapa Amazônia Oriental

Supervisor editorial: Guilherme Leopoldo da Costa Fernandes  
Revisor de texto: Marlúcia Oliveira da Cruz  
Normalização bibliográfica: Isanira Coutinho Vaz-Pereira  
Editoração eletrônica: Euclides Pereira dos Santos Filho

**1ª edição**

1ª impressão (2004): 300 tiragem

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

---

Absorção e exportação de fósforo em três cultivares de  
soja / Carlos Alberto Costa Veloso ... [et al.]. – Belém:  
Embrapa Amazônia Oriental, 2004.

16p. ; il. 21cm. – (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim  
de Pesquisa e Desenvolvimento, 26).

1. Variedade de soja. 2. Fertilidade do solo. 3. Nutrição  
mineral. I. Veloso, Carlos Alberto Costa. II. Série.

---

CDD - 633.34895

© Embrapa 2004

# Sumário

Resumo .....	5
Abstract .....	6
Introdução .....	7
Material e Métodos .....	8
Resultados e Discussão .....	10
Conclusões .....	15
Referências Bibliográfica .....	15

# Absorção e Exportação de Fósforo em Três Cultivares de Soja

---

*Carlos Alberto Costa Veloso<sup>1</sup>*

*Jamil Chaar El-Husny<sup>2</sup>*

*Francisco Ronaldo Sarmanho de Souza<sup>2</sup>*

*Emeleocípio Botelho de Andrade<sup>2</sup>*

## Resumo

O estudo tem por objetivo quantificar a absorção, a translocação e a exportação do fósforo em três cultivares de soja, num experimento conduzido em vasos de plástico com três quilos de solo Latossolo Amarelo, distrófico, textura muito argilosa. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 3, com três repetições. Nos tratamentos, foram utilizadas cinco doses de fósforo (0, 100, 200 300 e 400 mg kg<sup>-1</sup> de P), na forma de superfosfato triplo, e três cultivares de soja (Mirador, Seridó e Cariri). A aplicação do corretivo foi realizada 30 dias antes do plantio e os tratamentos com fósforo e adubação básica foram aplicados na forma de solução. A colheita foi realizada no final de ciclo de cada cultivar e estimada a produtividade de cada material. A partir da dose de 200 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo, a cultivar Cariri produziu maior quantidade de matéria seca da parte aérea, raízes, matéria seca total e produção de grãos. A absorção de fósforo na planta cresceu com o aumento da concentração do elemento na solução do solo. O melhor desempenho na absorção foi obtido pela cultivar Cariri. O aumento da translocação de fósforo para a parte aérea promoveu uma maior concentração de fósforo no solo em todas as cultivares estudadas. A exportação de fósforo pelas cultivares diminuiu com o aumento das concentrações adicionadas no solo.

Palavras-chave: *Glycine max*, translocação, nutrição mineral, eficiência nutricional.

---

<sup>1</sup>Eng. Agrôn. D.Sc., Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, CEP 66.095-100. Belém, PA.  
E-mail: veloso@cpatu.embrapa.br

<sup>2</sup>Eng. Agrôn. M.Sc., Embrapa Amazônia Oriental, E-mail: jamil@cpatu.embrapa.br

# The absorption and exportation of phosphorus in three soybean cultivars

---

## Abstract

The study aimed to measure the absorption, translocation and exportation of phosphorus in three soybean cultivars, in an experiment carried out in plastic pots with three liters of a clayey Oxisol. A completely randomized block design with three replications in a factorial 5 x 3 scheme was used. The treatments consisted of five levels of phosphorus (0, 100, 200, 300 and 400 mg kg<sup>-1</sup>), as triple superphosphate, and three soybean cultivars (Mirador, Seridó and Cariri). The corrective was applied 30 days before planting, and the treatments were applied as solution. Harvesting was carried out at the end of the cycle of each cultivar and the production was estimated. Grain samples were collected for determining nutrient concentration and the quantities exported. The cultivar Cariri produced more total dry matter and grain production for the concentration up to 200 mg kg<sup>-1</sup> of P. The absorption of phosphorus by the plant increased with the increase of the phosphorus concentration in the soil solution. Better results in the absorption were obtained by the cultivar Cariri. The translocation of P to the aerial part increased with the increase of phosphorus concentration in the soil solution for all cultivars. The exportation of phosphorus by the cultivars decreased with its increase in the soil addition.

Index terms: *Glycine max*, translocation, mineral nutrition, nutritional efficiency.

## Introdução

O Brasil atualmente é o segundo maior produtor mundial de soja (*Glycine max* (L) Merrill), sendo essa cultura uma das mais importantes como geradora de divisas do País (Embrapa, 1994). Desde 1970, a produção e a produtividade aumentaram em resposta ao aumento da demanda mundial de óleo e de proteína dessa leguminosa como fonte alimentar do ser humano e dos animais (Tanaka et al., 1993).

No Cerrado Paraense, a área plantada com a cultura vem crescendo (El-Husny et al., 2001). As pesquisas com fertilidade do solo e nutrição mineral da soja são poucas e as recomendações técnicas são adaptadas de informações obtidas em outras regiões.

Os solos da Região Amazônica são ácidos, com baixa saturação por bases. Frequentemente possuem alumínio trocável, manganês e ferro em quantidades altas que podem limitar o cultivo da soja (Vieira & Santos, 1987). Outra limitação à produção nesses solos é a baixa disponibilidade e a alta capacidade de fixação de fósforo.

O fósforo é um nutriente muito importante para a nutrição das leguminosas, bem como para nodulação e fixação do nitrogênio atmosférico. Em condições de elevada acidez do solo, a disponibilidade de fósforo para as plantas é pequena, porque ele é fixado por reações de adsorção e precipitação por Al e Fe. Nesse caso, torna-se indispensável a adição de P ao solo, para a obtenção de altas produções (Vitti & Trevisan, 2000).

Para suprir adequadamente, através da calagem e da adubação, as necessidades crescentes da produtividade, é importante conhecer as quantidades absorvidas e exportadas de nutrientes pela cultura. Esse procedimento visa não provocar o aparecimento de fator limitante por falta e nem por desequilíbrio nutricional, ou se a fertilidade do solo estiver num nível satisfatório, estabelecer a adubação que possibilite manter estável o rendimento ao longo dos cultivos. A absorção fornece informações de nutrientes pelas plantas em função de sua idade, de grande importância para o conhecimento da quantidade e intensidade relativa de absorção de nutrientes durante o ciclo da cultura da soja (Tanaka et al., 1993).

Avaliações da eficiência nutricional podem levar à diferenciação entre cultivares, de modo a obter-se material adaptado a diferentes condições de fertilidade do solo. Em termos práticos, tem-se que, se o suprimento de P do solo é reduzido, quer por falta, quer por redução em sua difusão, cultivares mais eficientes na absorção, translocação, enraizamento e conversão do P poderão ser mais interessantes (Martinez et al., 1993).

O trabalho tem por objetivo quantificar a absorção, a translocação e a exportação do fósforo em três cultivares de soja, num Latossolo Amarelo distrófico do Município de Paragominas, Estado do Pará.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Embrapa Amazônia Oriental, no período de agosto a dezembro de 2002, nas coordenadas 01°28' latitude sul e 48°28' longitude oeste, a uma altitude média de 10 metros.

O solo utilizado foi um Latossolo Amarelo, distrófico, textura muito argilosa, coletado no Município de Paragominas (PA), na camada de 0-20 cm de profundidade (Tabela 1).

**Tabela 1.** Características químicas e físicas de amostras do Latossolo Amarelo <sup>1</sup>

pH	M.O.	P	Ca	Mg	K	Al	H+Al	Areia	Silte	Argila
	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mmolc.dm <sup>-3</sup>				g kg <sup>-1</sup>			
5,0	17,9	2	21	7,5	1,5	2,0	38	30	230	740

<sup>1</sup>Análises realizadas no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental.

Para elevar o índice de saturação por base, fez-se calagem 30 dias antes da aplicação dos tratamentos com CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub> P.A. na proporção de 3:1. A correção da acidez do solo foi realizada para aumentar a saturação por base ao valor de 60% (Raij et al., 1996).

O solo recebeu adubação básica nas seguintes doses: 30 mg. kg<sup>-1</sup> de N e 36 mg. kg<sup>-1</sup> de S, na forma sulfato de amônio; 150 mg. kg<sup>-1</sup> de K, na forma cloreto de potássio; 0,5 mg. kg<sup>-1</sup> de B, na forma de ácido bórico; 1,5 mg. kg<sup>-1</sup> de Cu, na forma de sulfato de cobre; 1,5 mg. kg<sup>-1</sup> de Mn, na forma de sulfato de manganês; e 5,0 mg. kg<sup>-1</sup> de Zn, na forma de sulfato de zinco (Vitti & Trevisan, 2000).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 3, com três repetições. Cada vaso, com 3,0 dm<sup>3</sup> de capacidade, continha quatro plantas.

Os tratamentos consistiram de 5 doses de fósforo (0; 100; 200; 300 e 400 mg kg<sup>-1</sup>), aplicadas na forma de superfosfato triplo e 3 cultivares de soja: Mirador, Seridó e Cariri. A incorporação dos nutrientes foi realizada via solução nutritiva, com exceção do fósforo, que foi previamente incorporado ao solo. Como adubação complementar, foram aplicados, parceladamente, o nitrogênio e o potássio: 1/3 10 dias após o plantio; 1/3 20 dias após plantio; 1/3 aos 40 dias após o plantio. Os demais nutrientes foram aplicados de uma única vez.

Durante a condução do experimento, a umidade do solo foi ajustada, diariamente, mediante pesagem dos vasos e adição de água destilada, suficiente para atingir 80% de água no solo, submetida a uma tensão equivalente a 0,01 MPa. Com o desenvolvimento das plantas, foi efetuada uma rotação entre os blocos e dos vasos dentro dos blocos.

A colheita foi realizada quando as cultivares atingiram a maturação, com ciclos de 110 a 120 dias após o plantio. Foram separadas a parte aérea (folhas, caules, vagens e grãos) e raízes, sendo feita a secagem a 65 °C em estufa de circulação forçada de ar, até atingir peso constante. O material vegetal foi pesado, triturado e submetido à análise química, para determinação do teor de fósforo. Inicialmente, as amostras sofreram digestão nítrico-perclórica, e a seguir, houve a determinação do P no extrato, por colorimetria, metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

A partir da matéria seca do conteúdo de fósforo na planta, foram calculados os índices: a) eficiência de absorção de fósforo = (conteúdo total do nutriente na planta)/(matéria seca de raízes) (Swiader et al., 1994); b) eficiência de

translocação = (conteúdo do nutriente na parte aérea)/(conteúdo do nutriente na planta) x 100 (Li et al., 1991); c) eficiência de exportação = quantidade contida nos grãos e expressa em percentagem da quantidade absorvida.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística, utilizando-se o programa estatístico SAS-Statistical Analysis System (SAS, 1993). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, no nível da significância de 5% de probabilidade. Foram ajustadas equações de regressão para todas as variáveis estudadas em função das doses de fósforo.

## Resultados e Discussão

### Produção de matéria seca

A cultivar Cariri apresentou maior produção de matéria seca total a partir da dose de 200 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo em relação às cultivares Seridó e Mirador. Nas vagens e nos grãos, não houve diferença entre cultivares.

Houve uma resposta na produção de matéria seca até a dose de 200 mg kg<sup>-1</sup> de P em todas as cultivares estudadas. Com o aumento das concentrações do fósforo no solo, houve redução significativa na quantidade de matéria seca da parte aérea, raízes, vagens e grãos e na planta inteira (Fig. 1).

Esses dados mostram que a adubação fosfatada no solo estudado proporcionou aumento significativo em relação às cultivares estudadas. Martinez *et al* (1993) observou efeito semelhante para a produção de grãos na cultura da soja.

Os valores para a relação matéria seca da parte aérea / matéria seca da raiz elevaram-se com a adubação fosfatada nas cultivares Cariri e Seridó e decresceram na cultivar Mirador (Fig. 1). Resultados semelhantes foram observados por Ben (1991). Esses dados mostram efeito positivo da adubação fosfatada pela eficiência do sistema radicular na produção de matéria seca da parte aérea da planta. Cerca de 70% do P total acumulado pela soja ao longo do ciclo é absorvido entre os estádios de formação de vagens até o enchimento de grãos (Yamada, 2000). Do total absorvido, as sementes constituem dreno de aproximadamente 65% (Embrapa, 1994).

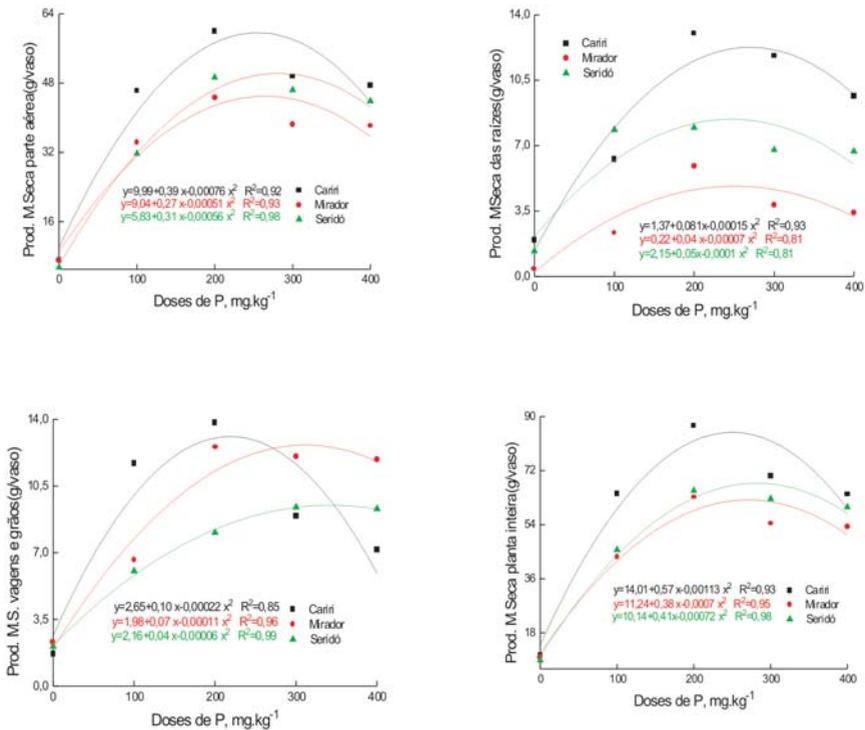


Fig. 1. Produção de matéria seca da parte aérea, raízes, vagens, grãos e da planta inteira das cultivares de soja em função das doses de fósforo.

## Absorção de fósforo

A quantidade de fósforo na planta cresceu com o aumento da concentração do nutriente no solo (Tabela 2).

Observa-se que as cultivares Cariri e Mirador absorveram maior quantidade de fósforo do que a Seridó, com a dose 200 mg kg<sup>-1</sup> de P. O melhor desempenho das cultivares Cariri e Mirador provavelmente deve estar relacionado com a maior eficiência de absorção de fósforo.

**Tabela 2.** Absorção média de fósforo (mg/vaso) em três cultivares de soja em função das concentrações de fósforo.

Doses de P (mg. kg <sup>-1</sup> )	Cultivar		
	Cariri	Mirador	Seridó
	..... mg/vaso .....		
0	<sup>(1)</sup> 7,71 bC	11,29 aD	6,08 bD
100	86,90 abB	80,56 bC	94,61 aC
200	322,04 aA	285,57 aA	211,77 bB
300	269,51 aA	216,01 bB	243,17 aA
400	275,40 aA	264,37 aA	281,08 aA
C.V. (%)	14,76	13,05	12,80

<sup>(1)</sup>Médias seguidas das mesmas letras minúsculas, na horizontal e maiúsculas, na vertical, não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

A maior ou a menor eficiência no aproveitamento do fósforo presente no solo é provocada por diferenças na absorção, translocação e utilização desse nutriente pelas plantas (Gerloff & Gabelman, 1983).

A distinção da capacidade de absorção de fósforo entre cultivares pode ser causada por diferenças nas características genéticas e morfológicas das raízes, importantes principalmente para nutrientes presentes em baixas concentrações na solução do solo. As cultivares Cariri e Mirador foram mais eficientes do que a cultivar Seridó. Para Gardiner & Chistensen (1990), essa diferença na absorção de fósforo pode ser atribuída à diferente eficiência, e não a diferenças na absorção do nutriente.

## Transporte de fósforo

Os dados resultantes do transporte de fósforo para a parte aérea nas cultivares estudadas estão apresentados na Tabela 3. Observa-se que as cultivares distinguiram-se com relação à translocação do fósforo absorvido para a parte aérea, ocorrendo aumento de translocação com o incremento das doses de fósforo no solo.

**Tabela 3.** Translocação média de fósforo para a parte aérea (% P absorvido) em três cultivares de soja em função das concentrações de fósforo.

Doses de P (mg. kg <sup>-1</sup> )	Cultivar		
	Cariri	Mirador	Seridó
	..... % .....		
0	<sup>(1)</sup> 45,7 aC	44,0 aB	35,5 bC
100	74,6 aA	46,8 cB	63,7 bB
200	65,2 aB	64,3 aA	60,5 bB
300	75,3 aA	60,7 bcA	66,8 bB
400	79,2 aA	62,1 cA	78,0 aA
C.V.(%)	10,18	12,25	14,10

<sup>(1)</sup>Médias seguidas das mesmas letras minúsculas, na horizontal e maiúsculas, na vertical, não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

As cultivares Cariri e Seridó foram mais eficientes na translocação de fósforo do que a cultivar Mirador. Em decorrência disso, aquelas apresentaram maior quantidade de fósforo na parte aérea. Tal fato também foi observado em variedades de soja por Martinez et al. (1993).

## Exportação de fósforo

Quanto à exportação de fósforo (Tabela 4), observou-se que as cultivares Mirador e Seridó distinguiram-se da Cariri, que apresentaram valores mais elevados em baixa disponibilidade de P no solo e melhor aproveitamento do fósforo nativo, indicando a possibilidade de ocorrência de variabilidade genética entre os materiais avaliados. A cultivar Cariri apresentou a maior exportação de fósforo com a dose de 200 mg kg<sup>-1</sup> de P.

**Tabela 4.** Exportação média de fósforo por três cultivares de soja, submetidos a diferentes concentrações de fósforo (médias de três repetições).

Doses de P (mg. kg <sup>-1</sup> )	Cultivar		
	Cariri	Mirador	Seridó
	..... % .....		
0	<sup>(1)</sup> 16,3 bB	33,4 aB	28,4 aA
100	17,5 cB	50,3 aA	28,0 bA
200	28,3 aA	28,6 aC	32,7 aA
300	15,9 cB	37,4 aB	26,3 bA
400	11,7 cC	36,4 aB	18,2 bB
C.V. (%)	16,20	14,50	15,35

<sup>(1)</sup>Médias seguidas das mesmas letras minúsculas, na horizontal e maiúsculas, na vertical, não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

## Conclusões

A cultivar Cariri produziu maior quantidade de matéria seca da parte aérea, raízes, matéria seca total e produção de grãos, a partir da dose de 200 mg. kg<sup>-1</sup> de P.

A absorção de P na planta cresceu com o aumento da concentração do elemento na solução do solo. O melhor desempenho na absorção foi obtido pela cultivar Cariri.

O aumento da concentração de P na solução do solo resultou no crescimento da translocação de fósforo para a parte aérea em todas as cultivares estudadas.

A exportação de fósforo pelas cultivares diminuiu com o aumento das concentrações adicionadas no solo.

## Referências Bibliográficas

BEN, J. R. Response of triticale, wheat, rapeseed and lupine to phosphorus in soil. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 2., 1990, Passo Fundo. **Proceedings**. Passo Fundo: CIMMYT, 1991. p.207.

EL-HUSNY, J. C.; ANDRADE, E. B. de; CORRÊA, J. R. V.; KLEPKER, D.; ALMEIDA, L. A. **Comportamento de cultivares de soja em Santarém, Pará**. Belém, 2001. 28 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Circular Técnica, 25).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja (Londrina, PR). **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil-94/95**. Londrina, 1994. 127p. (Embrapa-CNPSo. Documentos, 77).

GARDINER, D. T.; CHRISTENSEN, N. W. Characterization of phosphorus efficiencies of two winter wheat cultivars. **Soil Science Society American Journal**, v. 54, p. 1337-1340, 1990.

GERLOFF, G. C.; GABELMAN, W. H. Genetic basis of inorganic plant nutrition. In: LAUCHLI, A.; BIELESKI, R. L. (Ed.). **Inorganic plant nutrition**. New York: Springer-Verlag, 1983. p. 453-480.

LI, B.; McKEAND, S. E.; ALLEN, H. L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, v. 37, p. 13-626, 1991.

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

MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F.; SACRAMENTO, L. V. S.; RODRIGUES, L. A. Comportamento de variedades de soja cultivadas sob diferentes concentrações de fósforo. II. Translocação do fósforo absorvido e eficiência nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, p. 239-244, 1993.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2.ed. Campinas: Fundação IAC, 1996. 285 p.

SAS INSTITUTE (Cary, North Carolina). **Statistical analysis system: procedures guide for personal computers**. Cary, 1993. 151 p.

SWIADER, J. M.; CHYAN, Y.; FREIJI, F. G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **Journal Plant Nutrition**, v. 17, p. 1687-1699, 1994.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; BORKERT, C. M. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. de M. **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba, POTAFOS, 1993. p. 105-137.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. **Amazônia – seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. 416 p.

VITTI, G. C.; TREVISAN, W. **Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade de soja**. Piracicaba: POTAFOS, 2000. 16 p. (POTAFOS. Informações Agronômicas. Encarte Técnico, 90).

YAMADA, T. Nutrição e adubação para soja de alta produtividade no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 2000, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: POTAFOS, 2000. 71 p. CD-ROM.



---

*Amazônia Oriental*

CGPE 4831

Patrocínio:



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,  
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

