

EFEITOS DA CARÊNCIA DE CÁLCIO, BORO E ZINCO SOBRE A
PRODUTIVIDADE DE SOJA (*Glycine max* (L.) MERRILL
CV. SANTA ROSA

Selma Dzimidas Rodrigues¹

José Antonio Proença Vieira de Moraes²

João Domingos Rodrigues¹

Elizabeth Orika Ono³

Maria Elena Aparecida Delachiave¹

José Figueiredo Pedras¹

INTRODUÇÃO

A soja é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo. Da produção mundial total das oito principais oleaginosas, estimada em 225,44 milhões de toneladas no biênio 1992/93, a soja participou com aproximadamente 50%, ou seja, 110 milhões de toneladas. Seu alto teor de proteínas proporcionou múltiplas utilizações e a formação de um complexo industrial destinado ao seu processamento (ARANTES & SOUZA, 1993).

Nas situações agrícolas, raramente se proporcionam grandes concentrações de elementos minerais, que permitam às plantas explorar todas as outras variáveis ambientais. Portanto, o estudo dos efeitos dos minerais sobre o desenvolvimento da planta é ponto importante no incremento da produtividade da soja.

Durante algum tempo, relacionou-se a ação do cálcio somente com o pH do solo, ou seja, uma atuação somente indireta no vegetal. No entanto, ANDREW (1962), relata que,

¹ Departamento de Botânica - IB-Botucatu - UNESP. CEP 18618-000 Botucatu-SP, Brasil.

² Departamento de Botânica - Universidade Federal de São Carlos. CEP 13560-000 São Carlos-SP, Brasil.

³ Departamento de Biologia - Universidade de Taubaté. Taubaté-SP, Brasil.

além desse efeito indireto, os sais de cálcio são importantes no desenvolvimento de tecidos vegetais, especialmente de raízes. Ele afeta também a translocação de carboidratos, agindo, portanto, sobre o particionamento de assimilados, que se dirigem principalmente para os órgãos reprodutivos nessa fase do ciclo vegetal, o que conduz a menor produtividade.

OKHI (1978), em trabalho realizado com soja, relata que, com deficiência de zinco, as plantas apresentaram, além da redução na atividade fotossintética, também diminuição na atividade da anidrase carbônica, assim interferindo na produção final. SCHARMA et al. (1981) relatam aumento de açúcares redutores sob deficiência de zinco. Feijoeiros carentes de zinco apresentam redução no teor de amido, na atividade da síntese de amido, assim como diminuição do tamanho e do número de grãos de amido, além de folhas menores (JYUNG et al., 1975). Convém ressaltar que, segundo MARSCHNER (1986), estas relações provocadas no metabolismo dos carboidratos, não são as responsáveis pelos sintomas visíveis de deficiência de zinco.

Vários processos metabólicos são influenciados, direta ou indiretamente, pelo boro, tais como o metabolismo dos ácidos nucléicos, a biossíntese dos carboidratos, o metabolismo protéico e outros (MENGEL & KIRKBY, 1987). Em decorrência de alterações metabólicas a vários níveis, surgem divergências sobre qual seria o papel primário do elemento: biossíntese de lignina e diferenciação do xilema (LEWIS, 1980), estabilização da membrana (PILBEAM & KIRKBY, 1983) ou alterações nas reações enzimáticas (DUGGER, 1983).

Este trabalho teve por fim estudar a deficiência de cálcio, boro e zinco sobre a produtividade de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. Santa Rosa).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em cultivo hidropônico, com substrato de quartzo moído e uso de vasos de plástico com capacidade de 9 litros. O quartzo recebeu o tratamen-

to preconizado por SARRUGE & HAAG (1974), para evitar contaminação com macro ou micronutrientes que interferissem no resultado.

As plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. Santa Rosa) foram obtidas a partir de sementes, colocadas para germinar nos vasos com quartzo umedecido com água desmineralizada. Após 10 dias da emergência das plântulas, fez-se o desbaste, deixando-se 3 plantas por vaso. A partir desse estágio, os vasos foram completados com solução nutritiva nº 2 de HOAGLAND & ARNON (1950), modificada pela omissão de cálcio, boro e zinco. Foram definidos 4 tratamentos: solução nutritiva completa (C); omissa em cálcio (-Ca); omissa em boro (-B) e omissa em zinco (-Zn). Fizeram-se três repetições em experimento inteiramente casualizado.

Para avaliação do efeito das carências nutricionais sobre a produtividade, foram realizadas as seguintes determinações: número de flores por planta, número de frutos por planta, número de sementes por planta, e peso das sementes por planta (em gramas). Essas observações foram realizadas nas seguintes idades: **número de flores/planta:** 85 e 100 dias após a emergência; **número de frutos/planta:** 100, 115 e 130 dias após a emergência; **número de sementes/planta:** 130 dias após a emergência; **peso das sementes/planta:** 130 dias após a emergência.

Os resultados foram submetidos à análise da variância, complementada pelo teste de Tukey de comparação de médias. No caso dos números de flores, de frutos e de sementes, houve transformação prévia de $\sqrt{(x + 0,5)}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A carência de boro na solução nutritiva levou à morte as plantas de soja, isto é, as plantas carentes desse mineral não competaram o ciclo de vida. Portanto, não foi possível obter dados de produtividade dessas plantas. Assim sendo, este tratamento foi excluído da análise estatística. Nos quatro parâmetros estudados (**Tabelas 1, 2 e 3**) os

coeficientes de variação foram altos. Isto se deve ao fato de terem ocorrido valores nulos nas parcelas.

Número de Flores/Planta

Verifica-se na **Tabela 1** que houve efeito significativo dos Tratamentos e das Coletas, sem que a Interação fosse significativa. A **Tabela 1A** mostra que não houve diferença significativa entre os tratamentos Completo e -Zn; no entanto, o tratamento -Ca, com o menor número de flores/planta, diferiu significativamente do Completo, mas não do tratamento -Zn.

De acordo com ROSOLEM (1980), a floração pode ocorrer entre 60 e 90 dias após a sementeira, dependendo do cultivar, enquanto MASCARENHAS (1973) diz que em soja cv. Pelicano, o florescimento ocorre entre 100 e 120 dias pós-plantio. Os resultados obtidos, coincidem com as indicações da literatura, quando se trata de soja em solução nutritiva.

Tabela 1. Análise da variância dos resultados de número de flores/planta de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. Santa Rosa), nos dois períodos de coleta.

Causa de Variação	G.L.	Q.M.	F	Probabilidade
Tratamentos (T)	2	5,0992	4,62*	0,0325*
Coletas (C)	1	7,4371	6,74*	0,0234*
Interação T C	2	0,7127	0,65ns	0,5444ns
Resíduo	12	1,1035		
Total	17			

CV = 36,43%; Média geral = 11,45; * = significância ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo.

Tabela 1A. Comparação das médias pelo teste de Tukey, do número médio de flores/planta de soja, nos dois períodos de coleta.

Tratamentos	Coletas (dias)		Médias de Tratamentos (Dados Originais)
	85	100	
Completo	7,67	22,67	15,17 a
-Cálcio	1,17	8,50	4,84 b
-Zinco	7,33	10,33	8,83 ab
Médias Coletas	5,39 B	13,83 A	

Médias seguidas de mesma letra, não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade. Letras maiúsculas = horizontal; Letras minúsculas = vertical.

Com relação ao tratamento -Ca, os resultados são concordes com a literatura, uma vez que JOHAM (1957) refere diminuição no número de flores, em algodão carente de cálcio. HARPER (1971) relata que a época de maior absorção de cálcio em soja, ocorreu durante a formação de botões florais, enquanto que GILLI (1977) observou, em crisântemos deficientes nesse macronutriente, redução de 77% na produção floral. Notou-se, além da diminuição na produção de flores, que a sincronia do florescimento foi prejudicada, no tratamento -Ca, em relação aos tratamentos Completo e -Zn, uma vez que, ainda aos 115 dias após a emergência, encontram-se flores. Este fato levaria a retardamento na formação de vagens e sementes e diminuição da produção, como é reportado por DUNPHY *et al.* (1979). De acordo com VÁLIO (1986), as auxinas são imprescindíveis no desenvolvimento e manutenção de flores. Já MILLAWAY & WIERSHOLM (1979) observaram ser o cálcio operativo nos sítios de ligação desses hormônios vegetais. Pode-se então inferir que, na omissão de cálcio, haveria interferência nos efeitos promovidos pelas auxinas na floração, de forma negativa, culminan

do com diminuição na produção de flores. Além disso, sabe-se que o cálcio afeta a translocação de carboidratos (GALLAHER *et al.*, 1976; MILLAWAY & WIERSHOLM, 1979), agindo, portanto, sobre a partilha de assimilados, que se dirigem principalmente para os órgãos reprodutivos nessa fase do ciclo vegetal, e conduzem a menor produtividade.

O tratamento -B não completou o ciclo, o que confirma observações de REINHARDT *et al.* (1978) e MALAVOLTA *et al.* (1980).

A omissão de zinco, conforme o observado por OKHI (1977), leva a diminuição no número de flores em soja, o que confirma os resultados obtidos.

Número de Frutos/Planta

A obtenção desse dado foi realizada aos 130 dias após a emergência, uma vez que, antes disso, as plantas do tratamento -Zn não haviam experimentado a abscisão foliar característica da espécie, nem haviam as vagens alterado sua coloração, mantendo-se ainda verdes. Mesmo com 130 dias, nem todas as vagens haviam maturado ou as folhas haviam murchado. A coleta foi, no entanto, realizada, devido à maturação plena nos tratamentos Completo e -Ca, cujas vagens poderiam apresentar deiscência e, assim, prejudicar a coleta de resultados de produção de sementes.

A análise estatística (Tabelas 2 e 2A) mostra que ocorreu efeito significativo dos Tratamentos. O tratamento Completo apresentou maior número de frutos/planta que os demais tratamentos, no entanto, excedeu significativamente apenas o tratamento -Ca.

Considerando-se o tratamento -Ca, DECHEM *et al.* (1973), trabalhando com tomate, observaram redução no número de frutos em casos de carência de cálcio. Aqui também cabem as ilações, referentes ao papel do cálcio sobre os efeitos das auxinas na formação, crescimento e manutenção de frutos (VÁLIO, 1986), bem como as que associam o cálcio com a translocação de assimilados, que permitem a produção de frutos (GALLAHER *et al.*, 1976; MILLAWAY & WIERSHOLM, 1979;

VÁLIO, 1979).

Tabela 2. Análise da variância dos dados de número de frutos/planta de soja, nos três períodos de coleta.

Causa de Variação	G.L.	Q.M.	F	Probabilidade
Tratamentos (T)	2	12,6340	8,29**	0,0028**
Coletas (C)	2	0,7392	0,49ns	0,6233ns
Interação T × C	4	0,7679	0,50ns	0,7332ns
Resíduo	18	1,5231		
Total	26			

CV = 44,33%; Média geral = 10,78; ** = significância ao nível de 1% de probabilidade; ns = não significativo.

Tabela 2A. Comparação das médias pelo teste de Tukey, do número médio de frutos/planta de soja, nos três períodos de coleta.

Tratamentos	Coletas (dias)			Médias de Tratamentos (Dados Originais)
	100	115	130	
Completo	11,83	16,83	17,50	15,39 a
-Cálcio	4,17	5,33	1,00	3,50 b
-Zinco	5,50	10,33	11,83	9,22 ab

Médias seguidas de mesma letra, não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto ao tratamento -Zn, NELSON & BARBER (1954) relatam que o número de vagens, em soja carente de zinco, diminui. Assim, o que se nota é que tanto para o número de flores, quanto para o de frutos, o zinco é extremamente impor-

tante e se não parece afetar o desenvolvimento vegetativo de *Glycine max* (L.) Merrill cv. Santa Rosa, interfere sobremaneira na produtividade secundária desse vegetal.

VÁLIO (1986), afirma que as auxinas são responsáveis pelo desenvolvimento e manutenção de flores e frutos, enquanto SKOOG (1940) relata as ações do zinco na síntese e atividade desses hormônios, embora SALAMI & KENEFICK (1970) o contestem. Os resultados obtidos no presente experimento mostraram que esse micronutriente praticamente não alterou o desenvolvimento do vegetal, porém reduziu a produção de órgãos de reprodução. Do exposto acima, poder-se-ia aventar que em fases críticas do vegetal, que exigem alta demanda de auxina, ou seja, florescimento e frutificação, a carência de zinco instalar-se-ia de fato na variedade de soja empregada.

SALISBURY & ROSS (1992) afirmam que o ácido 3-indolilacético (IAA) previne a senescência e a abscisão foliar. Se a omissão de zinco, por ocasião da reprodução, leva a diminuição de IAA na soja, a ponto de interferir na produção e, considerando que durante o desenvolvimento de vagens, inicia-se a queda fisiológica de folhas, característica da espécie, era de prever uma queda foliar precoce, devida à diminuição do conteúdo auxínico. Para tentar explicar o retardamento da senescência e da abscisão das folhas no tratamento -Zn, deve-se reportar LINDOO & NOODÉN (1977), os quais sustentam que a senescência monocárpica da soja, bem como a abscisão foliar, estariam correlacionadas com o desenvolvimento do sistema radicular, durante o período de floração e de frutificação e da ação de hormônios aí presentes, especificamente citocininas, uma vez que inibem a senescência (SALISBURY & ROSS, 1992). Portanto, mesmo com a depleção de IAA na soja omissa em zinco, por ocasião da fase reprodutiva, como o desenvolvimento do sistema radicular nessa fase não foi reduzido, deve ter ocorrido a manutenção de níveis de citocininas ou de outros compostos aí produzidos, que retardaram a senescência e a abscisão foliar, e atrasaram a maturação de vagens.

Número e Peso de Sementes/Planta

Pelas Tabelas 3 e 3A, verifica-se que houve efeito significativo dos Tratamentos sobre o número e o peso das sementes formadas. Mais uma vez, o tratamento Completo apresentou significativamente maior número de sementes que -Ca, que apresentou o menor número e o menor peso de sementes. Já o tratamento -Zn, também apresentou baixo número de sementes em comparação com o Completo. No entanto, estatisticamente, essa diferença não foi significativa. Quanto ao peso das sementes, o do tratamento Completo foi o maior. Portanto, a omissão de Ca ou Zn leva à diminuição da produção de sementes.

Tabela 3. Análise da variância dos dados de número de sementes/planta e peso das sementes/planta de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. Santa Rosa, aos 130 dias após a emergência.

Causa de Variação	G.L.	Q.M.	F	Probabilidade
NÚMERO DE SEMENTES				
Tratamentos	2	11,6430	8,76*	0,0166*
Resíduo	6	1,3290		
Total	8			
PESO DE SEMENTES				
Tratamentos	2	6,9186	19,55**	0,0023**
Resíduo	6	0,3539		
Total	8			

CV número de sementes = 32,43%; Média geral = 16,44; CV peso de sementes = 34,53%; Média geral = 1,72; significância: * = 5%; ** = 1%.

Tabela 3A. Comparação das médias pelo teste de Tukey, do número médio de sementes/planta e peso médio das sementes/planta de soja, aos 130 dias após a emergência.

Tratamentos	Número de Sementes	Peso de Sementes (g)
Completo	27,00 a	3,28 a
-Cálcio	2,33 b	0,25 b
-Zinco	17,50 ab	1,63 b

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade.

WATSON (1952) refere que a produtividade se correlaciona com a área foliar e a Taxa de Crescimento Relativo (TCR), no que é confirmado por PAL & SAXENA (1977), que trabalharam com soja feijão e *Vigna*. No entanto, DUNPHY *et al.* (1979), não notaram interferência das Taxas de Crescimento Relativo durante a pré-floração sobre a produção de sementes, embora reiterem que este dado sofre influência de atraso da floração, e assim, a obtenção de sementes tende a decrescer à medida que se estende o período de desenvolvimento de vagens. Tal fenômeno é plenamente esperado, em virtude de a derrubada de folhas de soja reduzir a fotossíntese, embora o desenvolvimento das sementes possa ainda ser feito à custa de reservas caulinares e radiculares, ou até mesmo de assimilados de vagens verde (KUMURA & NANIWA, 1965).

Dessa forma, a falta de sincronia de floração da soja no tratamento -Ca poderia explicar a menor produção, confirmando DAUPHY *et al.* (1979), afora os relatos de queda de produção de sementes em carência de cálcio, feitos por MANN & KAWORSKI (1970) e KONNO (1979). SKELTON & SHEAR (1971) referem que não há movimento de cálcio da parte vegetativa

para os frutos de amendoim. Além disso, poder-se-ia extrapolar o que já foi discutido anteriormente, quanto à influência do cálcio sobre atuação de auxinas, em relação à formação, desenvolvimento e manutenção de sementes e relação cálcio/nutrição em frutos.

Quanto à pequena produção secundária verificada no tratamento -Zn, deve-se lembrar o atraso no desenvolvimento das vagens e, assim, o resultado estaria concorde com DUNPHY *et al.* (1979), já que, dependendo da variedade empregada, encontramos comportamento diverso de produção. Enquanto HYMOWITZ & WALKER (1970) relatam existência de associação negativa significativa, entre a carência de zinco e o número de sementes em soja, MALAVOLTA *et al.* (1980), em soja cv. Santa Rosa não observaram o mesmo, embora o cv. UFV-1 se tenha comportado inversamente. Para essa mesma variedade BUZETTI *et al.* (1981) não notaram diferença significativa com a testemunha.

Os resultados obtidos demonstram, portanto, drástica diminuição de produção, no tratamento -Ca, e menos acentuada em -Zn.

CONCLUSÕES

A omissão de cálcio e zinco levou a drástica redução na produção de flores, vagens e sementes.

A omissão de boro impediu que o vegetal completasse seu ciclo, morrendo por volta dos 70 dias após a semeadura.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos da omissão de cálcio, boro e zinco sobre a produtividade de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. Santa Rosa). O experimento, inteiramente casualizado, com três repetições, foi conduzido em cultivo hidropônico, com solução nutritiva nº 2 de HOAGLAND & ARNON completa (C), omissa em cálcio (-Ca), omissa em boro (-B) e omissa em zinco

(-Zn). Foram realizadas as seguintes observações: número de flores por planta (85 e 100 dias após emergência), número de frutos por planta (110, 115 e 130 dias após emergência), número de sementes por planta (130 dias após emergência) e peso das sementes por planta (130 dias após emergência, em g). Pelos resultados obtidos pode-se concluir que a omissão de qualquer um desses nutrientes minerais levou a redução da produtividade das plantas de soja.

Palavras-chave: Plantas de soja, carências nutricionais, solução nutritiva, cálcio, boro, zinco, produtividade.

SUMMARY

EFFECT OF THE CALCIUM, BORON AND ZINC CARENCE ON THE SOYBEAN PRODUCTIVITY (*Glycine max* (L.) MERRILL cv. SANTA ROSA)

The objective of the present work was to study calcium, boron and zinc omission on the development of soybean plants (*Glycine max* (L.) Merrill cv. Santa Rosa). The experiments were carried out on hidroponic culture using HOAGLAND & ARNON n.2 nutritive solution complete (C), lacking calcium (-Ca), lacking boron (-B) or lacking zinc (-Zn). Determinations were done on: number of flowers per plant (85 and 100 days after emergence); number of pods per plant (100, 115 and 130 days after emergence); number of seeds per plant (130 days after emergence) and seed weight per plant (130 days after emergence, g). All mineral omissions decreased the productivity of soybean plants.

Key words: Soybean plants, nutritional omission, nutritive solution, calcium, boron, zinc, productivity.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREW, C.S., 1962. Influence of Nutrition on Nitrogen Fixation and Growth of Legs. In: HUNLAY, B. A Review of

- Nitrogen and Tropics with Particular References to Pastures. **Comm. Bur. Past. Fed. Crop Bull.**, **46**: 130-146.
- ARANTES, N.E. & P.I.M. SOUZA, 1993. **Cultura da Soja nos Cerrados**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 535p.
- BUZZETTI, S.; A.O. MAURO & J.T.D. VARGAS, 1981. Efeitos de Micronutrientes na Cultura de Soja (*Glycine max* (L. Merrill) cv UFV-L num Solo sob Vegetação de Cerrado. **Seminário Nacional de Pesquisa de Soja**, **2**: 16-21.
- DECHEM, A.R.; G.D. OLIVEIRA & H.P. HAAG, 1973. Nutrição Mineral de Hortaliças. XXIII. Influência do Cálcio no Desenvolvimento do Tomateiro var. Santa Cruz, Kada e Sannairo. **Anais E.S.A. Luiz de Queiroz**, **30**: 305-315.
- DUGGER, W.M., 1983. Boron in Plant Metabolism. In: **Inorganic Plant Nutrition, Encyclopedia of Plant Physiology**. Heidelberg, Springer-Verlag. vol. 15, p. 626-650.
- DUNPHY, E.S.; J.J.D. HANWAY & D.E. GREEN, 1979. Soybean Yield in Relation to Days Between Specific Developmental Stages. **Agron. J.**, **71**: 917-920.
- GALLAHER, R.N.; R.H. BROWN; D.A. ASHLEY; J.B. JONES JR., 1976. Photosynthesis and $^{14}\text{CO}_2$ Photosynthate Translocations from Calcium-Deficient Leaves of Crops. **Crop Sci.**, **16**: 116-119.
- GILLI, G., 1977. Désordres Morphologiques, Histologiques et Chimiques Provoqués par des Carences Minérales chez *Chrysanthemum morifolium*. **Ann. Agron.**, **28**: 637-650.
- HARPER, J.E., 1971. Seasonal Nutrient Uptake and Accumulation Patterns in Soybean. **Crop Sci.**, **11**: 347-351.
- HOAGLAND, D.R. & D.I. ARNON, 1950. The Water Method for Growing Plants Without Soil. **Circ. Coll. Agric. Univ. Calif.**, (343): 1-32.
- HYMOWITZ, T. & W.M. WALKER, 1970. Leaf Analysis as a Selection Index for Soybean Seed Oil and Protein. **Agron. J.**, **62**: 631-633.
- JOHAM, H.E., 1957. Carbohydrate Distribution as Affected by Calcium Deficiency in Cotton. **Plant Physiol.**, **32**: 113-117.
- JYUNG, W.H., A. EHMANN; K. SCHLENDER; J. SCALLA, 1975. Zinc Nutrition and Starch Metabolism in *Phaseolus vul-*

- garis* L. **Plant Physiol.**, Rockville, **55**: 414-420.
- KONNO, S., 1977. Growth and Ripening of Soybean. **Tech. Bull. Food Fert. Technol. Center**, **32**: 1-22.
- KUMURA, A. & I. NANIWA, 1965. Studies on Dry Matter Production of Soybean Plants. I. Ontogenic Changes in Photosynthesis and Respiratory Capacity of Soybean Plant and Its Parts. **Proc. Crop Sci. Soc. Japan**, **33**: 467-472.
- LEWIS, D.H., 1980. Are There Interrelations Between the Metabolic Role of Boron, Synthesis of Phenolic Phytoalexins and the Germination of Pollen? **New Phytol.**, Oxford, **84**: 261-1170.
- LINDOO, S.J. & L.D. NOODÉN, 1977. Studies on the Senescence Signal in "Anoka" Soybeans. **Pl. Physiol.**, **59**: 1139-1140.
- MALAVOLTA, E. **et al.**, 1980. Efeitos das Deficiências de Alguns Micronutrientes em Dois Cultivares (Santa Rosa e UFV-1) de Soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Anais E. S. A. Luiz de Queiroz**, **38**: 353-365.
- MANN, J.D. & E.G. JAKORSKI, 1970. Comparison of Stress with May Limit Soybean Yield. **Crop Sci.**, **10**: 620-625.
- MASCARENHAS, H.A.A., 1973. Acúmulo de Matéria Seca, Absorção e Distribuição de Elementos, Durante o Ciclo Vegetativo da Soja. **Bol. Tec. IAC**, **6**: 1-48.
- MENGEL, K.; A. KIRKBY, 1987. **Principles of Plant Nutrition**. Bern, International Potash Institute. 687p.
- MILLAWAY, R.M. & L. WIERSHOLM, 1979. Calcium and Metabolic Disorders. **Comms. Soil Sci. Pl. Anal.**, **10**: 1-28.
- NELSON, N.L. & S.A. BARBER, 1954. Nutrient Deficiencies in Legumes for Grain and Forage. In: SPRAGUE (ed.). **Hunger in Crops**. New York, David MacKay Co. p. 143-180.
- OKHI, K., 1977. Lower and Upper Critical Zinc Levels in Relation to Cotton Growth and Development. **Physiol. Pl.**, **35**: 96-100.
- OKHI, K., 1978. Zinc Concentration in Soybean as Related to Growth Photosynthesis and Carbon Anhydrase Activity. **Crop Sci.**, **18**: 79-82.
- PAL, V.R. & M.C. SAXENA, 1977. Leaf Area and Yield Components - Their Relationship with Yield in Soybean (*Gly*

- cyme max* (L.) Merrill). **Acta Agron. Acad. Sci. Hung.**, **26**: 438-445.
- PILBEAM, D.J. & E.A. KIRKBY, 1983. The Physiology Role of Boron in Plants. **J. Plant Nutrition**, New York, **6**(7): 563-582.
- PIMENTEL-GOMES, F., 1990. **Curso de Estatística Experimental**. 13.ed. Piracicaba, Nobel. 468p.
- REINHARDT, R.H.; C.A. FLOR & C.A. GONZALEZ, 1978. Diagnosis and Correction of B Deficiency in Beans and Mung-Beans in a Mollisol from Carraca Valley of Colombia. **Agron. J.**, **70**: 493-497.
- ROSOLEM, C., 1980. Nutrição Mineral e Adubação-Soja. **Bol. Tec. Inst. Potassa**, **6**: 1-80.
- SALAMI, A.V. & D.G. KENEFICK, 1970. Stimulation of Growth in Zinc-Deficient Corn Seedlings by the Addition of Thryptophan. **Crop Science**, Madison, **10**: 291-295.
- SALISBURY, F.B. & C.W. ROSS, 1992. **Plant Physiology**. 4. ed. Belmont, Wadsworth Publishing Company. 682p.
- SARRUGE, J.R. & H.P. HAAG, 1974. **Análises Químicas em Plantas**. Piracicaba, ESALQ. 56p.
- SCHARMA, C.P.; J.P. GUPTA & S.C. AGARWALA, 1981. Metabolic Changes in *Citrillus* Subjected to Zinc Stress. **J. Plant Nutrition**, New York, **3**(1/4): 337-344.
- SKELTON, B.J. & G.M. SHEAR, 1971. Calcium Translocation un the Peanut (*Arachis hipogea* L.). **Agron. J.**, **63**:409-413.
- SKOOG, F., 1940. Relationship Between Zinc and Auxin in the Growth of Higher Plants. **Am. J. Bot.**, **27**: 939-951.
- VÁLIO, I.F.M., 1986. Auxinas. In: FERRI, M.G. **Fisiologia Vegetal**. São Paulo, E.P.U./EDUSP. p.39-73.
- WATSON, D.J., 1952. The Physiological Basis of Variation in Yield. **Adv. Agron.**, **4**: 101-145.