

INFLUÊNCIA DA OMISSÃO DE Ca, B E Zn SOBRE A BIOMETRIA DE PLANTAS DE SOJA, CV SANTA ROSA

SELMA DZIMIDAS RODRIGUES¹
JOÃO DOMINGOS RODRIGUES²
JOSÉ FIGUEIREDO PEDRAS¹,
ELIZABETH ORIKA ONO³
JOSÉ ANTONIO PROENÇA VIEIRA DE MORAES⁴
MARIA ELENA APARECIDA DELACHIAVE¹

RODRIGUES, S. D. ; RODRIGUES, J. D. ; PEDRAS, J. F. et. al. Influência da omissão de Ca, B e Zn sobre a biometria de plantas de soja, CV Santa Rosa. **Semina**: Ci. Agr., Londrina, v.17, n.1, p.58-65, mar. 1996.

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi estudar os efeitos da deficiência de cálcio, boro e zinco sobre o crescimento e desenvolvimento de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv Santa Rosa). O estudo foi conduzido sob cultivo hidropônico utilizando-se solução nutritiva no. 2 de HOAGLAND & ARNON (1950) completa (C), omissa em cálcio (-Ca), omissa em B (-B) e omissa em Zn (-Zn), totalizando 4 tratamentos. Os vasos foram divididos em 3 blocos, cada qual representando uma repetição, sendo efetuadas 7 coletas, nas quais foram observados os seguintes parâmetros biométricos: altura da planta, número de folhas e área foliar. Os resultados obtidos nas condições deste trabalho, levaram a concluir que a ausência de cálcio e zinco restringiram o crescimento das plantas de soja, ao passo que a ausência de boro levou à morte da planta.

PALAVRAS-CHAVE: deficiências nutricionais, *Glycine max*, área foliar, crescimento.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, até meados dos anos 60 a soja não tinha importância econômica dentre as principais culturas. No entanto, a partir deste período, a produção de soja teve crescimento extraordinário de aproximadamente 200 mil toneladas para 20 milhões de toneladas em 1993 (ARANTES & SOUZA, 1993).

Com a expansão de fronteiras agrícolas ou mesmo no reaproveitamento de solos anteriormente utilizados para outras culturas, frequentemente depara-se com relatos sobre insuficiências nos níveis de boro, cálcio e zinco, principalmente no Estado de São Paulo.

Assim, tem-se observado sinais de carência de boro em culturas de café, citros, girassol, tomate e várias espécies hortícolas, o que indica que alguns solos não contêm quantidades suficientes desse micronutriente em forma solúvel (BRASIL SOBRINHO, 1980). O boro é essencial para o desenvolvimento de raízes e manutenção dos pontos de crescimento (ANDREW, 1962) e, na carência desse micronutriente, ocorre o acúmulo de carboidratos e restrição na formação de tecido esponjoso nas folhas. Por sua vez, HULL & LERMANN (1972), analisando a distribuição de produtos fotossintéticos em folhas de feijão deficientes em boro, notaram que baixas concentrações de boro deprimiram o crescimento das plantas, afetando mais as raízes que a parte aérea. O conteúdo de açúcares solúveis foi maior

em folhas de plantas carentes em boro do que em plantas normais.

Em termos da exigência, o cálcio é classificado como nutriente secundário (MILLAWAY & WIERSHOLM, 1979), embora esteja envolvido em mais de vinte processos bioquímicos e morfológicos nas plantas, sendo que sua carência implica em distúrbios de relevante importância. MALAVOLTA et al. (1980) em soja cv Santa Rosa e UFV-1, constataram clorose internerval das folhas mais novas, colapso de pecíolos e morte da gema apical. PRÉVEL (1981) refere que, sendo o cálcio necessário à elasticidade celular, a carência de cálcio levaria à diminuição no comprimento dos internós.

Segundo MALAVOLTA et al. (1979), o cálcio nas condições dos solos brasileiros sofre grande perda através da remoção pela cultura, erosão e lixiviação. De acordo com ROSOLEM (1980), haveria relação entre cálcio e produção de soja. Os sintomas visuais da carência desse elemento seriam: folhas novas menores e cloróticas, gemas axilares pouco desenvolvidas ou em colapso, restrição do crescimento radicular e maior susceptibilidade ao ataque de patógenos.

A característica da carência de cálcio, segundo Bussler (1963), citado por MENGEL & KIRKBY (1982), é redução no crescimento dos tecidos meristemáticos, sendo principalmente notadas em pontos de crescimento e folhas mais jovens, as quais tornam-se cloróticas e deformadas, havendo necrose dos bordos

¹ Prof. Assistente Doutor - Depto. Botânica - IB - UNESP - Botucatu (SP)

² Prof. Adjunto/Livre-Docente - Depto. Botânica - IB - UNESP - Botucatu (SP)

³ Prof.^a Titular - Depto. de Biologia - Universidade de Taubaté - Taubaté (SP)

⁴ Prof. Titular - Depto. Botânica - Universidade Federal de São Carlos - São Carlos (SP)

em estádios mais avançados da carência.

Quanto ao zinco, BRASIL SOBRINHO et al. (1979) relatam serem os sintomas de carência desse micronutriente bem conhecidos, tendo sido observados em várias culturas. SKOOG (1940) relata que na carência de zinco há diminuição da quantidade de auxina, que precede os sintomas visuais desse mineral. A diminuição da síntese de auxina leva ao retardo do crescimento e anormalidade nas funções relacionadas a este hormônio.

O objetivo do presente trabalho foi verificar o efeito da carência de cálcio, zinco e boro sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv Santa Rosa).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em casa de vegetação da Estação Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu - UNESP.

O experimento foi instalado em cultivo hidropônico, utilizando-se como substrato quartzo, o qual recebeu pré-tratamento, conforme o preconizado por SARRUGE & HAAG (1974), a fim de evitar contaminações com macro ou micronutrientes.

Com o objetivo de estudar os efeitos das carências de cálcio, boro e zinco, foram preparadas soluções nutritivas de HOAGLAND & ARNON (1950), omissas em cálcio, boro e zinco. O pH da solução nutritiva foi de 6,0 (NAKAGAWA et al., 1975), sendo a troca da solução realizada de acordo com a variação deste.

Foram semeadas 10 sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv Santa Rosa), nos vasos contendo quartzo umedecido com água desmineralizada. Dez dias após a emergência das plântulas, procedeu-se ao desbaste, restando 3 plantas por vaso. A partir desse período, foram adicionadas aos vasos solução nutritiva completa (C), omissa em cálcio (-Ca), omissa em boro (-B) e omissa em zinco (-Zn), os quais foram considerados como tratamentos do experimento.

Para a avaliação do efeito da falta de cálcio, boro e zinco sobre o desenvolvimento das plantas de soja, foram estudados os seguintes parâmetros biométricos, em intervalos de 14 dias após o desbaste, totalizando 7 coletas:

- altura da planta: distância em cm, do colo da planta até o ápice caulinar;
- número de folhas por planta;
- área foliar (em cm²): foi obtida imprimindo-se os contornos das folhas em papel heliográfico, com distribuição de peso e área, o qual permite a impressão das folhas por apresentar pigmentos fotossensíveis, que mediante exposição à luz sofre mudanças de cor. O papel é, em seguida, revelado em vapor de hidróxido de amônio, sendo as folhas recortadas e pesadas. Como a relação entre área

e peso do papel é conhecida e constante, obtém-se a área foliar através do peso (SÉSTAK et al., 1971; RODRIGUES, 1990).

O experimento foi montado em esquema de blocos casualizados, com 3 repetições, 4 tratamentos e 4 coletas. Os resultados obtidos até a coleta IV, foram submetidos à análise de variância (teste F), sendo as médias comparadas através do teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade (GOMES, 1990) e apresentadas nas Tabelas 1, 2 e 3. Não foram realizadas análises estatísticas a partir da coleta V, devido à morte das plantas no tratamento -B. No entanto, os dados de todas as coletas estão apresentados nas Figuras 1, 2 e 3.

Causa de variação	G.L.
Tratamento (T)	3
Coleta (C)	3
Blocos	2
Interação C x T	9
Resíduo	30
Total	47

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Altura da planta

Os resultados obtidos para a medida da altura da planta, nos quatro tratamentos a que a soja foi submetida, encontram-se na Tabela 1 e Figura 1. Pode-se verificar que houve efeito significativo do tratamento (T), da coleta (C) e interação entre tratamento e coleta. Dentro das 1^a e 2^a coletas não houve diferença entre os 4 tratamentos; no entanto, na coleta III o tratamento Completo apresentou diferença significativa para -Zn, e ambos para -Ca e -B, e na coleta IV, o Completo diferiu de todos os outros tratamentos, sendo que -Ca e -Zn não diferiram entre si. Verifica-se que os tratamentos Completo e -Zn apresentaram comportamentos diferentes em relação ao -Ca, que se comportou de modo intermediário e -B, que segue padrões semelhantes aos demais até a 2^a coleta, entrando numa fase estável de crescimento e depois não completou seu ciclo. De modo geral, pode-se afirmar que as curvas das medidas de altura, tanto para os tratamentos -Zn, quanto Completo, apresentaram uma forma sigmóide, característica desse tipo de medida, à exceção da inflexão sofrida no tratamento -Zn, por ocasião da 4^a coleta.

Acompanhando com atenção a Figura 1, os valores diferenciaram-se a partir da coleta II para todos os tratamentos, ocorrendo aumento significativo em -Zn e Completo, com estabilização a partir da 5^a coleta e decréscimo somente na fase senescente. O tratamento

-Ca demonstrou comportamento não estável, com inflexão na coleta III e declínio acentuado e constante a partir da coleta VI, que precede a senescência; nesse tratamento não há estabelecimento característico da curva sigmóide.

O comportamento da planta com tratamento Completo está de acordo com o citado por SIVAKUMAR et al. (1977), os quais mostraram que a altura caulinar duplica em 15 dias, a partir do estágio V6, ou seja, cerca de 100 dias pós-plantio, para estabilizar-se em seguida. Nas condições de Pelotas, SANTOS FILHO et al. (1978), demonstraram que a altura de duas linhagens de soja, apresentaram inflexões, sendo que, no entanto, essas diferenças em altura não alteraram os valores de outros parâmetros de crescimento. No experimento em questão, os valores máximos foram alcançados em torno de 62 dias após a emergência, por ocasião da floração plena. Os resultados para o cv Santa Rosa, portanto, estão concordantes com os autores supra-citados, respeitando as variedades empregadas, uma vez que se obteve o máximo de altura das plantas, em torno de 85 dias e no início da florada, com estabilização até o final do ciclo.

Em tomateiro, DECHEN et al. (1973), descreveram que na omissão de cálcio, houve diminuição da altura da planta. Os resultados obtidos são também concordantes com os de MALAVOLTA et al. (1976), que verificaram intensas reduções na altura de soja cv IAC-2, com conseqüente paralisação da atividade das gemas. Redução no crescimento de soja, em especial nos estádios finais e médios do ciclo de soja, são descritos por KONNO (1977) e em *Dracena deremensis* por RODRIGUEZ et al. (1977). Conhece-se também a afirmação de MILLAWAY & WIERSHOLM (1979), que relataram ser o cálcio operativo no sítio de ligação de hormônios como auxina, de modo que esse elemento mineral seria crítico no alongamento celular, conseqüentemente no alongamento dos entrenós.

Os resultados obtidos para boro, ou seja, a pequena expressão em termos de altura e morte das plantas a partir da 4ª coleta, encontram respaldo nas afirmações de KOUCHI & KUMAZAWA (1975), os quais verificaram em tomateiro e girassol paralisação do crescimento do caule e da parte aérea. A continuação dos trabalhos desses autores em 1976, sustentou que as alterações morfológicas, observadas nos pontos de crescimento de plantas carentes, seriam devido à atividade anormal do aparelho de Golgi; e como o alongamento celular requer contínua síntese de material de parede, o fenômeno estaria associado a essa organela celular, levando ao prejuízo de crescimento dos ápices. MALAVOLTA et al. (1980) relataram que tanto soja cv UFV-1 quanto Santa Rosa, submetidas à carência de boro, não completaram o ciclo.

3.2. Área foliar

Os resultados obtidos para área foliar, nos quatro

tratamentos, estão expressos na Tabela 2 e Figura 2, onde verifica-se que o comportamento dos tratamentos Completo e -Zn, são muito semelhantes no decorrer do ciclo do vegetal, diferindo sobremaneira dos tratamentos -Ca e -B, sendo que o primeiro apresentou valor intermediário e as plantas omissas em boro, não apresentaram desenvolvimento significativo, desaparecendo a partir da coleta IV.

Através da Tabela 2, pode-se notar que houve significância para tratamentos (T) e Coletas (C) e interação (T x C). Pela mesma Tabela, pode-se verificar ainda, que não ocorreram diferenças significativas entre tratamentos nas coletas I e II, sendo que na coleta III, houve diferença entre o tratamento Completo e -Zn, bem como entre ambos em relação aos tratamentos -Ca e -B, os quais por sua vez, não diferiram entre si. Para a coleta IV, só ocorreu diferença entre os tratamentos -Ca e -B, que diferiram do Completo e -Zn.

Nota-se a morte das plantas omissas em boro, que não completaram seu ciclo, tendo a confirmação de MALAVOLTA et al. (1980), para o mesmo cultivar empregado.

Os valores máximos da área foliar foram observados para o tratamento Completo até a coleta VII (Figura 2), quando então ocorreu redução drástica da área foliar, que pode ser atribuída ao comportamento da abscisão das folhas de soja, por ocasião da maturação de vagens. Esse mesmo comportamento não foi observado no tratamento -Zn, onde ainda encontrou-se folhas verdes e vagens não secas após 130 dias pós-emergência. Tal fenômeno foi observado na carência de zinco em feijão por VIETS (1953) e por NELSON & BARBER (1954), em soja.

A partir da coleta V, iniciou a floração da soja, que ocorreu nos tratamentos Completo, -Ca e -Zn. Nessa fase nota-se através da Figura 2, decréscimo na área foliar nos tratamentos Completo e -Zn, ou seja, iniciação dos primórdios florais. Posteriormente, houve aumento paulatino da superfície fotossintetizante até o máximo na coleta VII. Esse comportamento foi relatado por KUMURA (1969), que refere haver queda de folhas no começo da floração, principalmente nas partes basais da planta, que não são repostas, podendo as folhas superiores aumentar sua superfície de maneira acentuada. SIVAKUMAR et al. (1977), em soja cv Wayne, notaram aumento na área foliar de soja até 80 dias, aproximadamente, quando então essa medida decresceu.

ROSOLEM (1980) Relata que na instalação da carência de cálcio em soja, ocorre redução da área foliar; GALLAHER et al. (1976) relatam o mesmo para amendoim. De fato, os resultados obtidos (Tabela 2 e Figura 2) mostram expansão discreta, embora contínua, da área foliar até a coleta V, quando então há uma abrupta queda dessa medida, anterior à abscisão fisiológica observada no tratamento Completo. Uma vez que se sabe ser o cálcio operativo na ligação auxina-receptor (MILLAWAY & WIERSHOLM, 1979 e PRÉVEL,

1981), e considerando ser a coleta VI, uma das fases críticas do desenvolvimento da soja, dado a demanda de hormônios para manutenção de flores e formação de frutos, pode-se atribuir essa queda precoce de folhas à variação brusca no conteúdo auxínico no vegetal, levando à queda de folhas e também afetando a florada em si.

Em relação ao boro, nota-se redução da área foliar até a coleta IV em comparação com o tratamento Completo, após o qual as plantas morreram. A redução da área foliar em -B em feijoeiro, também foi verificada por OLIVEIRA et al. (1982). MARSCHNER (1986) menciona que com deficiência de boro tem-se menor síntese de citocininas no ápice radicular e, portanto, menor transporte para as folhas, o que afeta a estrutura foliar.

Dada a diferente sensibilidade das diversas variedades à carência de zinco, (OKHI, 1977; BROWN & JONES, 1977; MALAVOLTA et al., 1980 e BUZETTI et al. 1981), não é de se estranhar o resultado obtido para o tratamento -Zn, que apresentou comportamento quanto à área foliar similar ao Completo, fato demonstrado na Tabela 2 e na Figura 2.

3.3. Número de folhas

Os resultados obtidos para o número de folhas, nos diferentes tratamentos, encontram-se na Tabela 3 e Figura 3, onde observa-se que ocorreram diferenças entre os tratamentos à medida em que o vegetal se desenvolveu. No tratamento -B, ocorreu pequena produção de folhas em comparação com o Completo. Já no tratamento -Ca embora haja maior número de folhas que no -B, praticamente produz 50% menos folhas que os tratamentos Completo e -Zn.

Quanto ao tratamento -Ca, os dados referidos na literatura corroboram os resultados obtidos, uma vez que MALAVOLTA et al. (1976), em estudos com soja cv IAC-2, observaram redução do número de folhas, além de GILLI (1977) e HAAG et al. (1978), que relataram o mesmo para crisântemo e giló, respectivamente.

Com relação aos resultados obtidos para o tratamento -B, torna-se evidente que a carência nutricional, interferindo nos meristemas apicais - conforme o referido por KOUCHI & KUMAZAWA (1975) e VENTER & CURRIER (1977), leva à redução do número de folhas. Esse fato também é reforçado pelos relatos de KONNO (1971) e KOUCHI & KUMAZAWA (1975), que relataram alterações a nível de divisão celular e conseqüente diminuição tanto do crescimento de raízes, quanto da parte aérea.

Os tratamentos -Ca e -B, mostraram sensível diminuição para área foliar. Este fato não pode ser atribuído somente à variação do tamanho de folha e espessura desses órgãos, mas deve-se considerar que a variação do número de folhas refletiu nesses valores.

Dessa forma, os resultados para número de folhas do tratamento -Zn são perfeitamente compatíveis com a bibliografia, sendo que OKHI (1977) mostrou que em soja cv Bragg, não houve redução do número de internós.

Comparando-se as médias dentro das coletas, não se verificou diferença significativa entre tratamentos na coleta I; já a partir da coleta II, percebeu-se diferenças entre o Completo e o -B. Na coleta III, ocorrem diferenças entre o Completo, quando comparados com -Ca e -B, mas não com -Zn, que por sua vez não diferiu dos anteriores. Estas diferenças modificaram-se na coleta IV, onde o Completo e -Zn não diferiram entre si, diferindo de -Ca e -B, que são semelhantes.

4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, nas condições do presente experimento, pode-se concluir que:

- a omissão de cálcio levou à diminuição do crescimento da planta de soja;
- a omissão de boro no início do crescimento do vegetal, restringiu o desenvolvimento das plantas de soja, através da diminuição na altura, no número de folhas e área foliar das plantas; após esse período, levou à morte da planta;
- a omissão de zinco não afetou significativamente o desenvolvimento vegetativo de plantas de soja.

TABELA 1 – Análise de variância (teste F) e comparação das médias pelo teste Tukey, dos resultados médios obtidos para altura das plantas (em cm).

Causa de variação	G.L.	F
Tratamento (T)	3	97,59*
Coleta (C)	3	185,55*
Blocos	2	1,67
Interação C x T	9	29,55*
Resíduo	30	
Total	47	

C.V. = 12,07%

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tratamentos	Coletas				Médias
	I	II	III	IV	
Completo	10,70 Ca	21,27Ba	47,8Aa	50,62 Aa	32,60
-Ca	10,35 Ca	18,42 Ba	15,20 BCc	37,05	Ab20,25
-B	10,20 Aa	15,50 Aa	15,67 Ac	15,15 Ac	14,13
-Zn	11,13 Ca	19,78 Ba	39,73 Ab	40,85 Ab	27,88
Médias	10,60	18,74	29,60	35,92	

Médias seguidas de mesma letra, não diferem significativamente entre si
 Letras maiúsculas = horizontal
 Letras minúsculas = vertical

TABELA 2 – Análise de variância (teste F) e comparação das médias pelo teste Tukey, dos resultados médios obtidos para área foliar (em cm²).

Causa de variação	G.L.	F
Tratamento (T)	3	357,37*
Coleta (C)	3	587,76*
Blocos	2	0,92
Interação C x T	9	118,77*
Resíduo	30	
Total	47	

C.V. = 13,98%

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tratamentos	Coletas				Médias
	I	II	III	IV	
Completo	38,88 Ca	110,07 Ca	1221,34Aa	943,43 Ba	578,43
-Ca	41,28 Ca	54,20 BCa	151,73 Bc	293,99 Ab	135,30
-B	35,33 Ba	51,77 Ba	151,14 Ac	134,66 A	93,23
-Zn	21,99 Ca	63,08 Ca	1062,45 Ab	948,94 Ba	524,12
Médias	34,37	69,78	646,66	580,25	

Médias seguidas de mesma letra, não diferem significativamente entre si
 Letras maiúsculas = horizontal
 Letras minúsculas = vertical

TABELA 3 – Análise de variância (teste F) e comparação das médias pelo teste Tukey, dos resultados médios obtidos para número de folhas.

Causa de variação	G.L.	F
Tratamento (T)	3	20,40*
Coleta (C)	3	35,24*
Blocos	2	1,99
Interação C x T	9	3,94*
Resíduo	30	
Total	47	

C.V. = 24,25%

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tratamentos	Coletas				Médias
	I	II	III	IV	
Completo	4,000 Ca	9,333 Ba	15,333 Aa	15,166 Aa	10,958
-Ca	4,167 Ba	5,833 ABab	10,167 Ab	6,167 ABb	6,583
-B	4,500 Aa	4,333 Ab	6,667 Abc	6,500 Ab	5,500
-Zn	3,667 Ca	8,000 Bab	14,500 Aab	13,333 Aa	9,875
Médias	4,083	6,875	11,667	10,292	

Médias seguidas de mesma letra, não diferem significativamente entre si
 Letras maiúsculas = horizontal
 Letras minúsculas = vertical

FIGURA 1 - Resultados obtidos para altura das plantas (cm), submetidas aos 7 tratamentos realizados

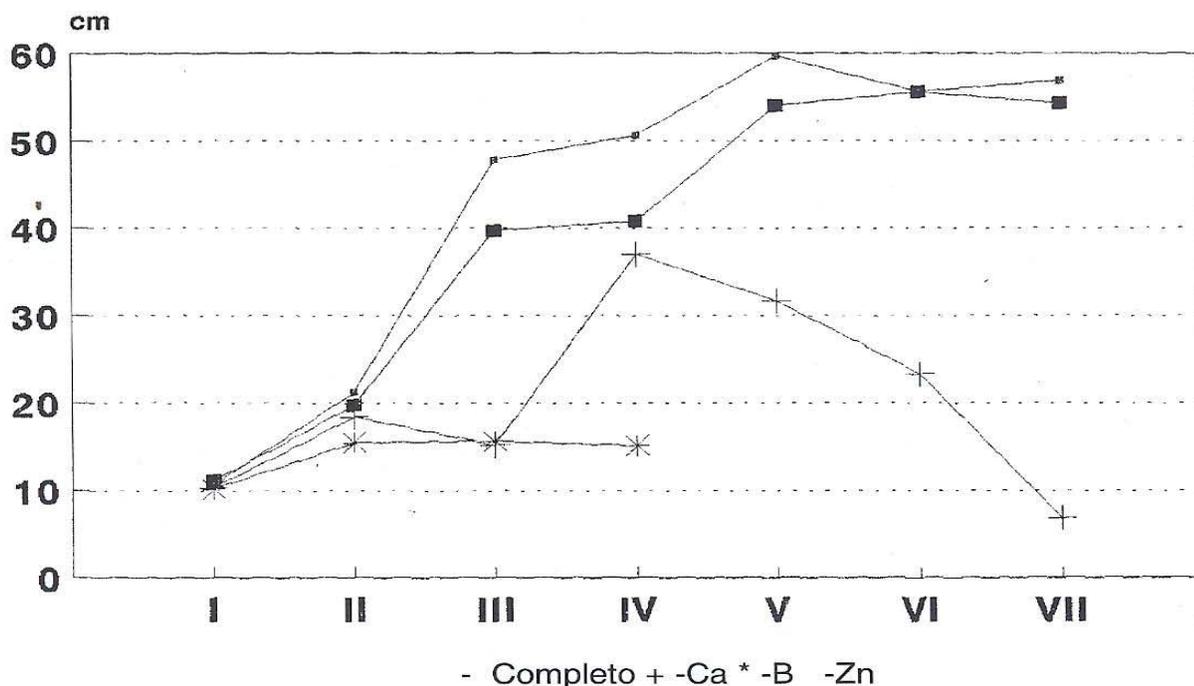


FIGURA 2 – Resultados obtidos para área foliar das plantas (cm²), submetidas aos tratamentos realizados.

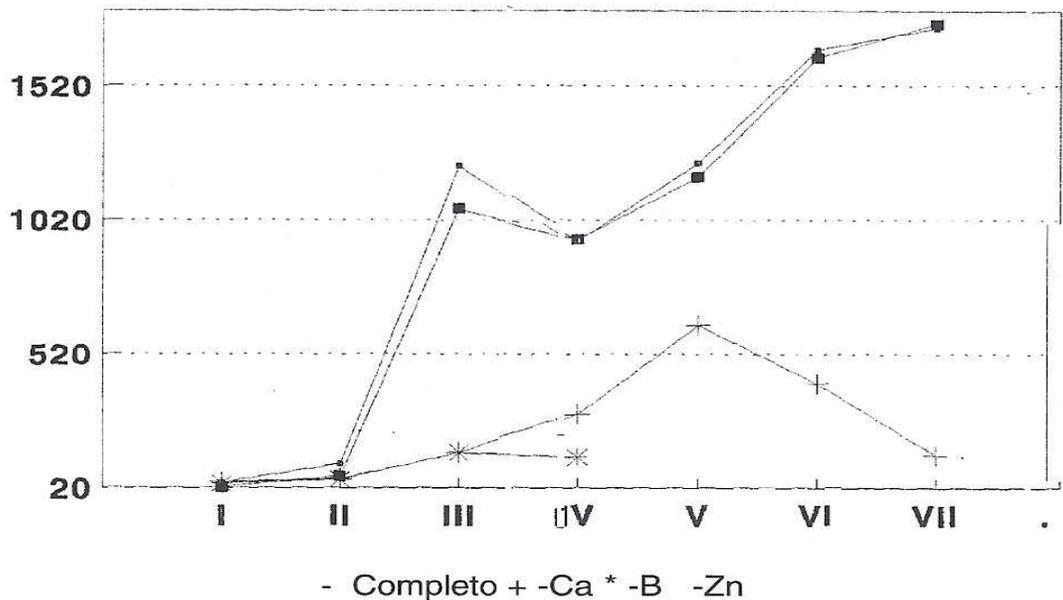
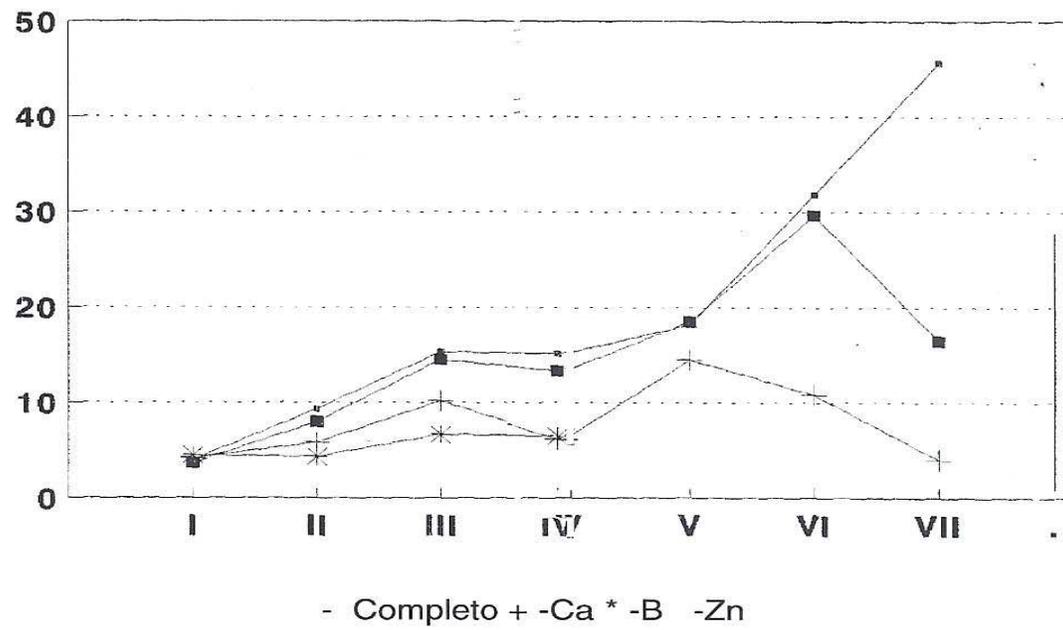


FIGURA 3 – Resultados obtidos para número de folhas das plantas, submetidas aos tratamentos realizados



RODRIGUES, S. D. ; RODRIGUES, J. D. ; PEDRAS, J. F. et al. Influence of the omission Ca, B and Zn on the biometric parameters of soybean plants CV Santa Rosa. **Semina: Ci. Agr.**, Londrina, v.17, n.1, p.58-65, mar. 1996.

ABSTRACT: *The objective of the present work was to study calcium, boron and zinc deficiency on the development of soybean plants (**Glycine max** (L.) Merrill cv Santa Rosa). The experiment was conducted using hidroponic culture with HOAGLAND & ARNON (1950) nutritive solution n. 2, complete (C), lacking calcium (-Ca), boron (-B) and Zn (-Zn) as 4 treatments. The pots were divided in three blocks each representing one repetition of the four treatments. Seven samples were made, determining plant height (cm), leaf number and leaf area (cm²). Based on the results, it could be concluded that the lack of calcium and boron restricted the development of the soybean plants and the lack of boron resulted in plant death.*

KEY-WORDS: *nutritional carence, **Glycine max**, growth, leaf area*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREW, C.S. Influence of nutrition on nitrogen fixation and growth of leges. In: HUNLAY, B. A review of nitrogen and tropics with particular references pastures. *Comm. Bur. Past. Fed. Crop Bull.*, v.46, p.130-146, 1962.
- ARANTES, N.E., SOUZA, P.I.M. *Cultura da soja nos cerrados*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. 535p.
- BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Boro em alguns solos do Estado de São Paulo. Avaliação por métodos biológicos. *Rev. Agric.*, v.55, p.115-126, 1980.
- BRASIL SOBRINHO, M.O.C. et al. Zinco no solo e na planta. *Rev. Agric.*, v.54, p.139-148, 1979.
- BROWN, J.C., JONES, W.E. Fitting plants nutritionally to soils. I. Soybeans. *Agron. J.*, v.69, p.399-409, 1977.
- BUZZETTI, S., MAURO, A.O., VARGAS, J.T.D. Efeitos de micronutrientes na cultura de soja (**Glycine max** (L. Merrill) cv 'UFV-1' num solo sob vegetação de cerrado. *Seminário Nacional de Pesquisa de Soja*, v. 2, p.16-21, 1981.
- DECHEN, A.R., OLIVEIRA, G.D., HAAG, H.P. Nutrição mineral de hortaliças. XXIII. Influência do cálcio no desenvolvimento do tomateiro var. Santa Cruz, Kada e Sanairo. *Anais Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v.30, p.305-315, 1973.
- GALLAHER, R.N., BROWN, R.H., ASHLEY, D.A., JONES Jr., J.B. Photosynthesis and ¹⁴CO₂ photosynthate translocations from calcium-deficient leaves of crops. *Crop Sci.*, v.16, p.116-119, 1976.
- GILLI, G. Désordres morphologiques, histologiques et chimiques provoqués par des carences minérales chez **Chrysanthemum morifolium**. *Ann. agron.*, v.28, p.637-650, 1977.
- GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.
- HAAG, H.P., MINAMI, K., OLIVEIRA, G.D. et al. Nutrição mineral de hortaliças. XXXII. Distúrbios nutricionais em jiló (**Solanum gilo** cv 'Morro Grande Oblongo') cultivado em solução nutritiva. *Anais Esc. sup. Agric. "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v.35, p.272-341, 1978.
- HOAGLAND, D.R., ARNON, D.I. The water method for growing plants without soil. *Circ. Coll. Agric. Univ. Calif.*, n.343, p.1-32, 1950.
- HULL, R.J., LERMANN, S.L. Photosynthate distribution in boron deficient bean leaves. *Ann. Bot.*, v.49, p.22, 1972.
- JYUNG, W.H., CAMP, M.E., POLSON, D.E. Differential responses of two bean varieties to zinc as revealed by electrophoretic protein pattern. *Crop Sci.*, v.12, p.26-30, 1972.
- KONNO, S. Physiological study on the mechanism of seed production of soybean plants. III. Effect of nutrient element deficiency during the pod filling stage on chemical composition and seed production. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan*, v.40, p.150-160, 1971.
- KONNO, S. Growth and ripening of soybean. *Tech. Bull. Food Fert. Technol. Center*, v.32, p.1-22, 1977.
- KOUCHI, H., KUMAZAWA, K. Anatomical responses of root tips to boron deficiency. I. Effect of boron deficiency elongation of root tips and their morphological characteristics. *Soil Science Plant Nutrition*, Madison, v.21, p.21-28, 1975.
- KUMURA, A. Studies on dry matter production of soybean plants. V. Photosynthetic system of soybean plant population. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan*, v.38, p.74, 1969.
- MALAVOLTA, E., CHAVES, I., TONIN, G.S., SOUZA, A.F. Deficiências de macronutrientes na soja (**Glycine max** (L.) Merrill), var. IAC-2. *Anais Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"*, v.33, p.471-477, 1976.
- MALAVOLTA, E., DANTAS, J.P., MORIAS, R.S., NOGUEIRA, F.D. Calcium problems in Latin America. *Comms. Soil Sci. Pl. Anal.*, v.10, p.29-40, 1979.
- MALAVOLTA, E., CALVACHE, A.M., MORALES-MORALES, L.E. et al. Efeitos das deficiências de alguns micronutrientes em dois cultivares (Santa Rosa e UFV-1) de soja (**Glycine max** (L.) Merrill). *Anais Esc. sup. Agric. "Luiz de Queiroz"*, v.38, p.353-365, 1980.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 1986. 671p.
- MENGEL, K., KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition*. Berna: International Potash Institut, 1982. 593p.
- MILLAWAY, R.M., WIERSHOLM, L. Calcium and metabolic disorders. *Comms. Soil Sci. Pl. Anal.*, v.10, p.1-28, 1979.
- NAKAGAWA, J. et al. *Cultura da soja*. Botucatu: Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, 1975. 43p. (Mimeogr.).
- NELSON, N.L., BARBER, S.A. nutrient deficiencies in legumes for grain and forage. In: SPRAGUE (Ed.) *Hunger in crops*. New York: David MacKay Co., 1954. p.143-180.

-
- OKHI, K. Lower and upper critical zinc levels in relation to cotton growth and development. *Physiol. Pl.*, v.35, p.96-100, 1977.
- OLIVEIRA, S.A., ALCALDE BLANCO, S., ENGLEMAN, E.M. Influência do boro nos parâmetros morfológicos e fisiológicos de crescimento do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.17, n.5, p.683-688, 1982.
- PATHAK, A.N., TIWARI, K.N., UPADHYAY, R.L., JHA, A.K. Zinc response of barley as influenced by genetic variability. *Indian J. Agric. Sci.*, v.49, p.25-29, 1979.
- PRÉVEL, P.M. Papel que desempeñan los minerales en los vegetales. *Rev. Pot.*, v.1, p.1-6, 1981.
- RODRIGUES, J.D. *Influência de diferentes níveis de cálcio, sobre o desenvolvimento de plantas de estilosantes (Stylosanthes guyanensis (Aubl.) Swartz cv 'Cook'), em cultivo hidropônico*. Botucatu, 1990. 180p. Tese (Livre Docência em Fisiologia Vegetal) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.
- RODRIGUEZ, S.J., CIBES, H.R., GONZALEZ-IBANES, J. Some nutrient deficiency symptoms displayed by *Dracaena deremensis* "Warneckii" under greenhouse conditions and their subsequent effects on leaf nutrient content. *J. Agric. Univ. P. Rico*, v.61, p.406-464, 1977.
- ROSOLEM, C. Nutrição mineral e adubação-soja. *Bol. Tec. Inst. Potassa*, v.6, p.1-80, 1980.
- SALAMI, A.V., KENEFICK, D.G. Stimulation of growth in zinc-deficient corn seedlings by the addition of thryptophan. *Crop Science*, Madison, v.10, p.291-295, 1970.
- SANTOS FILHO, B.G., MADRUGA, L.A.N., PETERS, J.A., FARIAS, C.A. Análise de crescimento de duas linhagens de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em Pelotas, RS. *Anais do I Sem. de Pesq. Soja*, v.3, p.348-361, 1978.
- SARRUGE, J.R., HAAG, H.P. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.
- SÉSTAK, Z., CATSKY, J., JARVIS, P.G. Assessment of least area and other assimilating surfaces. In: PLANT PHYTOSYNTHETIC PRODUCTION. The Hague: W. Junk, 1971. Cap.14, p.517-555.
- SIVAKUMAR, M.V.K., TAYLOR, H.M., SHAW, R.H. Top and root relations of field grown soybeans. *Agron. J.*, v.69, p.470-473, 1977.
- SKOOG, F. Relationship between zinc and auxin in the growth of higher plants. *Am. J. Bot.*, v.27, p.939-951, 1940.
- VENTER, H.A., CURRIER, H.B. The effect of boron deficiency on callose formation and ¹⁴C translocation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Am. J. Bot.*, v.64, p.861-865, 1977.
- VIETZ, F.G., BOAWAN, L.C., NELSON, C.E., CROWFORD, C.L. *Soil application of zinc for control of zinc deficiency in beans*. Washington Agricultural Experimental Station, 1953. 10p. (Circular 215).
-