

JOSÉ RODRIGUEZ SANFUENTES
Engenheiro Agrônomo

CONCENTRAÇÃO CRÍTICA DE BORO NO ALGODOEIRO
(Gossypium Hirsutum L. Var. IAC 12)

**Tese apresentada na Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz" da
Universidade de São Paulo, para a
obtenção do título de Magister
Scientiae**

Piracicaba - Estado de São Paulo
Brasil
- 1966 -

E R R A T A

- pág. III, penúltima linha - onde se lê "6. RESUMO E SUMMARY...p.34-35"
leia-se "6. RESUMO ... p. 34",
SUMMARY ... p. 35"
- pág. 2, linha 19 - onde se lê "em respostas a adubação", leia-se
"em trabalhos referentes a respostas a adubação"
- pág. 3, linha 22 - onde se lê "distribuição do B no algodoeiro"
leia-se "distribuição do B no algodoeiro em % do
total".
- pág. 3, linha 31 - onde se lê "B %", leia-se "B ppm".
- pág. 6, 1º parágrafo abaixo quadro 2 - onde se lê "foi de blocos in-
teiramente casualizados", -
leia-se "foi o inteiramente
casualizado".
- pág. 7, linha 14 - onde se lê "colhido quando 50% dos tratamentos
das plantas", leia-se "colhido quando em mais
de 50% dos tratamentos as plantas".
- pág. 7, linha 17 - onde se lê "9 partes", leia-se "8 partes".
- pág. 9, linha 6 - onde se lê "retorcina", leia-se "retorcida"
- pág. 9, linha 23 - onde se lê "era de aproximadamente de 45%", leia-
se "era, respectivamente de 55 a 60%".
- pág. 12, linha 16 - onde se lê "lencoplastos", leia-se "leucoplastos".
- pág. 12, linha 17 - onde se lê "variava de globosa", leia-se "varia-
va entre globosa".
- pág. 13, linha 15 - onde se lê "menor número e de contorno irregular
e de parede mais espessa", leia-se "menor número,
de contornos irregulares e de paredes mais es-
pessas".
- pág. 16, linha 7 - onde se lê, "chegassem a exigir", leia-se "che-
gassem a exhibir".
- pág. 16, quadro 4 - onde se lê, "peso da parte aérea (g)", leia-se,
"peso da parte aérea (g) (média de 4 repetições).
- pág. 17, linha 3 - onde se lê, "Hewitt (1959, pg. 262)", leia-se
"Hewitt (1963, pág. 262)".
- pág. 18, linha 8 - onde se lê "crescimento das plantas em altura.
Durante" ..., leia-se "crescimento das plantas
em altura durante"...
- pág. 20, quadro 7 - onde se lê, "concentração de B (ppm)", leia-se
"concentração de B (ppm) (média de 4 repetições)".
- pág. 20, quadro 7 - onde se lê, "limbos e folhas", leia-se "limbos
de folhas".

- pág. 24, quadro 8 - onde se lê "Relações Ca/B encontrados nos diversos tratamentos", leia-se "Relações Ca/B encontradas nos diversos tratamentos (média de 4 repetições)".
- pág. 25 e 26, gráficos 6, 7, 8, 9 - onde se lê "gms", leia-se "g".
- pág. 25, gráfico 7 - onde se lê, "B nas folhas velhas", leia-se "B nas folhas maduras".
- pág. 26, legenda da fig. 9 - onde se lê, "expresso em matéria sêca", leia-se "expresso em pêso de matéria sêca".
- pág. 29, quadro 9 - onde se lê, "Efeito dos diferentes"... Cálcio e Magnésio, das fôlhas", leia-se "Efeito dos diferentes ... Cálcio e Magnésio, das fôlhas (média de 4 repetições)".
- pág. 31, última linha - onde se lê, "e que aquelas", leia-se "e que naquelas".
- pág. 33, última linha da conclusão nº 5 - onde se lê, "este micronutriente que é a própria"... , leia-se "este micronutriente que a própria".
- pág. 37, 1ª linha - onde se lê, "HOLLEY, K.T. and T.G.DULLIN, 1939" leia-se "HOLLEY, K.T. and T.G. DULLIN, 1937".
- pág. 38, antepenúltima linha - onde se lê "und calcium aut die", leia-se "und calcium auf die".
- pág. 33, conclusão nº 7 - onde se lê, "as folhas maduras se mostraram", leia-se "as folhas maduras e novas mostraram".
- pág. 34, penúltimo parágrafo - onde se lê, "as fôlhas maduras se mostraram", leia-se "as fôlhas maduras e novas mostraram".
- pág. 35, antepenúltimo parágrafo - onde se lê, "the mature leaves", leia-se, "the mature and now leaves".
- pág. 18, 25, 26, figuras 5, 6, 7, 8 - onde se lê, "0.0000 ppm, 0.0078 ppm, 0.0156 ppm, 0.0312 ppm, 0.0625 ppm, 0.1250 ppm, 0.2500 ppm, 0.5000 ppm e 1.000 ppm de B" leia-se, "0,0000 ppm, 0,0078 ppm, 0,0156 ppm, 0,0312 ppm, 0,0625 ppm, 0,1250 ppm 0,2500 ppm, 0,5000 ppm, 1,0000 ppm de B", respectivamente.

Dedicatória

À ERIKA SICKERT

A G R A D E C I M E N T O S

Expresso meu reconhecimento as seguintes pessoas e Instituições:

Docente Livre Dr. Francisco de Assis Ferraz de Mello pela orientação e dedicação durante as diferentes fases do desenvolvimento desta tese.

Prof. Dr. Walter Radamés Accorsi pela colaboração na parte botânica.

Eng^o Agr^o Roberto M. Simionatto pela colaboração na parte estatística.

Dr. Sylvio Arzolla pela sua colaboração na elaboração das figuras e quadros.

A todos aqueles docentes das cadeiras de Química Agrícola e Química Biológica que com suas críticas e sugestões contribuíram para a execução desta tese.

Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas (IICA) pela bolsa concedida.

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) pela acolhida e facilidades concedidas.

Í N D I C E

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	2
3. MATERIAL E MÉTODOS	5
3.1. Sementes utilizadas e germinação	5
3.2. Transplante e tratamentos	5
3.3. Desenvolvimento do ensaio	6
3.4. Colheita	7
3.5. Análises químicas e estatísticas	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
4.1. Alterações morfológicas e anatômicas	8
4.1.1. Alterações morfológicas	8
4.1.1.1. Tratamento 1 (0.0000 ppm de B)	8
4.1.1.2. Tratamento 2 (0,0078 ppm de B(e 3 (0,0156 ppm de B)	9
4.1.1.3. Tratamento 4 (0,0312 ppm de B)	10
4.1.1.4. Tratamento 5 (0,0625 ppm de B)	10
4.1.1.5. Tratamento 6 (0.1250 ppm de B)	11
4.1.1.6. Tratamentos 7, 8 e 9 (0,2500 - 0,5000 e 1.0000 ppm)	11
4.1.2. Alterações anatômicas	12
4.1.2.1. Tratamento 1 (0.0000 ppm de B)	12
4.1.2.2. Tratamento 4 (0.0312 ppm de B)	12
4.1.2.3. Tratamento 6 (0.1250 ppm de B)	12
4.1.2.4. Tratamento 8 (0.5000 ppm de B)	12
4.2. Efeitos das diferentes concentrações de Boro sobre o crescimento das plantas	13
4.2.1. Efeitos do Boro sobre a produção de matéria seca	13
4.2.2. Efeitos do Boro sobre o crescimento em alguma das plantas	17
4.3. Efeitos das diferentes concentrações de Boro nas soluções nutritivas sobre o teor de Boro nas diversas partes das plantas	19
4.4. Curvas de Calibração e Concentração Crítica	24
4.5. Efeito dos diferentes níveis de Boro das soluções nutritivas sobre os teores de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio das folhas.....	28
5. CONCLUSÕES	33
6. RESUMO E SUMARY	34-35
7. LITERATURA CITADA	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura:	Pág.
1. Corte transversal de limbo de folha da planta do tratamento 1, mostrando alterações dos elementos do xiloma.....	14
2. Corte transversal do limbo de folha da planta do tratamento 8, normal,	14
3. Detalhe da figura 1	15
4. Detalhe da figura 2	15
5. Efeito das diversas doses de B sobre o crescimento das plantas em altura durante o transcorrer do experimento	18
6. Relação entre o crescimento das plantas expresso em peso da matéria seca e a concentração de B nas folhas novas	25
7. Relação entre o crescimento das plantas expresso em peso da matéria seca e a concentração de B nas folhas maduras	25
8. Relação entre o crescimento das plantas expresso em peso da matéria seca e a concentração de B nas folhas velhas	26
9. Relação entre o crescimento das plantas expresso em matéria seca e a concentração de B das folhas velhas, maduras e novas, mostradas esquematicamente	26

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro:	Pág.
1. Teores de B e de Zn encontrados em folhas de algodoeiro (Mikkelsen et al, 1963) ...	5
2. Tratamentos empregados e concentrações respectivas em B	6
3. Efeitos da concentração de B nas soluções nutritivas sobre a produção da matéria seca das plantas	13
4. Efeitos de concentração de B nas soluções nutritivas sobre o peso da matéria seca da parte aérea e das raízes	16
5. Influência de B sobre o crescimento em altura das plantas	17
6. Relação entre as épocas do aparecimento dos sintomas de deficiência de B e da paralização do crescimento das plantas	19
7. Efeitos do teor de Boro da solução nutritiva sobre a concentração de B nas plantas	20
8. Relações Ca/B encontrados nos diversos tratamentos	24
9. Efeito dos diferentes níveis de Boro nas soluções nutritivas sobre os teores de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio das folhas	29

1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro constitui, uma das principais culturas do Brasil. Segundo o valôr de sua produção, de 1958 a 1962 ocupou o quarto lugar e a participação do algodão em rama na balança comercial de exportação brasileira alcançou, em 1962, 10% do valôr da exportação total, sendo a segunda fonte de divisas do país, vindo logo após o café.

Em 1963 a cultura algodoeira ocupou uma área de 3.554.000 ha., sendo, neste aspecto, superada apenas pelas plantações de milho, de café e de arroz.

Ultimamente, sintomas de deficiência de micronutrientes tem sido constatados com frequência em algumas culturas situadas em várias localidades do Estado de São Paulo.

Em experiências de campo desenvolvidos por Mc CLUNG et al (1961 em solos de "campo cerrado" verificou-se pela primeira vez no Brasil, respostas expressivas à aplicação de B no algodoeiro.

Devido aos fatos apontados acima e a falta de informações sôbre as necessidades de B do algodoeiro, quer na literatura brasileira, quer na estrangeira, torna-se evidente que um maior conhecimento sôbre o assunto se faz necessário.

A diagnose foliar têm proporcionado resultados satisfatórios na determinação das necessidades de fertilizantes das culturas. Porém no que se refere aos micronutrientes, os trabalhos são escassos, e, ao que parece, não existem com respeito ao algodoeiro.

Uma das etapas mais importantes no processo da diagnose foliar é o estabelecimento dos níveis críticos do elemento a ser estudado.

Existem, na literatura, diversos conceitos de nível crítico (MACY, 1936, citado por ULRICH, 1948, pág. 158; PREVOT et OLLAGNIER, 1956, pág. 178; MALAVOLTA & PIMENTEL FOMES, 1961; pág. 180; ULRICH, 1948, pág. 159, 1952, pág. 210)

Para ULRICH (1948, p.158, 1952, p.210) nível crítico ou concentração crítica é a faixa de concentração dentro da qual o desenvolvimento da planta é limitado em comparação com aquele de plantas que receberam um nível mais alto do nutriente em consideração.

Com o presente trabalho pretende-se fornecer uma contribuição ao estudo das necessidades de B do algodoeiro. Seus objetivos foram:

- a) Verificar as alterações anatômicas e morfológicas produzidas nas plantas devido à carência do B.
- b) Verificar os efeitos de diferentes doses de B nas soluções nutritivas sobre o crescimento das plantas e sobre o teor de B nas diversas partes das mesmas.
- c) Determinar a parte da planta que indica melhor seu estado nutricional em relação ao B.
- d) Determinar o nível crítico de B nas diferentes partes da planta; usando o conceito de ULRICH (1948, pág. 195).
- e) Verificar os efeitos de diferentes níveis de B sobre os teores de N, P, K, Ca e Mg nas folhas do algodoeiro.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A literatura sobre a nutrição mineral do algodoeiro com referência ao B é escassa. Entretanto, alguns trabalhos foram encontrados na revisão bibliográfica procedida.

BERGER (1949) baseado nos conteúdos de B encontrados nas plantas e em respostas à adubação com B efetuado por numerosos pesquisadores em várias partes do mundo, apresenta uma classificação das culturas de acordo com o grau de exigência desse elemento. Ele classificou o algodoeiro como planta medianamente exigente.

EATON (1932) realizou um experimento empregando areia como suporte para as plantas e soluções nutritivas com o fim de estudar os efeitos de diferentes concentrações de B sobre o desenvolvimento do algodoeiro. Constatou que com omissão de B as plantas apresentavam pequeno desenvolvimento, com ramos curtos, folhas de formações, cloróticas, e com áreas necróticas. Plantas cultivadas com 1 ppm de B na solução não apresentavam sintomas de deficiência desse nutriente, porém eram menos desenvolvidas que aquelas que receberam concentrações mais elevadas.

HOLLEY & DULLIN (1937) executaram um experimento em solução nutritiva com o objetivo de determinar em que fase do ciclo reprodutivo o suprimento de B era mais importante. Concluíram que o efeito principal se verifica durante o florescimento.

O Report nº 84-5 de New Jersey Agricultural Experiment Station (1937) cita um experimento levado a efeito com a finalidade de estudar a influência de diferentes relações N/B no algodoeiro, empregando areia e soluções nutritivas. Informa que as plantas cultivadas com 0,05 a 1,00 ppm de B nas soluções não apresentavam sintomas de carência ou de toxidês desse elemento; porém, as cultivadas com doses mais baixas apresentavam um aumento do teor das frações nitrogenadas solúveis e diminuição do teor de proteí-na.

O Report nº 87-8 (1937) da mesma Estação Experimental informa que a concentração ótima de B na solução nutritiva, quando se usa areia como meio de suporte das plantas, varia de 0,05 ppm a 2,00 ppm.

PALSER & McILRATH (1956) constataram que em tomateiro e nabo há deficiência de B ocasionava uma hipertrofia, hiperplasia e necrose do câmbio e do floema. Entretanto, verificaram que com o algodoeiro a hipertrofia, hiperplasia e necrose ocorrem no parênquima do protoxilema e na medula, particularmente na zona perimedular. Constataram também que em folhas de algodoeiro deficientes em B havia acumulação de amido nos cloroplastos e de substâncias taníferas; o funcionamento das células estomatais ficava prejudicado.

KRUGLOVA (1960) citando trabalho feito na Rússia apresenta a seguinte distribuição do B no algodoeiro;

<u>Parte da Planta</u>	<u>B%</u>
Folhas	54,2
Caule	12,1
Capulhos	18,4
Sementes	13,0
Fibra	2,3

Com referência ao teor de B nas diversas partes do algodoeiro, a mesma publicação cita os seguintes dados:

<u>Parte da Planta</u>	<u>B%</u>
Folhas	71,0
Caule	8,1
Capulhos	9,0
Sementes	7,3
Fibra	3,3

Entre as folhas, as mais velhas apresentavam maior concentração do referido elemento.

Em experimentos feitos no Brasil em solos de "campo cerrado", Mc CLUNG et al (1961) obtiveram respostas à aplicação de borax ao algodoeiro. Os teores de B em folhas recentemente maduras tomadas no início do florescimento oscilaram entre 60 ppm e 130ppm, sendo 86 ppm um valor médio; nos tratamentos que não receberam B a média foi 72 ppm. Foi empregado nesses ensaios o Gossypium hirsutum L. var. I.A.C. 817.

Em ensaio efetuado em soluções nutritivas com algodoeiro Gossypium hirsutum L. var. I.A.C. 817, em presença e em omissão de B, SARRUGE et al encontraram os seguintes teores desse elemento nas diversas partes da planta:

<u>Parte da Planta</u>	<u>B ppm na matéria seca</u>	
	<u>Omissão de B</u>	<u>Presença de B</u>
Folhas superiores	38	107
Folhas inferiores	23	114
Pecíolos	28	35
Caule	7	8
Raiz	21	23

SARRUGE et al (*) estudaram em condição de campo, a marcha de absorção de micronutrientes pelo algodoeiro (Gossypium hirsutum L. var. IAC 11) submetido a dois tratamentos: fertilização NPK + calagem e sem fertilizantes. Os teores de B encontrados nas folhas foram os seguintes:

<u>Dias após a sementeira</u>	<u>B na matéria seca em ppm</u>	
	<u>Sem adubo</u>	<u>com adubo</u>
22	82	41
52	73	82
67	39	53
80	54	53
97	58	71

MIKKELSEN et al (1963), em experimentos realizados em "solos de cerrado" de Pirassununga, Orlandia e Matão, verificaram que os aumentos de produção do algodoeiro, devido a aplicação de Zn, B e Mo era da ordem de 72%, 41% e 12%, respectivamente. Observaram que nas parcelas que não receberam esses micronutrientes, as

(*) Comunicação pessoal (1965)

plantas apresentavam superbrotamento nos botões axilares. Os teores observados dos nutrientes em aprêço em folhas recentemente maduras do caule, são dados no Quadro 1.

QUADRO 1 - Teores de P e de Zn encontrados em folhas de algodoeiro (MINNELSEN et al, 1963)

Local	Com micronutrientes		Sem micronutrientes	
	ppm de B	ppm de Zn	ppm de B	ppm de Zn
Orlandia	59-58	16-18	25-48	15-42
Matão	25-29	20-27	10-29	20-37
Pirassununga	59-58	24-56	14-51	19-24

LANGASTER (1964) apresenta uma relação das necessidades do algodoeiro em micronutrientes em algumas regiões dos Estados Unidos da América do Norte, com especial ênfase ao B. Relata ainda, em forma detalhada e completa os sintomas de carência de B verificados em condição de campo.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Sementes utilizadas e germinação

Sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. var. I.A.C. 12) previamente deslintadas com ácido sulfúrico concentrado foram semeadas no dia 22/10/1965, em vermiculita contida em recipiente de concreto pintado interiormente com uma tinta bituminosa, Neutral-45,* sendo irrigadas diariamente com água desmineralizada.

A germinação iniciou-se aos três dias após a semeadura; três dias depois da germinação as plantas apresentavam cerca de 10 cm de altura, sendo então transplantadas.

5.2. Transplante e tratamentos

Plantinhas homogêneas em desenvolvimento foram cuidadosamente retiradas da vermiculita e tiveram suas raízes lavadas com água desmineralizada. A seguir foram passadas para vasos de polietileno contendo um litro e meio de solução nutritiva. Esses vasos haviam sido internamente lavados com detergente e ácido clorídrico a

(*) Otto Baumgart Indústria e Comércio, São Paulo.

10% e depois com água desmineralizada. Externamente haviam sido pintados com Alumilack-18010. (**). As plantas foram fixadas aos vasos por meio de cortiças perfuradas, impermeabilizadas com parafina, e "espuma de plástico".

Inicialmente foi colocado em cada vaso um litro e meio de solução de HOGGLAND & ARNON (1950) diluída (1 + 1) carente em B. O Fe foi fornecido sob a forma do complexo Fe-EDTA. Todas as sais utilizadas eram pró-análise e não foram purificadas em relação ao B. A água empregada no preparo das soluções era sempre destilada e desmineralizada.

Os tratamentos ensaiados e as respectivas concentrações de B nas soluções aparecem no Quadro 2:

QUADRO 2 - Tratamentos empregados e concentrações respectivas em B.

Tratamento ppm de B na solução		Diluição em relação à solução de HOGGLAND & ARNON (1950)
1	0,0000	---
2	0,0078	1:64
3	0,0156	1:32
4	0,0312	1:16
5	0,0625	1:8
6	0,1250	1:4
7	0,2500	1:2
8	0,5000	1:1
9	1,0000	2:1

O delineamento experimental utilizado foi de blocos inteiramente casualizados, fazendo-se 4 repetições de cada tratamento.

5.5. Desenvolvimento do ensaio

Durante todo o transcorrer do ensaio os vasos permaneceram em casa de vegetação, sendo as soluções nutritivas arejadas diariamente por borbulhamento de ar.

(**) Industrias Ipiranga, São Paulo.

Diariamente competava-se o volume da solução através da adição da quantidade necessária de água destilada e desmineralizada.

Aos 15 dias após o transplante as plantas foram pulverizadas com "Folidol" (*) para se evitar o ataque de pulgões. A partir desse dia a altura das plantas foram medidas semanalmente, desde a superfície superior da cortiça até a gema apical.

Aos 30 dias após o transplante (ULRICH & BERRY (1961) foram adicionadas a cada vaso quantidades das soluções estoques, carentes e, B HOAGLAND & ARNON (1950) necessárias para a obtenção de, em cada caso, 750 ml de solução nutritiva completa, com exceção de B, indicada por aqueles autores.

3.4. Colheita

O ensaio foi colhido quando mais de 50% dos tratamentos das plantas evidenciaram uma diminuição de crescimento. Isso se deu aos 40 dias após o transplante.

As plantas foram divididas em 9 partes, que foram as seguintes:

- Limbos de folhas novas do caule
- Limbos de folhas maduras do caule
- Limbos de folhas velhas do caule
- Pecíolos de folhas maduras do caule
- Pecíolos de folhas velhas do caule
- Limbos e pecíolos de folhas de ramos
- Caule
- Raiz

Procedeu-se depois à medição dos comprimentos dos caules, das raízes e à pesagem das diferentes partes. Todas essas partes foram acondicionadas em saquinhos de papel laminado e secos em estufa entre 75-80°C durante dois dias, sendo a seguir pesadas e trituradas em micro moinho Wiley.

Durante a colheita procedeu-se às descrições dos sintomas de deficiência de B observadas nos diversos tratamentos. Para maior uniformidade na identificação das cores usou-se o Atlas de los Colores de Villalobos-Dominguez e Villalobos (1947).

(*) Bayer - São Paulo

O sistema de identificação das cores é o seguinte:

- a) A letra (ou letras) indice a cor e seu matiz.
- b) O número (ou números) dão o valor da luminosidade.
- c) O grau expressa a tonalidade da matiz.

Com o fim de verificar as alterações anatômicas devidas à deficiência de B foram feitas seções à mão livre de mimbos foliares e de pecíolos de plantas dos tratamentos números 1, 3, 5 e 8. Foram obtidas depois microfotografias dessas seções.

3.5. Análises químicas e estatísticas

Os métodos químicos empregados foram os seguintes:

- a) Nitrogênio - Método Micro-Kjeldahl modificado, citado por MALAVOLTA (1957)
- b) Fósforo - Método vanado-molibdico (LOTT et al, 1956)
- c) Potássio - Determinado por fotometria de chama.
- d) Cálcio - Método de exalato de amônio (LOTT et al, 1956)
- e) Magnésio - Método do amarelo de tiazol, de acordo com LOTT et al (1956).
- f) Boro - Método colorimétrico da curcumina, segundo DIBLE et al (1954)

As determinações de fósforo, potássio, cálcio e magnésio foram feitas a partir dos extratos nítricos-perclóricos (TOTH et al, 1948) obtidos com 0,5 g de material.

Os dados referentes às medições citados em 3.4. e os relativos às análises químicas foram submetidos à análise estatística.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Alterações morfológicas e anatômicas

4.1.1. Alterações morfológicas

4.1.1.1. Tratamento 1 (0,0000 ppm de B)

As plantas do tratamento número 1 se apresentavam raquíticas, pouco desenvolvidas, com aspecto enfezado e desenvolvimento em altura de cerca de 30% em relação às plantas normais.

As folhas, em número reduzido, apresentavam coloração verde escuro intensa e consistência endurecida.

A primeira folha a partir da base (velha) apresentava-se endurecida, com os bordos o ápice curvados para baixo; era verde escura (LLG6 - 50). A segunda folha (madura) mostrava-se endurecida, retorcida, com bordos irregulares deformados; a cor era também verde escuro (LLG5 - 40). O par de folhas novas exibia as características anteriores mais acentuadas e coloração verde claro (YLL5 - 130) com áreas necróticas acinzentadas.

Os pecíolos eram deformados com faixas transversais alternadas, de coloração verde claro e verde escuro. Os ângulos que eles formavam com o caule eram de aproximadamente 120°.

Na parte superior o caule apresentava internódios curtos e deformações.

As raízes eram mal desenvolvidas, muito finas, com ramificações de 2 a 3 mm e apresentavam as pontas necróticas. A coloração era branco-acinzentada.

Observou-se nas plantas deste tratamento, morte das gemas apical e axilares e superbrotamento.

4.1.1.2. Tratamento 2 (0,0078 ppm de B0 e 3 (0,0156 ppm de B)

O aspecto geral das plantas que receberam 0,0078 ppm e 0,0156 ppm de B era análogo às do tratamento anterior. O crescimento em altura era de aproximadamente 45% das testemunhas.

As folhas verdes, em número de 3, mostravam consistência endurecida e possuíam bordos e ápices voltados para baixo. A cor era verde escuro (LLG7 - 50). A folha madura, isto é, a quarta de baixo para cima, apresentava coloração verde mais escuro (LLG5 - 50), era retorcida e algo enrugada. As folhas novas apresentavam-se retorcidas, enrugadas, deformadas e de um verde ainda mais escuro (LLG5 - 40). As folhas novas tinham coloração verde claro (YLL5 - 30) e eram deformadas, com áreas necróticas acinzentadas.

Os pecíolos, caules e raízes se apresentavam com as características já citadas no caso do tratamento 1, porém menos acentuados. Verificou-se, também, morte das gemas apical e axilares e superbrotamento.

4.1.1.3. Tratamento 4 (0,0312 ppm de B)

O aspecto geral das plantas deste tratamento era análogo ao das plantas dos tratamentos anteriores.

As três primeiras folhas a partir da base apresentavam-se com coloração verde menos escuro (LLG7 - 59) e não tinham os bordos e ápices curvados para baixo. A sintomatologia das outras folhas era semelhante às já citadas anteriormente.

Nos ápices mal se notava a presença das faixas alteradas, citadas no caso do tratamento 1; contudo eles se mostravam ligeiramente deformados, principalmente nas folhas superiores. O ângulo que eles formavam com o caule era de aproximadamente 90°.

Os caules eram semelhantes aos observados nas plantas dos tratamentos anteriores; as raízes eram mais desenvolvidas, porém apresentavam as mesmas características que os do tratamento 1, 2 e 3.

Constatou-se, também, a morte das gemas apical e axilares com superbrotamento.

4.1.1.4. Tratamento 5 (0,0625 ppm de B)

O aspecto enfezado parecia apenas na parte superior das plantas, sendo o crescimento em altura de aproximadamente 80% daquele verificado no tratamento testemunha.

As quatro folhas mais velhas apresentavam aspecto normal; as maduras, entretanto, mostravam os bordos e ápices ligeiramente curvados para baixo e cor verde escuro (LLG5 - 59). As folhas novas se mostravam algo endurecidas, ligeiramente enrugadas retorcidas e deformadas, com bordos e ápices voltados para baixo.

As folhas mais novas tinham coloração verde claro (JL5-139), eram deformadas e enrugadas.

Os pecíolos das folhas mais velhas eram normais, porém os das folhas maduras e jovens eram ligeiramente deformados e formavam ângulos de aproximadamente 70° com os caules.

Os caules apresentavam internódios curtos e formações nas zonas correspondentes às folhas novas.

Neste tratamento as plantas produziram raízes mais desenvolvidas, porém com as mesmas características que as dos tratamentos anteriores. Observou-se, também, a morte das gemas apicais e axilares e superbrotamento.

4.1.1.5. Tratamento 6 (0,1250 ppm de B)

As plantas não apresentavam o aspecto enfezado, porém exibiam superbrotamento apical.

O crescimento em altura era mais reduzido que o das testemunhas em cêr de 20%.

Neste tratamento as plantas exibiam folhas velhas normais; as maduras mostravam leve inclinação dos bordos e dos ápices para baixo, sendo a coloração verde pouco mais escuro que o normal (LLG7 - 50). As folhas novas apresentavam cor semelhante, porém sem possuir a consistência dura característica da deficiência de B. As mais novas se apresentavam retorcidas, enrufadas e deformadas.

Os pecíolos não apresentavam nenhuma coloração e formavam ângulo fr 30º a 45º com o caule, que é característico do algodão eiro.

Neste tratamento começaram a aparecer os envólucros calicinais, que se apresentavam entretanto prquenos: algo sêcos, de cêr parda e com tendência a cair facilmente.

As raízes era razoavelmente desenvolvidas; grossas, sem muitas ramificações, de um branco intenso; algumas ramificações finas apresentavam as pontas necróticas.

Observou-se neste tratamento ligeiro superbrotamento apical e axilar.

4.1.1.6. Tratamentos 7, 8 e 9 (0,2500 - 0,5000 e 1,0000ppm)

Nos três tratamentos as plantas exibiam desenvolvimento normal, sem nenhuma alteração visível e tinha, de 4 a 5 envólucros calicinais.

As raízes eram grossas, de um branco intenso, sem ramificações.

Os sintomas observados concordam com os descritos na literatura (EATON, 1932; LANCASTER, 1964; LANCASTER et al. 1962; DONALD, 1964, pg. 81)

Serão descritas, a seguir, as principais alterações anatômicas observadas em alguns tratamentos.

4.1.2.1. Tratamento 1 (0,0000 ppm de B)

Trechos dos mesófilo apresentavam-se de um verde normal. Havia predominância de cloroplastos extremamente pequenos de forma granular, ora verde, ora esbranquiçado, provavelmente devido ao acúmulo de amido, resultando um aspecto arenoso.

As paredes celulares dos elementos do xilema era pardacentas e o número de células cristalíferas, no floema era grande.

4.1.2.2. Tratamento 4 (0,0312 ppm de B)

Observou-se no mesófilo trechos de um verde mais claro e, às vezes, uma clorose incipiente.

As células do paliçádico era mais altas e mais estriadas. Constatou-se um acúmulo de amido tal que os cloroplastos se transformavam em autênticos leucoplastos, principalmente no tecido lacunoso. A forma variava de globosa, poliédrica e fusiforme.

As paredes celulares dos elementos do xilema de nervura principal eram pardacentas. No floema havia elevado número de células cristalíferas.

4.1.2.3. Tratamento 6 (0,1250 ppm de B)

O mesófilo revelava em certas partes, uma tonalidade verde mais claro. Os cloroplastos de ambos os tecidos, paliçádico e lacunoso, apresentavam tal acumulação de amido a ponto de modificar-lhes a forma e a tonalidade, daí o verde mais claro observado. Tal acumulação, entretanto, era menor que a observada no tratamento anterior.

Notou-se também, a presença de células cristalíferas no floema da nervura principal.

4.1.2.4. Tratamento 8 (0,5000 ppm de B)

Constatou-se, em alguns trechos do mesófilo, um processo clorótico inicial. Os cloroplastos apresentavam várias formas, desde poliédrica, globosa, elipsoidal até a de diminutos grânulos.

Via de regra, os cloroplastos se apresentavam isolados no campo celular, todavia registravam-se aglomerados com forma de cordões ou de massas irregulares.

No floema da nervura principal foi constatada a presença de células cristalíferas, contendo drusas de oxalato de cálcio.

Em resumo: constatou-se que as principais alterações ocorridas nas folhas, devido à deficiência de B, foram a acumulação de amido e a cor parda das paredes celulares dos elementos do xilema, provavelmente devido à necrose dos tecidos. Essas alterações foram também observadas por PALSER & Mc ILRATH (1956).

As figuras 1, 2, 3 e 4 apresentavam microfotografias de cortes transversais de limbos de folhas de plantas pertencentes ao tratamento 1 (0,0000 ppm de B), (Fig. 1 e 3) e ao tratamento 8, normal (Fig. 2 e 4). Observa-se que no tratamento em que se omitiu o B os vasos condutores se apresentavam em menor número e de contorno irregular e de parede mais espessa.

4.2. Efeitos das diferentes concentrações de Boro sobre o crescimento das plantas

Para melhor compreensão do efeito do B sobre o crescimento das plantas, julgou-se mais conveniente apresentar os resultados em duas partes, a saber: efeitos sobre a produção de matéria seca e efeitos sobre o crescimento em altura.

4.2.1. Efeitos do Boro sobre a produção de matéria seca

Os efeitos da concentração de B nas soluções nutritivas aparecem no Quadro 3.

QUADRO 3 - Efeitos da concentração de B nas soluções nutritivas sobre a produção de matéria seca das plantas.

Tratamento	Pêso da matéria seca (g) Média de 4 repetições
1 (0,0000 ppm)	4,91
2 (0,0078 ppm)	9,92
3 (0,0156 ppm)	11,63
4 (0,0312 ppm)	13,58
5 (0,0625 ppm)	16,85
6 (0,1250 ppm)	18,95
7 (0,2500 ppm)	20,43
8 (0,5000 ppm)	19,84
9 (1,0000 ppm)	19,99
C.V. = 9,05%	d.m.s. a 5% = 3,23

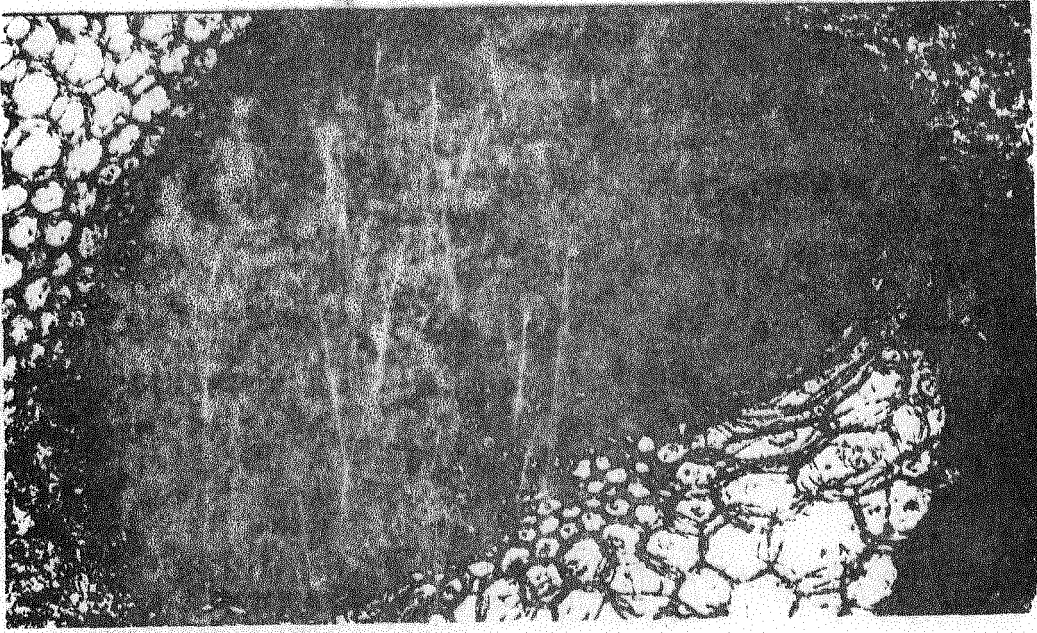


Fig. 1 - Corte transversal de limbo de folha da planta do tratamento 1, mostrando alterações dos elementos do xilema

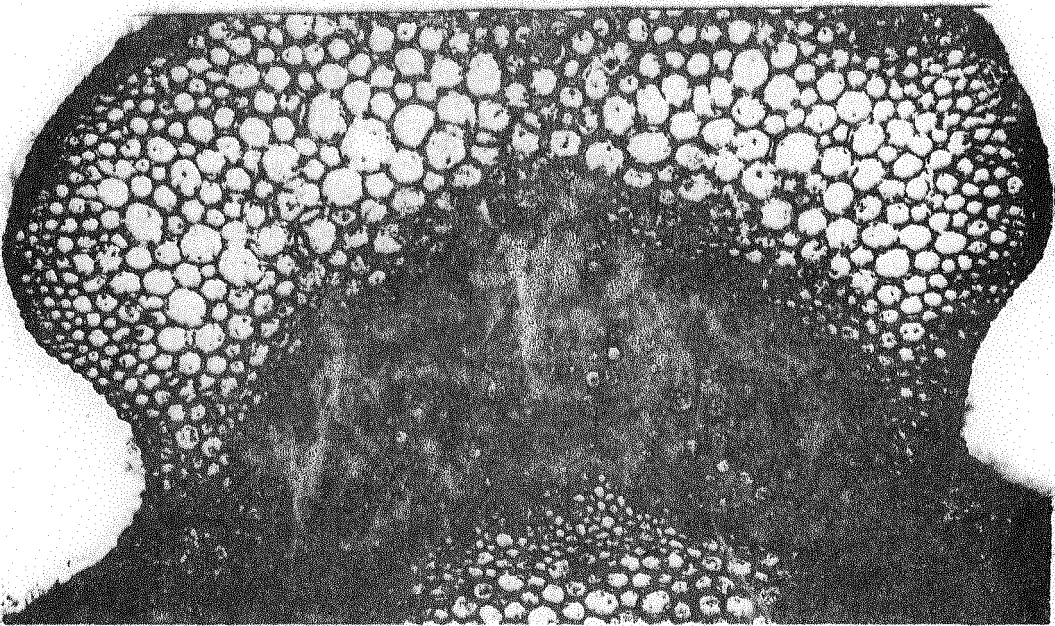


Fig. 2 - Corte transversal de limbo de Folha da planta do tratamento 8, normal

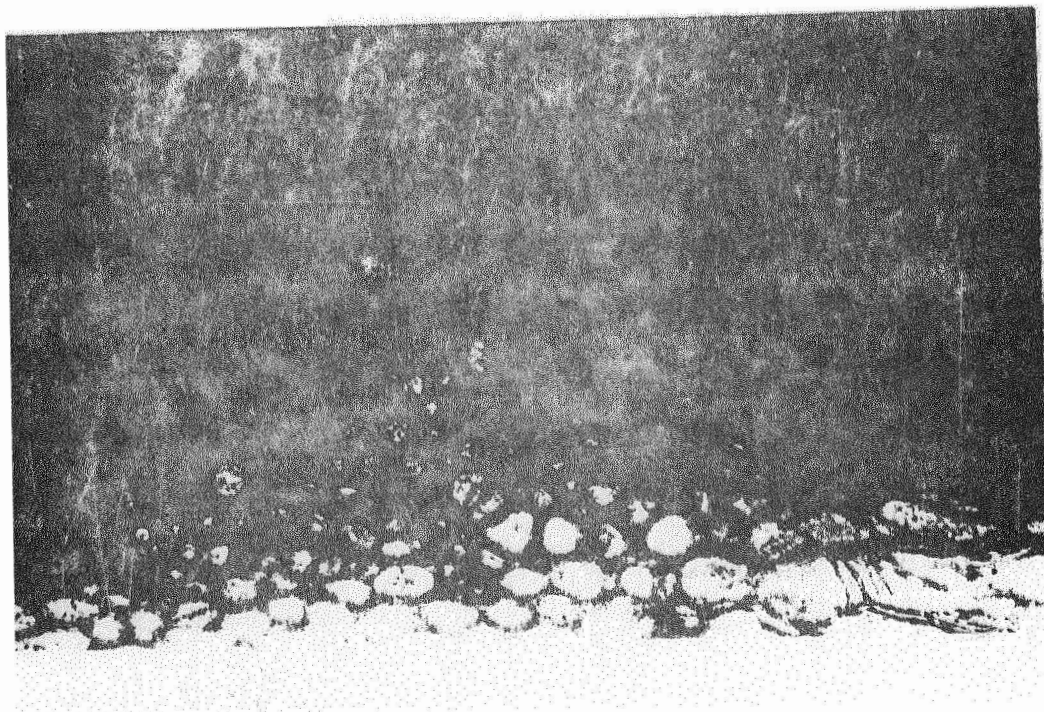


Fig. 3 - Detalhe da figura 1

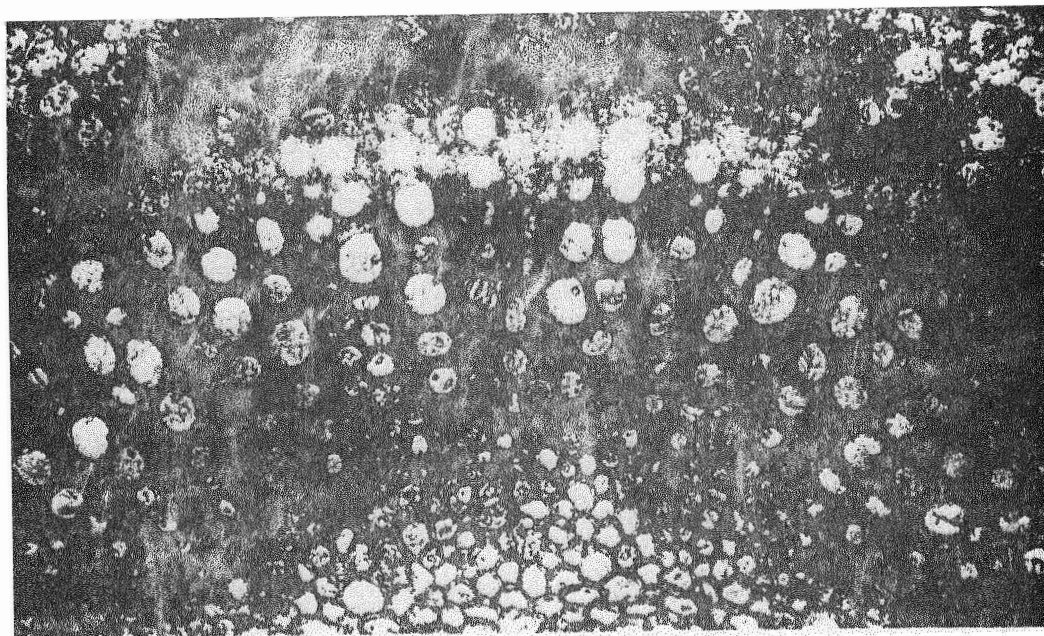


Fig. 4 - Detalhe da figura 2

Como se pode observar através dos dados do Quadro 3 houve um aumento progressivo do peso da matéria seca das plantas como consequência da adição de B nas soluções. Isso se verifica de maneira nítida até o tratamento 7, embora alguns tratamentos consecutivos não diferissem entre si estatisticamente. Estatisticamente não houve diferença, ao nível de 5%, entre as plantas dos tratamentos 6, 7, 8 e 9, embora as do tratamento 6 chegassem a exigir sintomas de deficiência de B. Isso parece indicar que no caso do algodoeiro, não ocorre uma prévia redução da produção da matéria seca antes do aparecimento dos sintomas de carência do citado nutriente.

ULRICH (1948 pag. 159) recomenda a colheita dos ensaios para estabelecimento de níveis críticos quando as plantas, em cerca de 50% dos tratamentos, apresentam redução do crescimento. Em vista do exposto acima, em relação ao nível crítico de B, no algodoeiro, talvez, seja mais conveniente efetuar-se a colheita quando aproximadamente em 50% dos tratamentos, se observa sintomas de carência. Isso porque, em primeiro lugar, é mais fácil a constatação de sintomas de carência que a percepção de que o crescimento está sendo afetado; em segundo lugar, porque a redução do crescimento se gue logo após o aparecimento dos sintomas de deficiência.

Os efeitos de B sobre a produção de matéria seca foi mais evidente em relação às raízes que em relação à parte aérea, como pode ser verificado no Quadro 4.

QUADRO 4 - Efeitos da concentração de B nas soluções nutritivas sobre o peso da matéria seca da parte aérea e das raízes.

Tratamento	Peso da parte aérea (g)	Peso das raízes (g) (Média de 4 repetições)
1 (0,0000 ppm)	4,58	0,33
2 (0,0078 ppm)	9,38	0,60
3 (0,0156 ppm)	10,67	0,96
4 (0,0312 ppm)	12,62	0,96
5 (0,0625 ppm)	15,45	1,40
6 (0,1250 ppm)	17,46	1,49
7 (0,2500 ppm)	18,38	2,05
8 (0,5000 ppm)	17,44	1,80
9 (1,0000 ppm)	18,02	1,97

A maior sensibilidade à deficiência de B apresentada pelas raízes em comparação com a parte aérea é explicada por HEWITT (1959, p. 262) como decorrência de um distúrbio na translocação dos carboidratos. Isso fica evidenciado pelos trabalhos de SCRIPTURE & Mc HARGUE (1945), de WADLEIGH & SHIVE (1939) e de WHITE & STEVENS (1938) respectivamente, com feijoeiro, algodoeiro e citrus. Esses autores constataram que a carência de B acarretava aumento da concentração de açúcares e de amido nas folhas e diminuição do teor dos mesmos nas raízes. Os mesmos resultados foram observados por Mc ILRATH & PALSER (1956) em nabo e tomateiro; porém, em relação ao algodoeiro, constataram que a carência de B determinava um leve aumento do teor de açúcares nas folhas, mas não ocorria nenhuma redução nas raízes.

4.2.2. Efeitos do Boro sobre o crescimento em altura das plantas.

A influência das diversas concentrações de B nas soluções nutritivas aparece sintetizada no Quadro 5.

QUADRO 5 - Influência do B sobre o crescimento em altura das plantas

Tratamento	Altura das plantas (cm) (Média de 4 repetições)
1 (0,0000 ppm)	18,00
2 (0,0078 ppm)	29,00
3 (0,0156 ppm)	32,00
4 (0,0312 ppm)	32,50
5 (0,0625 ppm)	43,00
6 (0,1250 ppm)	42,00
7 (0,2500 ppm)	51,75
8 (0,5000 ppm)	52,25
9 (1,0000 ppm)	54,25
C.V. = 13,54	d.m.s. a 5% = 12,70

Como se observa, as diferentes concentrações de B exercem efeitos bem nítidos sobre o crescimento em altura das plantas.

Numericamente, o tratamento mais eficiente foi o número 9, que entretanto, não diferiu estatisticamente, ao nível de 5% dos tratamentos 5, 6, 7 e 8.

O tratamento 1, como era de se esperar, foi o menos eficiente, contudo estatisticamente, ao nível de 5% não foi inferior ao tratamento 2.

Considerando sempre ao nível de 5% os tratamentos 3, 4, 5 e 6 não se mostraram diferentes entre si. Porém, os tratamentos 7, 8 e 9 superaram os de números 1, 2, 3 e 4.

Com a finalidade de se apreciar a influência das diversas doses de B sobre o crescimento das plantas em altura. Durante o transcorrer do experimento, foi confeccionada a Figura 5, baseada nas medições efetuadas e referidas em 3.3.

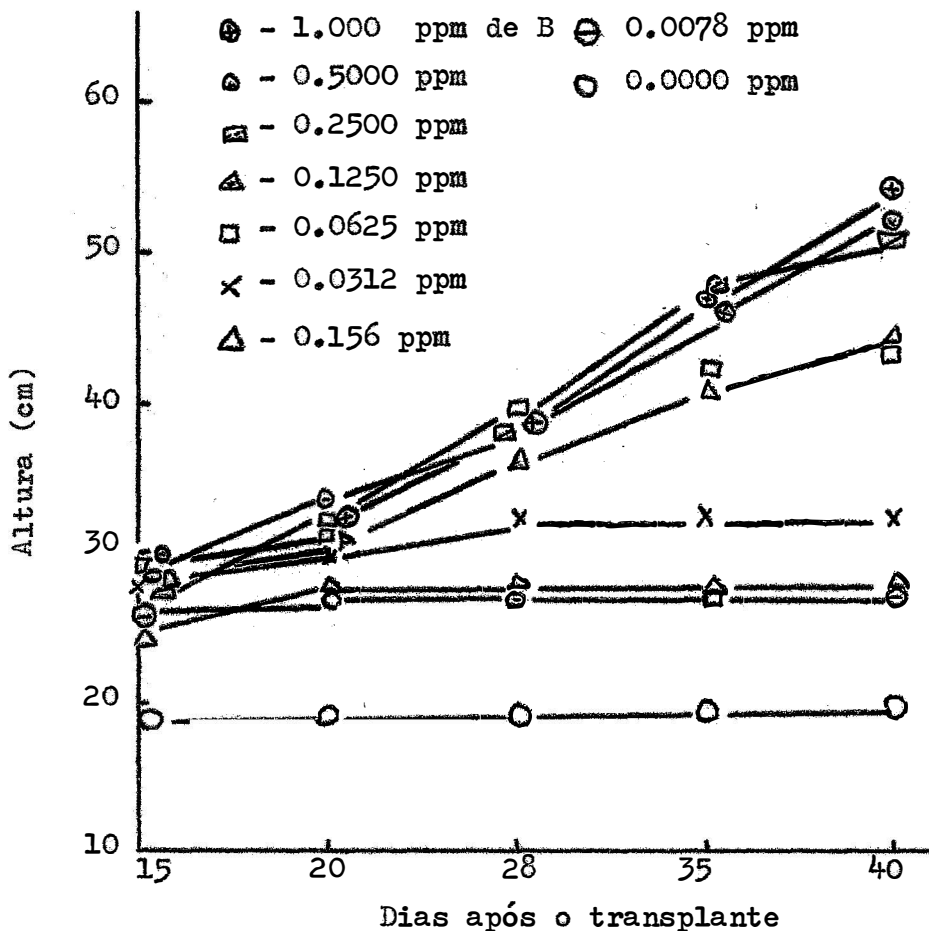


Fig. 5 - Efeito das diversas doses de B sobre o crescimento das plantas em altura durante o transcorrer do experimento.

Observa-se que a omissão de B da solução nutritiva ocasionou a paralização do crescimento das plantas antes dos 15 dias após o transplante.

No tratamento 2 não se verificou nenhum crescimento das plantas depois do 21º dia após o transplante, o mesmo ocorrendo nos tratamentos 3 e 4 após o 28º dia do transplante.

Nos tratamentos 5 e 6 as plantas apresentaram crescimento linear em relação ao número de dias, até o 28º dia da passagem das mesmas para as soluções nutritivas. Daí por diante, houve um decréscimo sensível no ritmo de crescimento.

Por outro lado, nos tratamentos 7, 8 e 9 o crescimento das plantas continuou até o final do ensaio, sem redução de ritmo.

De acôrdo com o que se observou durante o desenvolvimento do trabalho, tentativamente pode-se relacionar do seguinte modo as épocas do aparecimento dos sintomas de deficiência de B e da paralização do crescimento das plantas (Quadro 6)

QUADRO 6 - Relação entre as épocas do aparecimento dos sintomas de deficiência de B e da paralização do crescimento das plantas.

Tratamento	Sintomas de deficiência (dias após o transplante)	Paralização do crescim. (dias após o transplante)
1 (0,0000 ppm)	5	menos de 15
2 (0,0078 ppm)	20	21
3 (0,0156 ppm)	24	28
4 (0,0312 ppm)	26	28
5 (0,0625 ppm)	34	--
6 (0,1250 ppm)	37	--
7 (0,2500 ppm)	--	--
8 (0,5000 ppm)	--	--
9 (1,0000 ppm)	--	--

Verifica-se através da Figura 5, que nos tratamentos 5 e 6 o crescimento das plantas foi pequeno entre o 35º e 40º dias após o transplante, o que leva a crer que a paralização dos mesmos deveria ocorrer logo após esta última data. Pode-se supor então, que poucos dias depois do aparecimento dos sinais de carência de B as plantas não se desenvolvem mais em altura.

4.3. Efeitos das diferentes concentrações de Boro nas soluções nutritivas sôbre o teor de Boro nas diversas partes das plantas

As concentrações de B nas diferentes partes das plantas aparecem no Quadro 7.

QUADRO 7 - Efeitos do teor de B da solução nutritiva sobre a concentração de B nas plantas.

Tratamento	Concentração de B (ppm)						Raíz	Caule
	Limbos e folhas			Pecíolos de folhas				
	Novas	Maduras	Velhas	Maduras	Velhas			
1 (0,0000 ppm)	6,25	8,50	9,25	-	-	-	5,00	
2 (0,0078 ppm)	7,00	9,25	13,50	-	-	14,25	5,00	
3 (0,0156 ppm)	6,75	9,25	15,50	-	8,75	16,00	6,75	
4 (0,0312 ppm)	7,25	9,25	19,75	-	10,00	19,75	6,00	
5 (0,0625 ppm)	7,25	13,50	22,00	8,75	13,00	15,75	5,75	
6 (0,1250 ppm)	11,25	13,25	31,25	10,00	24,75	19,25	6,75	
7 (0,2500 ppm)	28,50	33,25	38,50	24,75	30,75	28,50	8,00	
8 (0,5000 ppm)	39,25	41,75	49,75	31,75	29,75	26,25	9,75	
9 (1,0000 ppm)	55,30	68,75	88,49	39,00	33,00	26,50	11,00	
d.m.s. a 5%	7,74	9,94	10,04	5,55	5,36	4,68	2,99	
C.V.	17,39	17,24	13,22	11,86	12,73	10,35	17,72	

Observa-se que a concentração de B varia entre as diversas partes de uma mesma planta e até entre limbos e pecíolos de folhas correspondentes, segundo a idade fisiológica.

Os limbos das folhas velhas apresentaram teores de B mais elevados. De um modo geral, nos tratamentos suficientes em B os limbos das folhas apresentaram maiores acumulações desse nutriente, seguindo-se os pecíolos, raízes e caules. Essas observações concordam com os de Mc ILRATH & PALSER (1956), SARRUGE et al (*) e KRUGLOVA (1960). A acumulação de B nas folhas mais velhas pode ser explicada pela relativa imobilidade desse elemento nas plantas, embora SARRUGE et al (*) tivesse encontrado teores de B levemente maiores nas folhas superiores que nas inferiores de algodoeiros cultivados sob deficiência de B.

Pode-se observar que o teor de B nas folhas foi estatisticamente inferior em todos os tratamentos onde ocorrem deficiência desse nutriente que nos tratamentos onde tal deficiência não foi constatada, exceto no caso das folhas velhas em que o teor de B no

(*) Comunicação pessoal (1965)

tratamento 6 não diferiu daquele encontrado no tratamento 7. Em relação às raízes e caules, os teores de B encontrados nos tratamentos 8 e 9 superaram ao nível de 5% àquêles encontrados nos tratamentos cujas plantas exibiram carência desse nutriente.

As amplitudes das variações dos teores de B nos vários órgãos analisados decrescem na seguinte ordem: folhas velhas, folhas maduras, folhas novas, pecíolos de folhas velhas, pecíolos de folhas maduras, raízes e caules.

Entre os tratamentos em que não ocorreram sintomas de carência de B a variação do teor desse nutriente foi grande nos limbos das folhas, sendo sensivelmente menor nos pecíolos, raízes e caules.

As concentrações de B encontradas nas diferentes partes da planta, no presente trabalho, são relativamente mais baixas que aquelas encontradas na literatura.

EATON (1932) indica uma concentração de 16 ppm de B nas folhas no tratamento em que se omitiu esse elemento. No mesmo tratamento Mc ILRATH & PALSER (1956) encontraram 27 ppm nas folhas enquanto que SARRUGE et al (*) acharam 23 ppm nas folhas inferiores e 33 ppm nas superiores.

Essas concentrações parecem ligeiramente elevadas ao se considerar, como assinala NEIRINOKX (1960) que o conteúdo de B das sementes é de apenas alguns microgramas. Esse fato é constatado pelas determinações das concentrações de B das sementes efetuadas por diversos autores (HOLLEY & DULLIN, 1939; KRUGLOVA (1960); SARRUGE et al, (*). É lícito supor que nos trabalhos acima referidos de EATON (1932), de Mc ILRATH & PALSER (1956) e de SARRUGE et al (*) tenha se verificado alguma contaminação ou tratamento prévio com solução contendo B, o que é perfeitamente compreensível, uma vez que os objetivos desses autores permitiam tais ocorrências.

Parece não existir na literatura trabalhos efetuados fornecendo-se doses crescentes de B ao algodoeiro cultivado em soluções nutritivas, exceto aquele realizado por EATON (1932). Esse autor, no tratamento que continha 1 ppm de B na solução encontrou 187 ppm de B nas folhas das plantas. Estas se apresentavam menos desenvolvidas que àquêles que receberam doses de B mais elevadas.

(*) Comunicação pessoal (1965)

Tentativamente cabe comparar as concentrações intermediárias encontradas no presente trabalho com teores de B de plantas deficientes cultivadas em condições de campo.

Mc CLUNG (1961), trabalhando em solo de cerrado na região de Orlandia-Barretos obteve aumento de produção da ordem de 100% mediante a aplicação de 20 kg/ha. De borax. As plantas que não receberam esse tratamento continham 72 ppm de B nas folhas recentemente maduras, no início da floração. MIKKELSON et al (1962), aplicando a mesma quantidade de borax por hectare conseguiram aumentar a produção do algodoeiro cultivado em campos cerrados de Pirassununga, Orlandia e Matão. Tais aumentos foram da ordem de 80% sobre as testemunhas. As folhas recentemente maduras, no início da floração, continham de 14 a 31 ppm de B. Estas últimas concentrações não diferem consideravelmente daquelas encontradas neste trabalho em plantas levemente deficientes ou não deficientes.

É difícil de se comparar as concentrações de B nas folhas, encontradas neste trabalho e consideradas satisfatórias, com as apresentadas por outros autores porque as condições experimentais foram diferentes. Mc ILRATH & PALSER (1956) colheram o experimento aos 60 dias após a sementeira e utilizaram solução nutritiva contendo 5 ppm de B, que era renovada semanalmente. Nessas condições, encontraram 120 ppm de B nas folhas, 12 ppm no caule e 57 ppm nas raízes. SARRUGE et al (*) colheram o experimento no final do ciclo vegetativo das plantas, usando solução nutritiva com 0,5 ppm de B, renovada semanalmente. Concluíram que as concentrações adequadas seriam 106 ppm de B nas folhas superiores e 114 nas inferiores, 8 ppm no caule e 23 ppm nas raízes.

Em virtude de serem escassos os trabalhos realizados em soluções nutritivas para se constatar os níveis adequados de B em folhas de algodoeiro, parece interessante fazer referência aos trabalhos efetuados em condições de campo.

Mc CLUNG et al (1961) consideram que 80 ppm de B em folhas recentemente maduras, no início da floração, constitui um nível adequado.

MIKKELSON et al (1962) constataram que em diferentes solos, os níveis satisfatórios de B em folhas recentemente maduras colhidas no início da floração das plantas, oscilaram entre 25 e 58 ppm.

(*) Comunicação pessoal (1965)

SARRUGE et al (*) estudando a marcha da absorção de micronutrientes pelo algodoeiro observaram que durante o desenvolvimento das plantas o teor de B nas folhas variava entre 39 e 82 ppm e entre 25 e 75 ppm no caule.

KRUGLOVA (1960) na ocasião da colheita do algodão, encontrou 71 ppm de B nas folhas das plantas e 8,1 ppm no caule.

É curioso observar que os teores de B encontrados nas folhas por SARRUGE et al e Mc ILLRATH & PALSER (1956) correspondentes a plantas deficientes são bastante próximos dos encontrados no presente trabalho e que se referem a níveis adequados. É possível que isso seja devido ao fato de nos dois experimentos terem sido empregadas variedades diferentes de plantas ou a uma baixa absorção de cálcio (FOX & ALBRECHT, 1958; PURVIS & DAVIDSON, 1948; CHKOLNIK et al, 1956) motivada pelo fato de ter sido seguida em nosso trabalho, a técnica recomendada por ROSSEL & ULRICH (1963) modificada no que se refere ao volume da solução nutritiva utilizada por planta que possivelmente tinha sido algo reduzida.

Porém, OERTLI (1961) e SARRUGE et al (1962) não encontraram em seus trabalhos um efeito do Ca na absorção do B.

Não se deve desprezar também a possibilidade de nos tratamentos carentes em B dos trabalhos dos autores citados acima, ter ocorrido relações Ca/B nas plantas superiores as encontradas neste trabalho, porque como esclarecem diversos autores (REEVE & SHIVE, 1944; JONES & SCARSETH, 1944; DRAKE et al, 1941; MARSH & SHIVE, 1951; MAURICE & TROGMÉ, 1966) o aparecimento de sintomas de deficiência de B está mais intimamente relacionado à relação Ca/B do que propriamente ao teor deste elemento.

A seguir são apresentados as relações Ca/B encontradas nas folhas novas, maduras e velhas das plantas dos diversos tratamentos (Quadro 8).

(*) Comunicação pessoal (1965)

QUADRO 8 - Relações Ca/B encontrados nos diversos tratamentos

Tratamentos	Relação Ca/B nos limbos das folhas		
	Novas	Maduras	Velhas
1	2.600	2.470	2.367
2	1.728	1.513	2.170
3	1.911	1.427	1.870
4	1.462	929	1.427
5	1.282	681	1.250
6	826	920	950
7	370	333	768
8	305	294	474
9	212	246	351

De acôrdo com os dados expostos acima e considerando os trabalhos citados, parece lícito supor a possibilidade de ocorrência de deficiência de B em algodoeiro quando a relação Ca/B foi superior a aproximadamente 400 nas folhas novas e maduras e a 800 nas folhas velhas.

Observa-se, também, através dos dados do Quadro 8, que a relação Ca/B fornece melhores indicações que o próprio teor de B sôbre o estado nutricional do algodoeiro em relação a este micronutriente. Este fato já foi constatado por SARRUGE et al (1962) com referência ao cafeeiro.

4.4. Curvas de Calibração e Concentração Crítica

As figuras 6, 7 e 8 apresentam as curvas de calibração, isto é, as curvas que relacionam o crescimento das plantas, expressos em pêso de matéria sêca, e a concentração de B nas folhas novas maduras e velhas respectivamente.

A curva de calibração correspondente a pecíolos de folhas maduras e velhas não são apresentadas porque não foi possível a dosagem de B em todos os tratamentos por falta de material. Do mesmo modo deixaram de ser apresentadas as curvas referentes a caules e raízes porque êsses órgãos não apresentaram variações sensíveis das concentrações de B devidas aos diferentes tratamentos.

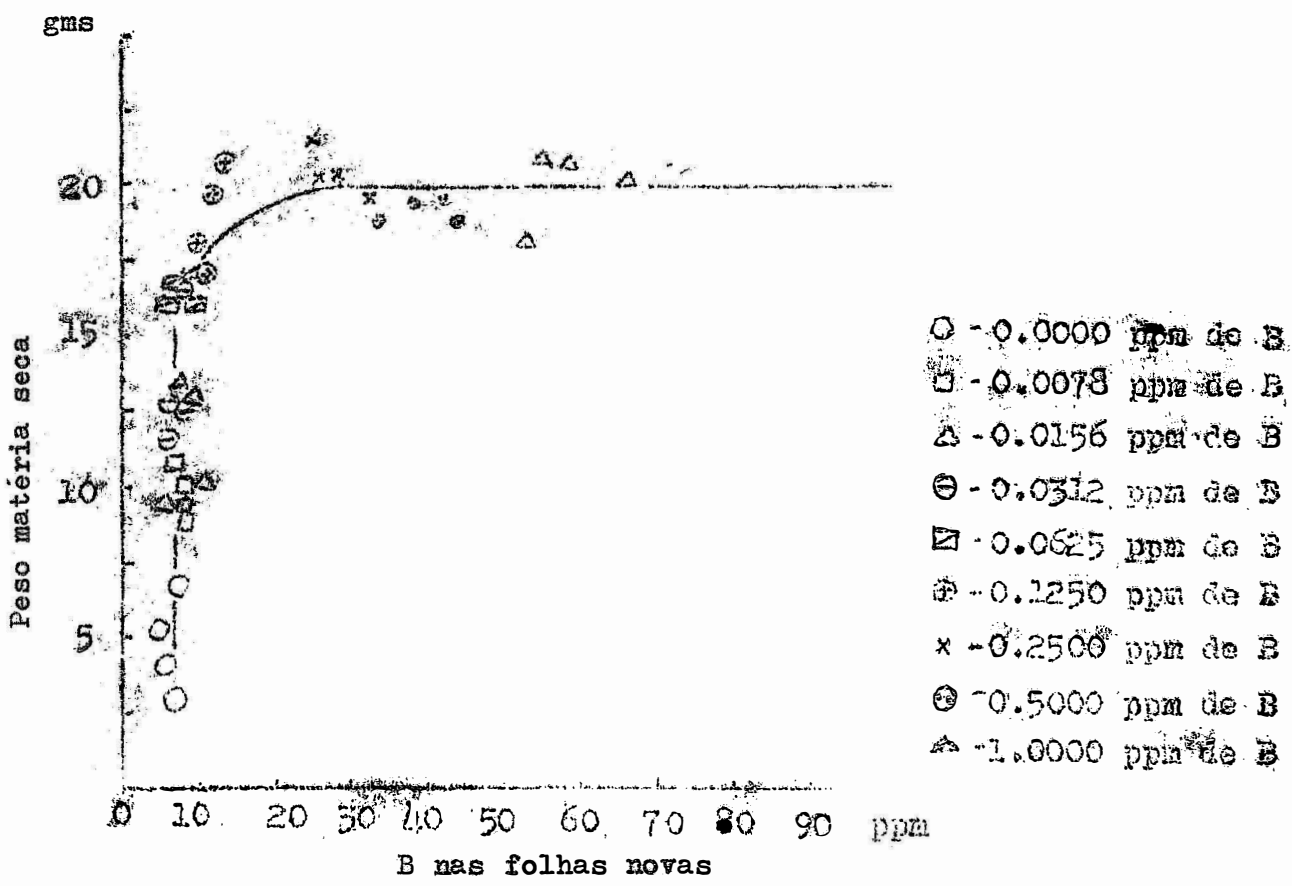


Fig. 6 - Relação entre crescimento das plantas expresso em peso da matéria seca e a concentração de B nas folhas novas.

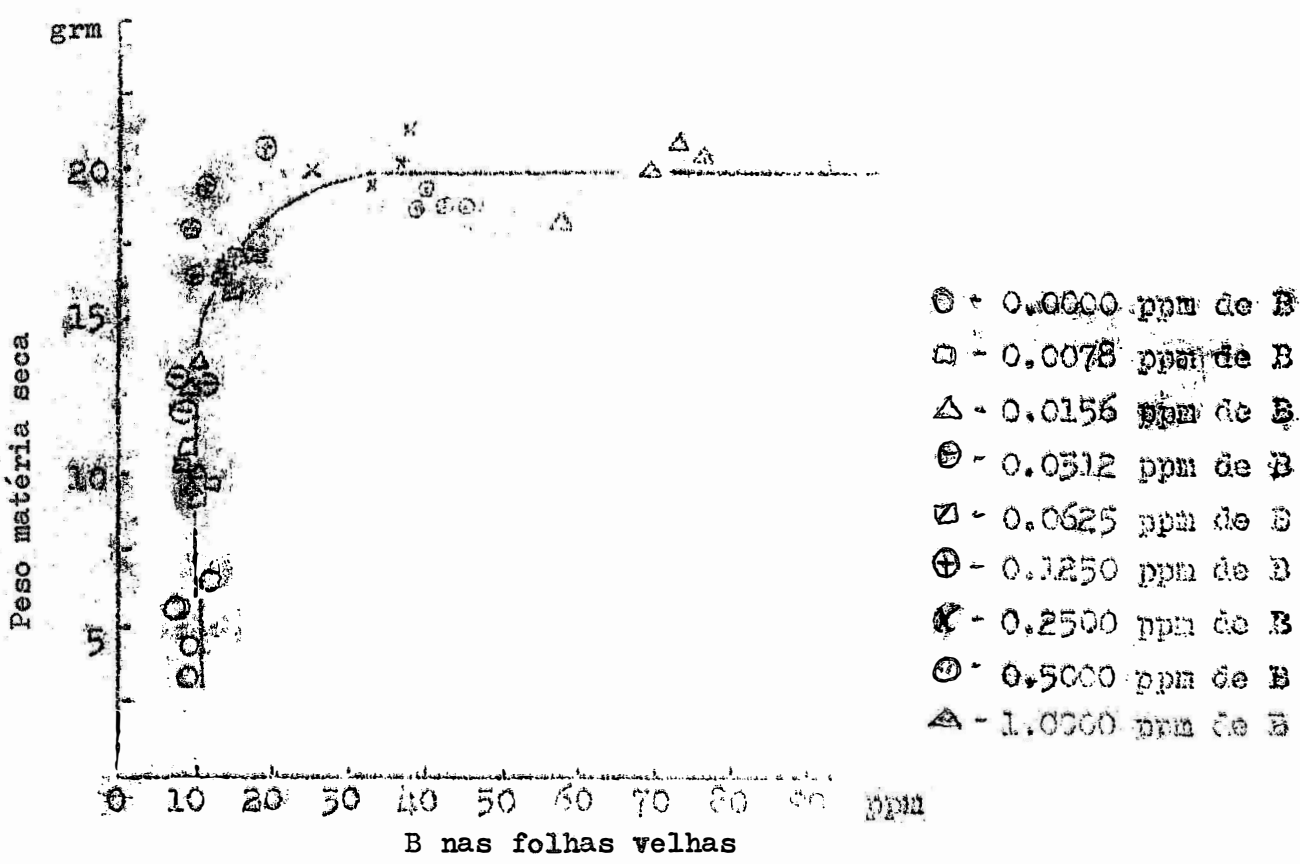


Fig. 7 - Relação entre crescimento das plantas expresso em peso da matéria seca e a concentração de B nas folhas maduras

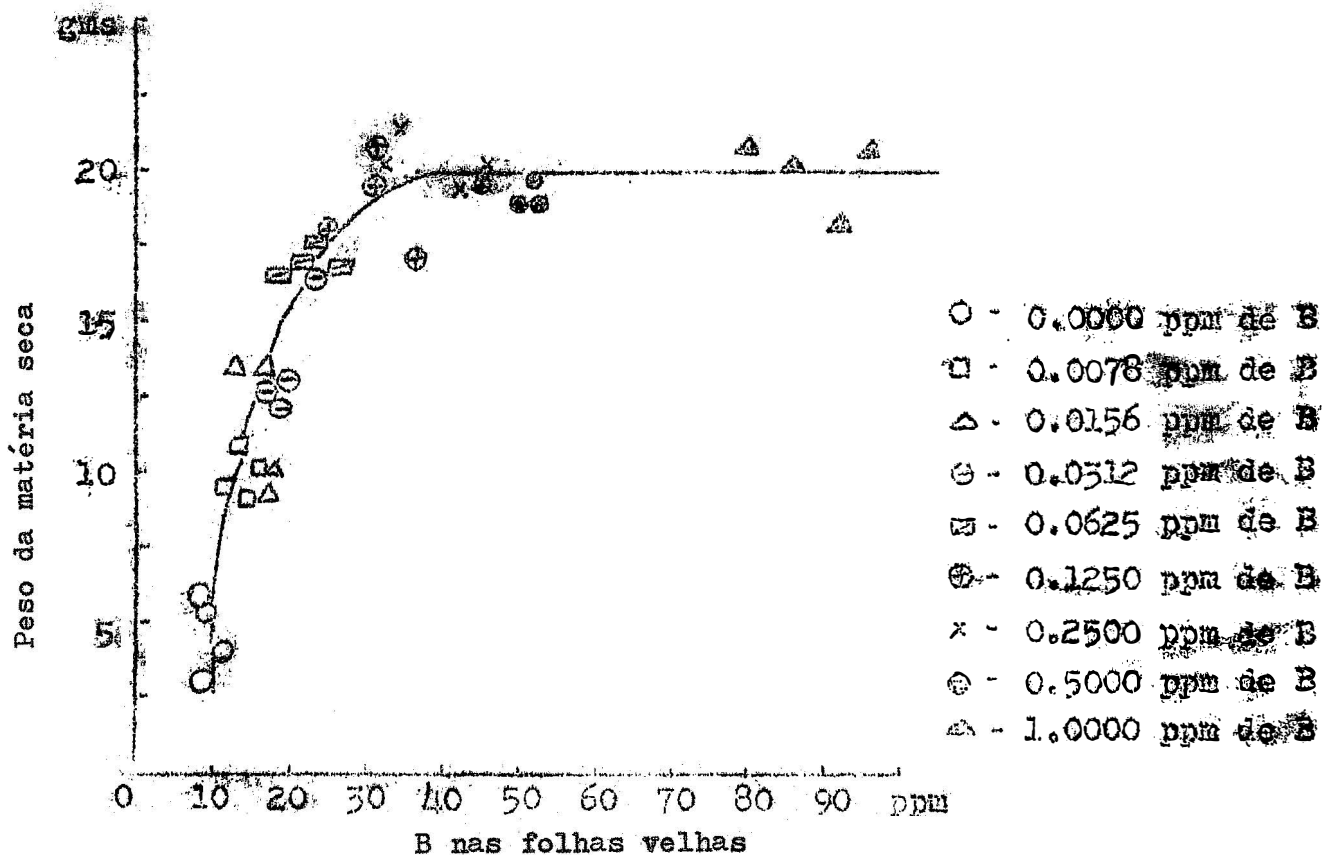


Fig. 8 - Relação entre crescimento das plantas expresso em peso da matéria seca e a concentração de B nas folhas velhas.

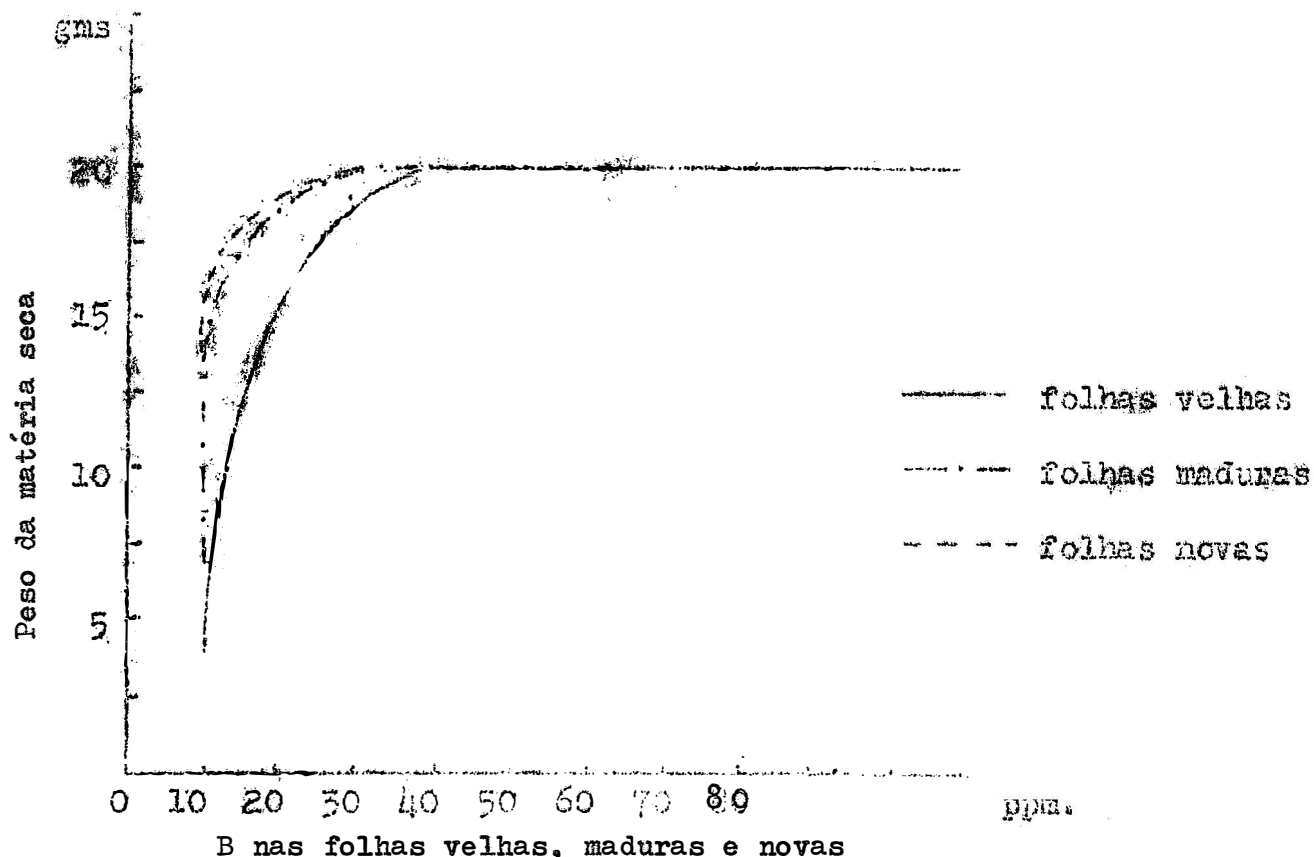


Fig. 9 - Relação entre o crescimento das plantas expresso em matéria seca e a concentração de B nas folhas velhas maduras e novas mostradas esquematicamente

Como se observa na Figura 8, na zona de deficiência correspondente às folhas velhas, há um ligeiro aumento da concentração de B em relação aos incrementos de matéria seca das plantas determinados pelos tratamentos. Contudo, como se pode verificar nas Figuras 6 e 7 os aumentos de matéria seca das plantas, não são acompanhados de elevação do teor de B nas folhas novas e maduras na referida zona.

A zona de transição é menos "aguda" na Fig. 7 (folhas maduras) que na Fig. 6 (folhas novas) e menos ainda na Fig. 8 (folhas velhas). Isso pode ser melhor observado através da Fig. 9.

A faixa das concentrações de B é mais ampla nas folhas novas e maduras que nas velhas.

Na zona de concentração adequada se verifica que aumentos da concentração de B nas soluções nutritivas são acompanhados de considerável elevação do teor desse elemento nas folhas velhas, o que é menos evidente nas folhas novas e maduras.

Considerando a concentração crítica como a concentração do elemento no tecido da planta em relação à qual se constata uma redução na produção de matéria seca de 10% da máxima (ROSSEL & ULRICH, 1964) as concentrações críticas de B estimadas para folhas velhas, maduras e novas seriam 34, 30 e 26 ppm respectivamente nas condições do presente ensaio.

ULRICH & BERRY (1961) assinalam que a parte selecionada da planta como melhor indicadora do estado nutricional em relação a um elemento dado, no momento da amostragem, deve reunir as seguintes características:

a) Estar presente em todas as plantas, em idade fisiológica comparável, durante todo o ciclo de desenvolvimento do vegetal.

b) Ter uma zona de transição relativamente "aguda" entre deficiência e abundância.

c) Ter uma ampla faixa de concentração entre deficiência e abundância.

d) Ter uma concentração crítica relativamente constante.

e) Ser relativamente fácil de amostrar.

Dos três tipos de folhas estudadas, as novas não produzem material de idade fisiológica comparável em tôdas as plantas durante todo o ciclo de desenvolvimento, enquanto as maduras e velhas produzem.

No que se refere aos itens b e c as folhas novas e maduras apresentam zonas de transição relativamente "agudas" e faixas de concentração mais amplas que as folhas velhas.

Quanto ao item d, no caso do algodoeiro, são necessários outros ensaios para verificação da constância da concentração crítica.

Com relação à facilidade de amostragem, julga-se as folhas maduras preferíveis.

As folhas maduras, portanto, reúnem as características assinaladas por ULRICH & BERRY (1961) para serem as melhores indicadores de estado nutricional das plantas com referência ao B: apresentam material de idade fisiológica comparável em tôdas as plantas durante todo o ciclo de desenvolvimento, mostram zonas de transição relativamente aguda e com amplas faixas de concentração entre deficiência e abundância e são fáceis de serem amostradas.

4.5. Efeito dos diferentes níveis de Boro das soluções nutritivas sobre os teores de Nitrogênio, Fósforo Potássio, Cálcio e Magnésio das folhas

Os teores médios de N, P, K, Ca e Mg encontrados nas folhas em função dos níveis de B das soluções nutritivas são apresentados no Quadro 9.

QUADRO 9 - Efeito dos diferentes níveis de Boro nas soluções nutritivas sobre os teores de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio das folhas

Tratamentos	N% em folhas		P% em folhas		K% em folhas		Ca% em folhas		Mg% em folhas						
	novas	velhas	novas	velhas	novas	velhas	novas	velhas	novas	velhas					
1(0.0000 ppm)	3.50	3.03	3.11	0.45	0.46	0.41	3.90	4.65	4.17	2.25	2.10	4.04	0.49	0.48	0.58
2(0.0078 ppm)	3.92	2.80 (9.63)	2.66 (10.16)	0.42	0.33 (3.29)	0.25 (2.90)	3.35	2.47 (9.05)	3.33 (10.50)	1.21	1.40 (6.75)	2.93 (9.87)	0.53	0.46 (3.88)	0.53 (4.18)
3(0.0050 ppm)	3.08	2.31 (8.47)	2.27 (9.35)	0.42	0.32 (3.26)	0.29 (3.09)	2.40	2.15 (8.54)	3.15 (10.16)	1.29	1.32 (6.58)	2.90 (9.80)	0.41	0.44 (3.81)	0.53 (4.18)
4(0.0300 ppm)	2.80 (9.62)	2.10 (8.38)	2.24 (8.67)	0.39 (3.58)	0.29 (3.12)	0.21 (2.64)	2.38 (8.86)	1.68 (7.45)	2.51 (9.05)	1.06 (5.84)	0.86 (5.33)	2.82 (9.66)	0.40 (3.61)	0.35 (3.39)	0.52 (4.13)
5(0.0600 ppm)	2.80 (9.63)	2.13 (8.40)	1.99 (8.60)	0.36 (3.47)	0.24 (2.85)	0.16 (2.30)	2.23 (8.60)	1.53 (7.12)	1.78 (7.63)	0.03 (5.52)	0.93 (5.51)	2.76 (9.53)	0.34 (3.36)	0.38 (3.44)	0.51 (4.10)
6(0.1200 ppm)	2.13 (8.40)	2.03 (8.59)	1.68 (7.44)	0.31 (3.20)	0.17 (2.41)	0.13 (2.12)	1.93 (7.89)	1.72 (7.54)	1.61 (7.28)	0.34 (5.26)	1.22 (6.32)	2.67 (9.47)	0.36 (0.30)	0.41 (3.69)	0.52 (4.13)
7(0.2500 ppm)	2.66 (9.51)	2.59 (9.24)	1.85 (7.81)	0.37 (3.51)	0.25 (2.87)	0.12 (2.18)	1.81 (7.72)	2.25 (8.62)	1.76 (7.60)	1.06 (5.88)	1.11 (6.02)	2.96 (9.89)	0.32 (3.27)	0.42 (3.72)	0.46 (4.00)
8(0.5000 ppm)	2.80 (9.63)	2.66 (9.29)	1.68 (7.43)	0.38 (3.55)	0.21 (2.67)	0.14 (2.19)	1.83 (7.73)	1.98 (8.07)	1.45 (6.89)	1.20 (6.29)	0.98 (5.70)	2.36 (8.80)	0.37 (3.50)	0.40 (3.63)	0.46 (3.89)
9(1.0000 ppm)	2.97 (9.92)	2.90 (0.82)	1.68 (7.52)	0.39 (3.60)	0.27 (3.01)	0.16 (2.28)	1.77 (7.65)	2.02 (8.17)	1.68 (7.41)	1.18 (6.23)	1.03 (5.84)	3.11 (10.14)	0.35 (3.41)	0.39 (3.59)	0.52 (4.15)
d.m.s. a 5%	1.70	0.90	1.09	0.23	0.46	0.48	1.04	1.26	1.94	0.88	1.37	1.05	0.42	0.45	0.42
C.V.	3.31%	4.46%	5.50	3.06%	6.79%	8.29%	5.77%	6.70%	9.37%	6.78%	9.74%	4.69%	5.54%	5.37%	4.42%

Por falta de material houve necessidade de se reunir as folhas novas de cada um dos tratamentos 1, 2 e 3, motivo pelo qual êsses tratamentos não foram submetidos à análise estatística. O mesmo foi feito em relação às folhas maduras e velhas do tratamento 1.

Os três primeiros tratamentos apresentaram os mais elevados teores de N, P, K, Ca e Mg, provavelmente devido ao fato de terem sofrido intensa redução e paralização do crescimento nas proximidades do vigésimo dia após o transplante.

De um modo geral, os teores encontrados de Mg e de K estão bastante próximos daqueles apresentados por EATON e ERGLE(1957) em folhas de plantas aos 30 dias após o transplante; quanto aos demais elementos, as concentrações são inferiores às determinadas por aqueles autores.

Fazendo-se uma comparação dos dados apresentados no Quadro 9, tratamentos 1, 2 e 3, com os de SARRUGE et al (1963) em relação a folhas de plantas com 45 dias, cultivadas em condições de campo, pode-se fazer as seguintes observações gerais:

- a) os teores de Mg são aproximadamente iguais;
- b) os teores de K encontrados neste trabalho são superiores;
- c) nas folhas velhas os teores de Ca são semelhantes; nas folhas novas e maduras os valores apresentados no presente trabalho são mais baixos;
- d) nas folhas novas os teores de N e P são semelhantes; nas folhas maduras e velhas são menores os apresentados neste trabalho.

Ainda em relação aos tratamentos 1, 2 e 3, as folhas velhas apresentam concentrações mais elevadas de Ca, Mg e K que as novas e maduras. Por outro lado, os teores de N e P são maiores nas folhas novas. Êsses resultados diferem pouco da citação de MALAVOLTA et al (1964, pág. 141) que indicam teores mais elevados de todos os macronutrientes, exceto N, nas folhas mais velhas.

Constata-se que, de um modo geral, as concentrações de N, P e K decrescem nos tratamentos 4, 5 e 6 em relação às concentrações encontradas nos tratamentos 1, 2 e 3. Isso provavelmente poderá ser explicado pelo fato de que as plantas dos tratamentos 4, 5 e 6 iniciaram a paralização do crescimento ao redor do trigésimo dia

após o transplante, portanto, após um período de intenso crescimento. MENDES (1960) observou que a produção de matéria seca de algodoeiros cultivados em solução nutritiva era 6 vezes maior no período compreendido entre o vigésimo e o trigésimo dia após o transplante que no período entre décimo e o vigésimo dias.

Comparando-se os teores de N, P, K, Ca e Mg encontrados nas folhas, nos tratamentos 4, 5 e 6 (Quadro 9) com os determinados por SARRUGE et al (1963) em plantas com 45 dias após a germinação observa-se o seguinte, de um modo geral:

a) os teores de N, P e K das folhas velhas, no presente trabalho, são inferiores aos apresentados por SARRUGE et al (1963), enquanto que os teores de Ca são aproximadamente iguais e os de Mg são mais elevados;

b) os teores de N, P, K, Ca e Mg apresentados pelos citados autores, são superiores aos encontrados nas folhas maduras, deste trabalho;

c) relativamente às folhas novas, as concentrações de N, P, Ca e Mg apresentadas no Quadro 9 são inferiores às relatadas por SARRUGE et al (1963); os teores de K, entretanto são algo mais elevados.

Ainda com referência aos tratamentos 4, 5 e 6 os teores de N, P e K decrescem das folhas novas para as maduras e destas para as velhas; o contrário se passa em relação ao Ca e Mg.

Examinando-se os dados no Quadro 9 constata-se que de uma maneira geral, os teores dos elementos analisados são aproximadamente iguais, comparando-se os tratamentos 4, 5 e 6 com os tratamentos 7, 8 e 9, quando se consideram folhas velhas e novas.

O mesmo se verifica com o Ca e o Mg nas folhas maduras. Nestas, contudo, os teores de N, P e de K encontrados e relativos aos tratamentos 7, 8 e 9 são superiores aos obtidos em 4, 5 e 6.

Considerando-se ainda os tratamentos 7, 8 e 9 pode-se verificar que as folhas novas apresentam concentrações mais elevadas de N e P, o K se apresenta em concentrações maiores nas folhas maduras, enquanto que os teores de Ca e Mg decrescem das folhas velhas para as novas.

De um modo geral, pode-se constatar que os teores de N e de P cresceram das folhas velhas para as novas e que aquelas são

bastante inferiores aos encontrados na literatura, sugerindo que houve translocações desses elementos; o mesmo se pode supor tenha ocorrido com o K a partir do tratamento 4. Isso permite pensar que as soluções nutritivas empregadas tenham sido algo deficientes em N, P e K. Parece, também, lícito supor que devido aos danos ocorridos no sistema radicular nos três primeiros tratamentos as plantas tivessem se tornado incapazes de absorver N, P e K normalmente. Daí os teores menores desses elementos nas folhas velhas, que não seria razoavelmente explicado pela diluição das soluções nutritivas de vez que o desenvolvimento das plantas também foi menor.

No que se refere ao Ca cumpre observar (Quadro 9) que, exceto no tratamento 1, os teores encontrados nas folhas novas e maduras são mais baixos que os citados na literatura. Também se pode verificar que as concentrações desse elemento são maiores nas folhas velhas que nas demais. Essas observações parecem indicar que as soluções empregadas possivelmente tenham sido algo deficientes em Ca, de vez que, devido à relativa imobilidade desse elemento, não houve apreciável translocação para as folhas novas e maduras, como ocorreu com o N, o P e o K.

Relativamente ao Mg as concentrações encontradas nos três tipos de folhas são semelhantes às encontradas na literatura, embora as folhas mais velhas, neste trabalho, tenham apresentado teores mais elevados que as maduras e novas.

Pode-se constatar, através do Quadro 9, que os efeitos das concentrações crescentes de B nas soluções nutritivas, foram no sentido de reduzir os teores de N, P, K, Ca e Mg das folhas, possivelmente devido a um efeito de diluição.

Não foi observado o efeito sinérgico de B sobre a absorção do Ca pelas plantas. (MINARIK & SHIVE, 1939).

5. CONCLUSÕES

1. Sintomas morfológicos de deficiência de B foram observados com intensidade decrescente do tratamento em que o elemento foi omitido àquêle em que foi adicionado na concentração de 0.1250 ppm.

2. As principais alterações anatômicas observadas nas folhas devido à deficiência de B foram a acumulação de amido e a má formação dos elementos do xilema.

3. Constatou-se efeito marcante de B sobre o crescimento das plantas, notadamente das raízes. Do mesmo modo, a variação dos teores de B das soluções nutritivas afetaram de maneira muito acentuada o teor do referido elemento nas plantas.

4. As amplitudes das variações dos teores de B nos vários órgãos analisados decresceram na seguinte ordem: folhas velhas, folhas maduras, folhas novas, pecíolos de folhas velhas, pecíolos de folhas maduras, raízes e caules.

5. As relações Ca/B nas folhas forneceram melhores indicações sobre o estado nutricional das plantas em relação a este micronutriente que é a própria concentração de B.

6. As concentrações críticas de B nas folhas, foram estimadas do seguinte modo:

folhas velhas	34 ppm na matéria seca
folhas maduras	30 ppm na matéria seca
folhas novas	26 ppm na matéria seca

7. As folhas maduras se mostraram as mais convenientes para indicar o estado nutricional das plantas com referência ao B.

8. Os efeitos das concentrações crescentes de B nas soluções nutritivas foram no sentido de reduzir os teores de N, P, K, Ca e Mg das folhas. Não foi observado o efeito sinérgico do B sobre a absorção de Ca pelas plantas.

9. Duas sugestões podem ser apresentadas à vista dos resultados obtidos:

a) Colheram-se as plantas quando cerca de 50% das mesmas apresentarem sintomas de deficiência de B;

b) Utilizar maior volume de solução nutritiva por vaso (em vez de 1,5 litros) ou reforçar as soluções em todos os nutrientes, exceto o B, ao redor dos 15 dias (em vez de 30) após o transplante.

6. RESUMO

Sementes de algodoeiro (Gossypium hirsutum L, var. I.A.C. 12) foram germinadas e as plantas delas provenientes foram cultivadas em vasos de polietileno contendo 1,5 litros de soluções nutritivas com teores de B que variavam de 0 a 1 ppm.

Aos 40 dias após o transplante foram descritas as alterações morfológicas e anatômicas ocorridas devido à deficiência de B. A seguir as plantas foram colhidas e separadas em diversos órgãos, que foram secos em estufa e submetidos à análise química para determinação dos teores de B, N, P, K, Ca e Mg.

Os sintomas morfológicos de deficiência de B foram observados com intensidade decrescente do tratamento em que o elemento foi omitido àquêle em que foi adicionado na concentração de 0,12 ppm.

As principais alterações anatômicas observadas nas folhas devido à deficiência de B foram a acumulação de amido e a má formação dos elementos do xilema.

Constatou-se notável efeito das doses de B das soluções nutritivas sobre o crescimento das plantas e sobre o teor desse elemento nas mesmas.

As folhas maduras se mostraram as mais convenientes para indicar o estado nutricional das plantas com referência ao B. As concentrações críticas desse nutriente nas folhas foram estimados do seguinte modo:

folhas velhas	34 ppm na matéria seca
folhas maduras	30 ppm na matéria seca
folhas novas	26 ppm na matéria seca

SUMMARY

Cotton seedlings (Gossypium hirsutum L., var. IAC 12) were cultivated in polietilene containers with 1,5 liters of nutrient solution without boron. The serie of treatment consisted of no addition to the level of 1.0 ppm of boron in the nutrient solution.

At forty days the plants were harvested and separated in leaves (olds matures and news), petioles, stems and roots. Leaves deficiency symptoms were described and anatomical alteration were observed. The content in D, N, P, K, Ca and Mg were determined in the parts of the plants cited above.

Deficiency symptoms and anatomical alteration were observed from none to 0.12 ppm of boron in the solution.

The mature leaves are the most sensitive tissue to indicate the nutrition status in boron.

The critical levels founded in the leaves are:

old leaves	34 ppm in dry matter
mature leaves	30 ppm in dry matter
new leaves	26 ppm in dry matter

7. LITERATURA CITADA

- BERGER, K.C. 1949 - Boron in soil and crops. Advances of Agronomy I.: 321-351.
- CHOLNIK, M.I., M.M.STEKLOVA, N.A. MAKAROVA, N.V.KOVALIEVA, et A.N. GRETCHISTCHEVA, 1956.- Role physiologique du bore chez les plantes. p. 69-86. In Analyse des Plantes et Problemes de fumures minerales. I.R.H.O. Paria. p. 410.
- DIBLE, W.T., E.TROOG and K.C.BERGER 1954.- Boron determination in soils and plants. Simplified curcumin procedure. An. Chem. 26(2): 418-421.
- DONALD, L. - Nutrient deficiencies in cotton. In Hunger Signs in Crops. ed. H.S.Sprague. 3^a edit. Published by David Mc Kay Cia. N.Y. U.S.A. p. 461.
- DRAKE, M., D.H. SIELING and G.C.SCARSETH, 1941. - Calcium Boron rates as an important factor in controlling. the boron starvation of plant. Journ. Am.Soc.Agron. 33(4):454-462.
- EATON, F.M. 1932 - Boron requirements of cotton. Soil Science. 34(4): 301-305.
- EATON, F.M. and D.E.ERGLE, 1957. Mineral nutrition of the cotton plant. Plant Phys. 32(3): 169-175.
- FOX, L.R. and W.A.ALBRECHT 1958 - Calcium-Boron interaction. Univ. Missouri, Coll.Agric., Agric.Exp.Sta, Res.Bull. 663.
- HEWITT, E.J., 1963 - Essential nutrient elements for plants. In Plant Physiology. ed. F.C.Steward vol. III Academic Press, N.J. and London, p. 809.
- HOAGLAND, D.R. and D.I. ARNON, 1950 - The water culture method for growing plants without soil. Calif. Agric. Exp. Station, Calif., Circ. 347.

- HOLLEY, K.T. and T.G.DULLIN, 1939 - Influence of Boron on flower-bud development in cotton. J.Agric. Res. 59:541-548.
- JONES, E.H., and G.D.SCARSETH. 1944 - The calcium boron balance in plants as related to boron needs. Soil Sci. 57(1): 14-24.
- KUGLOVA, M.A., 1960 - Usbek.Biol.Zhur. n° 5: 55-60 In Chem.Abst. 54:9184(3).
- LANCASTER, J.D. 1964 - Boron and others trace elements requirements for cotton. Missi.Agric.Exp.Sta. (mimeo).
- LANCASTER, J.D., B.C.MURPHY, B.C.MURTH, B.C.ARNOLD, R.E.COATS, R.C. ALBRITTON, and L.WALTON, 1962 - Miss.State Univ.Agric. Exp.Sta., Bull. 635.
- LOTT, W.L., J.P.NERY, J.R.GALLO, J.C.MEDCALF., 1956 - A técnica da análise foliar aplicada ao cafeeiro. Inst.Agron. Camp. Boletim 79, Campinas. S.P.
- MALAVOLTA, E. 1957 - Practicas de Química Orgânica e Biológica - Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", Piracicaba, S.P.
- MALAVOLTA, E. e P.PIMENTEL GOMES, 1961 - Foliar Diagnosis in Brazil. In Plant Analyses and fertilizers problems. ed. W.Reuther. Public. 8. Am.Inst.Biol.Sci., Washington 6.D.C. U.S.A.
- MALAVOLTA, E., H.P.HAAG, F.A.F.Mello e M.O.C.Brasil Sobº, 1964 - La nutricion mineral de algunas cosechas tropicales. ed. Inst.Inter n.Pot. Berna, 14, Suissa p. 163.
- MARSH, R.P. and J.W.SHIVE, 1941 - Boron as a factor in the calcium metabolism of the corn plant. Soil Sci. 51:141-151.
- MAURICE, J. et S.TROCMÉ, 1965 - Observations sur le bore dans le sol et dans les plants. Ann.Agron. 16(5):579-593.

- Mc CLUNG, A.C., L.M.M.de Frietas, D.S.Mikkelson et W.L.Lott, 1961 - A adubação do algodoeiro em solos de campo cerrado no estado de São Paulo. Inst.de Pesquisas, IRI. Boletim 27.
- Mc ILRATH, W.J. and B.F.PALSER, 1956. - Response of tomate, turnip and cotton to variations in boron nutrition. I.Physiological Response. Bot. Gaz. 118(1):43-52.
- MENDES, C.H., 1960 - Nutrição do algodoeiro. II Absorção Mineral por plantas cultivadas em soluções nutritivas. Bragançtia 19(28):435-458.
- MIKKELSEN, D.S., L.M.M. de FREITAS e A.C. Mc CLUNG, 1963 - Efeitos da calagem e adubação na produção de algodão, milho e soja em três solos de campo cerrado. Instituto de Pesquisa IRI. Boletim 29.
- MINARIK, C.L., and J.W.SHIVE 1939 - The effect of boron in the substrate on calcium accumulation by soybean plants. Am. Journ. Bot. 26:727-831.
- NEIRINCKX, L.J.A. 1960 - Etudes de effets de la carence borique sur le cottonnier. Ann.Phys.Veg., Univ.Bruux. V(1):1-18.
- NEW JERSEY AGRICULTURAL EXPERIMENTAL STATION 1937 - Boron deficiency studies. Range of concentrations for normal growth. 58th Ann.Report 87-8. In Bibliography of the minor elements. vol. I:229(6) Comp.and publ. by Chilean Nitrate Educational Bureau, N.J. U.S.A. p. 1086.
- NEW JERSEY AGRICULTURAL EXPERIMENTAL STATION 1937, Level of the boron supply in relation to nitrogen metabolism in cotton 58th. Ann.Report 84-5. In Bibliography of the minor elemtns vol. I:230(1) Comp. and publ. by Chilean Nitrate Educational Bureau, N.J. USA. p.1086.
- OERTLI, J.J. 1961 - Der Einfluss von Kalium und Calcium ant die Borernahrung von Pflanzen. Zeit Pflanzener. Dung. Bodenk. 94(1):1-8.

- PALSER, B.F. and W.J. Mc ILRATH, 1956 - Responses of tomato, turhrip and cotton to variation in boron nutrition. II. Anatomical Responses Bot. Gaz. 118(1): 43-52.
- PREVOT, P. and M.OLLAGNIEV, 1956. Methods d'utilization da diagnostie foliares. p.177-190. In Analyse des Plantes et problems de mineraies. I.R.H.O. Paris. p. 410.
- PURVIS, R.E. and O.W.DAVIDSON. 1948 - Review of the Relation of Ca to availability and absorption of certain trace elements by plants. Soil Science 65(1):111-116.
- REEVE, E. and J.W.SHIVE. 1944 - Potassium-boron and calcium boron relationships in plant nutrition Soil. Sci.57(1):1-14.
- ROSSEL, R.A. and A.ULRICH. 1964 - Critical concentration of Zn in sugar beets. Soil Sci. 97(3):152-167.
- SARRUGE, J.R., L.GOMES, H.P.HAAG e E.MALAVOLTA, 1963 - Estudos sôbre a alimentação mineral do algodoeiro. I. Marcha de absorção dos macronutrientes. Anais da E.S.A." Luiz de Queiroz". XIX.14-23.
- SARRUGE, J.R., J.D.P.ARZOLLA, H.P.HAAG, W.R.ACCORSI e E.MALAVOLTA, 1962 - Estudos sôbre a alimentação do cafeeiro. IV Relações cálcio boro e potasseo boro em coffea arabica L. Var Mundo Novo. Nota prévia. Apresentado no I Cong.Lat. Ciência do Solo, Mendoza, Argentina.
- SCRIPTURE, P.N. and J.P.Mc HARGUE, 1945 - Boron supply in relation to carbohidrate metabolism and distribution in radish. J. Am. Soc. Agron. 37:360-364.
- TOTH, S.J., A.L.PRINCE, A.WALLACE and D.S.MIKKELSEN, 1948 - Rapid quantiative determination of 8 mineral elements in plant tissue by a sistematic procedure involving of a flame photometer. Soil Sci. 66:459-466.
- ULRICH, A. 1948 - Plant Analysis. In Diagnostic techniques for soils and crops. Public. by the American Potash Institute. Washington, D.C. USA.

- ULRICH, A. 1952 - Physiological basis for assessing the nutritional requirements of plants. Amer. Rev. Plant Phys. 3:208-228.
- ULRICH, A. and W.L. BERRY, 1961 - Critical phosphorus levels for bean growth. Plant Phys. 36:626-632.
- VILLA LOBOS-DOMINGUEZ C. y J.VILLALOBOS, 1947 - Atlas de los colores Libreria El Ateneo. B.Aires. Argentina.
- WADLEIGH, C.H. and J.W.SHIVE 1939 - A microchemical study of the effect of boron deficiency in cotton seedlings. Soil Sci. 47:33-36.
- WHITE-STEVENSON, R. 1938 - Carbohydrate metabolism in relation to boron nutrition. Proc. Am.Soc. Hort. Sci. 36:537-543.