

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FIBRA DO ALGODOEIRO  
(*Gossypium hirsutum* L.) EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOLIAR COM  
NITRATO DE POTÁSSIO.**

**JOÃO PAULO TEIXEIRA WHITAKER**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Doutor em Agronomia  
- Área de concentração em Agricultura.

BOTUCATU - SP  
Agosto - 2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FIBRA DO ALGODOEIRO  
(*Gossypium hirsutum* L.) EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOLIAR COM  
NITRATO DE POTÁSSIO**

**JOÃO PAULO TEIXEIRA WHITAKER**

Orientador: Prof. Dr. Ciro Antonio Rosolem

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Doutor em Agronomia  
- Área de concentração em Agricultura.

BOTUCATU - SP  
Agosto – 2003

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Ciro Antonio Rosolem, pela orientação constante e amiga.

Aos Professores e funcionários da FCA/UNESP, especialmente do Departamento de Produção Vegetal-Agricultura e do Laboratório de Análises Químicas-Agricultura.

Aos colegas do curso pelo incentivo, colaboração e amizade.

Ao Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio dos Grãos e Fibras-CEGRAFI do Instituto Agrônomo de Campinas-IAC, através do Engº Agrº Milton Geraldo Fuzatto e Engº Agrº Luiz Henrique Carvalho pelas análises do capulho e da fibra do algodão.

Aos produtores Engº Agrº Mirto Sgavioli Júnior (Faz. Santa Catarina) e Roberto Fernandes Lopes (Faz. Cachoeira e Montanha) pela cessão das áreas agrícolas e apoio, sem as quais não seria possível a realização deste estudo.

A Stoller do Brasil Ltda. pelo fornecimento do fertilizante nitrato de potássio.

Aos funcionários do Núcleo de Produção de Sementes de Bauru pela contribuição na condução destes experimentos.

A todos, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS .....	VI
LISTA DE FIGURAS .....	X
1 RESUMO .....	01
2 SUMMARY.....	03
3 INTRODUÇÃO .....	05
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	09
4.1 O potássio na planta.....	09
4.1.1 Absorção, transporte e redistribuição do potássio .....	09
4.1.2 Funções do potássio na planta .....	13
4.1.3 A qualidade da fibra e do fio de algodão.....	16
4.1.4 Necessidade e teor adequado de potássio no algodoeiro.....	19
4.1.5 Deficiência de potássio no algodoeiro.....	25
4.2 Adubação potássica do algodoeiro .....	34
4.2.1 Adubação foliar.....	40
4.3 O nitrogênio na planta.....	48
4.3.1 Absorção, transporte e redistribuição do nitrogênio .....	48
4.3.2 Funções do nitrogênio na planta.....	51
4.3.3 O nitrogênio e a qualidade da fibra do algodão .....	52
4.3.4 Necessidade e teor adequado de nitrogênio no algodoeiro .....	52
4.3.5 Deficiência de nitrogênio no algodoeiro.....	54
4.4 Adubação nitrogenada do algodoeiro.....	56
4.4.1 Adubação foliar.....	60
5 MATERIAL E MÉTODOS .....	63
5.1 Primeiro ano de experimentação (1999-2000) .....	65
5.2 Segundo ano de experimentação (2000-2001) .....	68
5.3 Análise de variância.....	71

6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	74
6.1	Primeiro ano de experimentação (1999-2000) .....	74
6.1.1	Local: Fazenda Cachoeira, Pederneiras-SP .....	74
6.1.2	Local: Fazenda Montanha, Boracéia-SP.....	98
6.2	Segundo ano de experimentação (2000-2001) .....	107
7	CONCLUSÕES .....	116
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Dados geodésicos dos locais de instalação dos experimentos. ....  
..... Pág. 63
- Tabela 2 - Esquema dos tratamentos com  $\text{KNO}_3$  aplicado via foliar nas Fazendas Cachoeira (Pederneiras-SP) e Montanha (Boracéia-SP), em 1999/2000 ..... Pág. 65
- Tabela 3 - Temperatura (T) e Umidade Relativa do ar (UR) registradas no campo durante as pulverizações nas fazendas Cachoeira (Pederneiras-SP) e Montanha (Boracéia-SP), no ano 1999-2000. .... Pág. 66
- Tabela 4 - Análise química do solo da Fazenda Cachoeira. (Pederneiras-SP, 1999/2000). .... Pág. 66
- Tabela 5 - Análise química do solo da Fazenda Montanha. (Boracéia-SP, 1999-2000)

.....	Pág. 66
Tabela 6 - Esquema dos tratamentos com nitrato de potássio aplicado via foliar nas parcelas com, e sem, cobertura potássica, na fazenda “Santa Catarina” (Boracéia-SP, 2000/2001). .....	Pág. 69
Tabela 7 - Temperatura (T) e Umidade Relativa do ar (UR) registradas no campo durante as pulverizações na fazenda “Santa Catarina” (Boracéia-SP, 2000/2001). Pág. 69	
Tabela 8 - Análise química do solo. Fazenda Santa Catarina, Boracéia-SP, (2000-2001). Pág. 70	
Tabela 9 - Esquema da análise de variância dos dados obtidos nos testes de avaliação da qualidade da fibra, teor de potássio em tecidos, mapeamento de estruturas da planta e produtividade, para comparação conjunta dos 10 tratamentos. (Pederneiras e Boracéia-SP 1999/2000). .....	Pág. 71
Tabela 10 - Esquema da análise de variância dos dados obtidos nos testes de avaliação da qualidade da fibra, teor de potássio em tecidos, mapeamento de estruturas da planta e produtividade, para a dose de 16 kg ha <sup>-1</sup> . (Pederneiras e Boracéia-SP, 1999/2000). .....	Pág. 71
Tabela 11 - Esquema da análise de variância dos dados obtidos nos testes de avaliação da qualidade da fibra, teor de potássio em tecidos, mapeamento de estruturas da planta e produtividade, para a dose de 32 kg ha <sup>-1</sup> . (Pederneiras e Boracéia-SP, 1999/2000). .....	Pág. 72
Tabela 12 - Esquema da análise de variância dos dados obtidos pelo mapeamento de estruturas da planta uma semana após término das pulverizações, contrastando tratamentos e testemunha. (Pederneiras e Boracéia-SP, 1999/2000). .....	Pág. 72
Tabela 13 - Esquema da análise de variância na comparação entre as 2 parcelas referentes à adubação de cobertura (com e sem), no segundo ano de experimentação (Boracéia-SP, 2000/2001). .....	Pág. 72
Tabela 14 - Esquema da análise de variância na comparação entre as 5 épocas do início da pulverização foliar com KNO <sub>3</sub> , dentro de cada parcela (com e sem cobertura), no segundo ano de experimentação (Boracéia-SP, 2000/2001) .....	Pág. 73

Tabela 15 - Número de nós por planta de algodão, avaliado uma semana após o término dos tratamentos com  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000). Pág. 76

Tabela 16 - Número de nós acima do ramo mais baixo do algodoeiro que continha, no mínimo, um fruto, avaliado uma semana após o término dos tratamentos com  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000). ..... Pág. 79

Tabela 17 - Características do mapeamento do algodoeiro, na primeira colheita, sem influência da aplicação foliar de  $\text{KNO}_3$ , na análise comparativa dos 10 tratamentos. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000). ..... Pág. 80

Tabela 18 - Características produtivas do algodoeiro, na primeira colheita sem influência da aplicação de  $\text{KNO}_3$  via foliar, na análise comparativa dos 10 tratamentos. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000). ..... Pág. 90

Tabela 19 - Características produtivas do algodoeiro, na segunda colheita, sem influência da aplicação de  $\text{KNO}_3$  via foliar, na análise comparativa dos 10 tratamentos. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000). ..... Pág. 90

Tabela 20 - Características da fibra do algodão, provenientes da primeira colheita, analisadas por instrumento HVI, sem efeito significativo da aplicação foliar de  $\text{KNO}_3$ . Fazenda Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000). ..... Pág. 92

Tabela 21 - Características da fibra do algodão, provenientes da segunda colheita, analisadas por instrumento HVI, sem efeito significativo da aplicação foliar de  $\text{KNO}_3$ . Fazenda Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000). ..... Pág. 92

Tabela 22 - Rendimento de fibra do algodão em função da adubação potássica foliar e em cobertura. Faz. St<sup>a</sup> Catarina, Boracéia-SP (2000-2001). ..... Pág. 108

Tabela 23 - Características produtivas do algodoeiro sem influência significativa da aplicação de potássio em cobertura e foliar. Fazenda Santa Catarina, Boracéia-SP (2000-2001). ..... Pág. 108

Tabela 24 - Alongamento à ruptura da fibra do algodão, analisado por instrumento HVI, em função da adubação potássica foliar e em cobertura. Fazenda St<sup>a</sup> Catarina, Boracéia-SP (2000-2001). ..... Pág. 109

Tabela 25 - Índice de fiabilidade da fibra do algodão, analisado por instrumento HVI, em função da adubação potássica foliar e em cobertura. Fazenda St<sup>a</sup> Catarina,

- Boracéia-SP (2000-2001)..... Pág. 110
- Tabela 26 - Grau de reflexão (brilho) da fibra do algodão, analisado por instrumento HVI, em função da adubação potássica foliar e em cobertura. Fazenda St<sup>a</sup> Catarina, Boracéia-SP (2000-2001)..... Pág. 110
- Tabela 27 - Grau de amarelamento da fibra do algodão, analisado por instrumento HVI, em função da adubação potássica foliar e em cobertura. Fazenda St<sup>a</sup> Catarina, Boracéia-SP (2000-2001)..... Pág. 111
- Tabela 28 - Características da fibra do algodão analisadas por instrumento HVI, sem influência significativa da adubação potássica (foliar ou em cobertura). Fazenda St<sup>a</sup> Catarina, Boracéia-SP (2000-2001)..... Pág. 112
- Tabela 29 - Teor de K na folha e maçã do algodoeiro, aos 94 dias após emergência. Fazenda St<sup>a</sup> Catarina, Boracéia-SP (2000-2001). ..... Pág. 113
- Tabela 30 - Teor de K na folha e maçã do algodoeiro aos 108 dias após emergência, em função da adubação potássica foliar e em cobertura. Fazenda St<sup>a</sup> Catarina, Boracéia-SP (2000-2001)..... Pág. 114

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Número de nós por planta de algodão, avaliado uma semana após o término dos tratamentos com 16 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).....Pág. 75

Figura 2 - Número de nós por planta de algodão, avaliado uma semana após o término dos tratamentos com 32 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).....Pág. 75

Figura 3 - Altura do ramo reprodutivo mais baixo do algodoeiro que continha, no mínimo, um fruto, avaliada uma semana após o término dos tratamentos com 16 kg ha<sup>-1</sup>

- de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000). .....Pág. 77
- Figura 4 - Altura do ramo reprodutivo mais baixo do algodoeiro que continha, no mínimo, um fruto, avaliada uma semana após o término dos tratamentos com  $32 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000). .....Pág. 77
- Figura 5 - Número de nós acima do ramo mais baixo do algodoeiro que continha um fruto, avaliado uma semana após o término dos tratamentos com  $16 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000). .....Pág. 78
- Figura 6 - Número de nós acima do ramo mais baixo do algodoeiro que continha um fruto. Avaliações feitas uma semana após o término dos tratamentos com  $32 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000). .....Pág. 78
- Figura 7 - Número de ramos reprodutivos do algodão, por ocasião da 1ª colheita, em função dos tratamentos com  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000). .....Pág. 79
- Figura 8 - Quantidade de frutos retidos no algodoeiro em relação ao total de sítios frutíferos, por ocasião da 1ª colheita, em função dos tratamentos com  $16 \text{ kg ha}^{-1}$   $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).Pág. 81
- Figura 9 - Quantidade de frutos abortados nas primeiras posições dos ramos reprodutivos do algodoeiro, por ocasião da 1ª colheita, em função dos tratamentos foliares com  $16 \text{ kg ha}^{-1}$   $\text{KNO}_3$ . Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000). Pág. 82
- Figura 10 - Distribuição de capulhos nos ramos reprodutivos do algodoeiro, por ocasião da 1ª colheita, em função dos tratamentos (2 e 3) com  $16 \text{ kg ha}^{-1}$   $\text{KNO}_3$ , via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000). .....Pág. 83
- Figura 11 - Distribuição de capulhos nos ramos reprodutivos do algodoeiro, por ocasião da 1ª colheita, em função dos tratamentos (4 e 5) com  $16 \text{ kg ha}^{-1}$   $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000). .....Pág. 84
- Figura 12 - Distribuição de capulhos nos ramos reprodutivos do algodoeiro, por ocasião da 1ª colheita, em função dos tratamentos (6 e 7) com  $32 \text{ kg ha}^{-1}$   $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000). .....Pág. 85
- Figura 13 - Distribuição de capulhos nos ramos reprodutivos do algodoeiro, por ocasião da 1ª colheita, em função dos tratamentos (8 e 9) com  $32 \text{ kg ha}^{-1}$   $\text{KNO}_3$  via

- foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000). .....Pág. 86
- Figura 14 - Distribuição de capulhos nos ramos reprodutivos do algodoeiro, por ocasião da 1ª colheita, em função do tratamento (10) com 32 kg ha<sup>-1</sup> KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).....Pág. 87
- Figura 15 - Quantidade de capulhos no algodoeiro, por ocasião da 1ª colheita, em função dos tratamentos com KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000). Pág. 87
- Figura 16 - Quantidade de frutos retidos entre o 1º e o 5º ramo reprodutivo do algodoeiro, em relação ao total de sítios frutíferos existentes nestes ramos, por ocasião da 1ª colheita, em função dos tratamentos foliares com KNO<sub>3</sub>. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).....Pág. 88
- Figura 17 - Produtividade do algodão em caroço, em função dos tratamentos com KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000). .....Pág. 89
- Figura 18 - Uniformidade de comprimento da fibra do algodão, por ocasião da 1ª colheita, em função dos tratamentos com KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).....Pág. 91
- Figura 19 - Grau de amarelamento da fibra do algodão, por ocasião da 2ª colheita, em função dos tratamentos com KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).....Pág. 91
- Figura 20 - Teor de K nas folhas do algodoeiro aos 88 dias após a emergência, em função tratamentos foliares com KNO<sub>3</sub>. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).  
Pág. 93
- Figura 21 - Teor de K nas folhas do algodoeiro uma semana após o término dos tratamentos com 16 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).....Pág. 94
- Figura 22 - Teor de K nas folhas do algodoeiro uma semana após o término dos tratamentos com 32 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).....Pág. 94
- Figura 23 - Teor de K nas maçãs do algodoeiro uma semana após o término dos tratamentos com 16 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).....Pág. 96

Figura 24 - Teor de K nas maçãs do algodoeiro uma semana após o término dos tratamentos com 32 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).....Pág. 96

Figura 25 - Número de nós por planta de algodão, avaliado uma semana após o término dos tratamentos com 16 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Montanha, Boracéia-SP (1999-2000).....Pág. 99

Figura 26 - Número de nós por planta de algodão, avaliado uma semana após o término dos tratamentos com 32 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Montanha, Boracéia-SP (1999-2000).....Pág. 99

Figura 27 - Altura do ramo reprodutivo mais baixo do algodoeiro com, no mínimo, um fruto, avaliada uma semana após o término dos tratamentos com 16 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Montanha, Boracéia-SP (1999-2000)..Pág. 101

Figura 28 - Altura do ramo reprodutivo mais baixo do algodoeiro com, no mínimo, um fruto, avaliada uma semana após o término dos tratamentos com 32 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Montanha, Boracéia -SP (1999-2000)..... .Pág.101

Figura 29 - Número de nós acima do ramo mais baixo do algodoeiro com, no mínimo, um fruto, avaliado uma semana após o término dos tratamentos com 16 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Montanha, Boracéia -SP (1999-2000).Pág. 102

Figura 30 - Número de nós acima do ramo mais baixo do algodoeiro com, no mínimo, um fruto, avaliado uma semana após o término dos tratamentos com 32 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Montanha, Boracéia-SP (1999-2000)..Pág. 102

Figura 31 - Teor de K nas folhas do algodoeiro aos 88 dias após a emergência, em função dos tratamentos com KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Montanha, Boracéia-SP (1999-2000). Pág. 103

Figura 32 - Teor de K nas folhas do algodoeiro uma semana após o término dos tratamentos com 16 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Montanha, Boracéia-SP (1999-2000). Pág. 105

Figura 33 - Teor de K nas folhas do algodoeiro uma semana após o término dos tratamentos com 32 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Montanha, Boracéia-SP (1999-2000). Pág. 105

Figura 34 - Teor de K nas maçãs do algodoeiro uma semana após o término dos tratamentos com 16 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Montanha, Boracéia-SP (1999-

2000). Pág. 106

Figura 35 - Teor de K nas maçãs do algodoeiro uma semana após o término dos tratamentos com  $32 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Montanha, Boracéia-SP (1999-2000). Pág. 106

Figura 36 - Produtividade do algodão em caroço, em função das adubações potássicas foliares e em cobertura. Faz. Santa Catarina, Boracéia-SP (2000-2001).....Pág. 107

## 1. RESUMO

Uma nutrição adequada é essencial para que a cultura do algodoeiro possa conseguir ótima produção com qualidade de fibra, portanto, as deficiências minerais, como a de potássio, devem ser evitadas. O uso da adubação foliar com nitrato de potássio na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) tem se mostrado uma técnica promissora por suprir potássio, de forma suplementar, no período de maior demanda, corrigindo eventuais deficiências. Com o objetivo de se avaliar a produção e seus componentes, e a qualidade da fibra do algodão em função do uso foliar de  $\text{KNO}_3$ , foram realizados três experimentos com a variedade ‘DeltaOpal’ durante dois anos. No primeiro ano os tratamentos consistiram de aplicações semanais de  $8 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  durante duas (dose de  $16 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ou quatro (dose de  $32 \text{ kg ha}^{-1}$ ) semanas a partir do florescimento, alterando o início da pulverização. No segundo ano, o experimento foi dividido em duas áreas, uma que não recebeu e outra que recebeu  $31 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  em cobertura, e em ambas parcelas

foram realizadas 4 aplicações semanais foliares com  $8 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  (total de  $32 \text{ kg ha}^{-1}$ ), alterando-se as datas do início das pulverizações a partir da 1ª semana do florescimento. Os resultados mostraram que o uso de  $\text{KNO}_3$  via foliar não causou alteração significativa nos parâmetros de produtividade, peso de um capulho, peso de cem sementes, número total de capulhos por planta, número total de nós por planta; nem nas características principais de qualidade da fibra como finura, resistência, comprimento, maturidade e micronaire, nos dois anos de estudo. No segundo ano, sob condições de clima seco e baixa produtividade, o teor de K na folha foi significativamente alterado pelo uso foliar de  $\text{KNO}_3$ , mas o teor de K na maçã não se alterou; a adubação com K em cobertura provocou redução significativa no rendimento da fibra, no índice de fiabilidade e no brilho, e aumento do grau de amarelamento da fibra do algodão.

YIELD AND COTTON FIBER QUALITY IN FUNCTION OF FOLIAR FERTILIZATION WITH POTASSIUM NITRATE. Botucatu, 2003. 140p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: JOÃO PAULO TEIXEIRA WHITAKER

Adviser: CIRO ANTONIO ROSOLEM

## 2. SUMMARY

Proper plant nutrition is essential for optimal cotton productivity and fiber quality, therefore, the mineral deficiencies should be avoided. The use of the foliar-applied  $\text{KNO}_3$  in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) has shown a promising technique by supplying potassium, in a supplemental way, in the period of larger demand, correcting eventual deficiencies. With the objective of evaluating the yield and their components, and the quality of the cotton fiber in function of the foliar-applied  $\text{KNO}_3$ , three experiments were accomplished with variety 'DeltaOpal' for two years. In the first year the treatments consisted of weekly applications of  $8 \text{ kg ha}^{-1}$  of  $\text{KNO}_3$  during two (total of  $16 \text{ kg h}^{-1}$ ) or four (total of  $32 \text{ kg ha}^{-1}$ ) weeks starting from the flowering, altering the beginning of the applications. In the second year, the experiment was divided in two areas, one that it didn't receive and another that received  $31 \text{ kg ha}^{-1}$

<sup>1</sup> K<sub>2</sub>O after planting, and in both portions 4 weekly applications were accomplished with 8 kg ha<sup>-1</sup> of the foliar-applied KNO<sub>3</sub> (total of 32 kg ha<sup>-1</sup>), from the beginning of the applications, starting from 1st week of the flowering. The results showed that the use of foliar KNO<sub>3</sub> didn't cause significant alteration in the productivity parameters, weight of a bolls, weight of a 100 seeds, number of bolls per plant, number of nodes per plant; nor in the main characteristics of quality of the fiber as fineness, strength, length, maturity and micronaire, in the two years. In the second year, with conditions of dry weather and low productivity, the concentration of K in the leaf was significantly altered by the use of foliar KNO<sub>3</sub>, but the content of K in the bolls didn't change; the fertilization with K after planting caused significant reduction in the lint percent, in the spinning index and in the bright (Rd), and increase of the yellow (+b) fiber-color component of the cotton.

---

Keywords: cotton, mineral nutrition, foliar fertilization, cotton fiber, potassium nutrition, potassium nitrate.

### **3. INTRODUÇÃO**

Com a mudança de perfil da cotonicultura nacional, passando de um sistema produtivo totalmente manual para o mecanizado, houve necessidade dentro da cadeia têxtil de uma rápida melhoria da qualidade da matéria prima visando atender as necessidades da indústria nacional. Dentro da cadeia têxtil, o setor de fiação e tecelagem é o que tem maior índice de modernização de equipamentos nos últimos anos. Para os novos sistemas de fiação, as características de qualidade da fibra mais importantes são: a resistência, finura (micronaire), comprimento e pureza (BARBOSA e NOGUEIRA JÚNIOR, 2001).

O algodão, que representa cerca de 60% do consumo industrial

de fibras têxteis no Brasil, tem sua produtividade e qualidade de fibra influenciada por diversos fatores: nutricionais, genéticos, clima, solo, técnicas culturais, pragas, doenças, etc. Chiavegato et al. (1999) indicaram que os fatores do ambiente são mais importantes na determinação da produção e da qualidade das fibras do algodão do que a própria genética do algodoeiro. Assim, a interferência no ambiente, pela aplicação das técnicas de fertilização, pode causar melhoria da produção e da qualidade da fibra do algodão.

O K é um nutriente tão requerido pelo algodoeiro quanto o N, podendo ser extraído do solo a taxas de até  $5,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  durante a fase de florescimento e frutificação (CASSMAN, 1993). Se cada quilo de fibra produzida requer absorção de cerca de 0,13 kg de K (KERBY e ADAMS, 1985; SILVA et al., 1995; SILVA, 1998; 1999), uma lavoura de algodão de alta produtividade ( $2000 \text{ kg ha}^{-1}$  de fibra) pode retirar mais de  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  de K do solo. Cerca de 65% do K exigido é absorvido do solo entre o início da floração e a maturidade (THOMPSON, 1999). A maçã, incluindo a sua casca, é o dreno dominante para o K dentro da planta (KAFKAFI, 1992; KERBY e ADAMS, 1985; ROSOLEM e MIKKELSEN, 1991).

As funções do K na planta estão relacionadas com a ativação de inúmeras enzimas envolvidas, por exemplo, com os processos da síntese de carboidratos, da síntese de proteínas e na ativação da bomba de prótons nas membranas; esta última função não só facilita o transporte do  $\text{K}^+$  da solução do solo para as células das raízes, como também faz do K o elemento mineral mais importante para os processos de extensão e osmorregulação celular. Além disso, o transporte de sacarose através do floema é influenciado pelo K (MARSCHNER, 1995).

A deficiência de K também pode causar perdas na produção e na qualidade da fibra do algodão. O sintoma típico de deficiência de K, que ocorre antes do pico do florescimento do algodão, é observado inicialmente nas folhas mais velhas do terço inferior da planta e consiste no amarelamento mosqueado dessas folhas que muda para numerosos pontos marrons nas pontas, nas margens e entre

nervuras. A ponta da folha e a margem curvam-se para baixo a medida em que o tecido continua a morrer. Finalmente, toda a folha toma a cor de ferrugem, quebradiça e cai prematuramente, paralisando o desenvolvimento dos frutos, resultando em frutos anões e imaturos, alguns dos quais podem não abrir (OOSTERHUIS, 2001; THOMPSON, 1999). A planta carente apresenta ciclo curto, antecipando a maturação dos frutos (SILVA et al., 1995) e causando decréscimo na produção de fibras, no peso das sementes e maçãs (PETTIGREW et al., 1992). Em muitos solos, entretanto, a disponibilidade de K é suficiente até o pico do florescimento, quando começa um rápido acúmulo de matéria seca nos frutos, assim, o suprimento pelo solo não atende ao aumento da demanda e uma deficiência tardia de potássio aparece (CASSMAN, 1993). Após o pico do florescimento, os sintomas de deficiência de K aparecem primeiro nas novas folhas maduras do terço superior da planta, e são similares aos sintomas que ocorrem antes do pico de florescimento (THOMPSON, 1999). À medida que a deficiência de K se torna severa, há uma grande redução na retenção dos frutos localizados nas últimas posições dos ramos (CASSMAN et al., 1989), e uma queda prematura das folhas pode acontecer (BENNETT et al., 1965; SILVA, 1999). Rosolem e Bastos (1997) citam que a presença de botões nos nós mais altos da planta de algodão, em plantas com deficiência de K, leva a dedução que esta deficiência estaria relacionada à retenção dos botões e não a sua diferenciação e aparecimento.

O K é importante para o desenvolvimento e a qualidade da fibra (CASSMAN et al., 1990), sendo o nutriente mais abundante na sua composição (KAFKAFI, 1992). A deficiência de K resulta em menor crescimento da fibra (DHINDSA et al., 1975) e menor deposição de celulose na parede secundária das fibras, podendo causar decréscimos na resistência, maturidade, micronaire, alongamento, comprimento, perímetro e uniformidade (BENNETT et al., 1965) e produção de fibras mortas, imaturas, que não colorem durante o processo de tingimento (THOMPSON, 1999).

Casos de deficiência de K em algodoeiro têm ocorrido mesmo

em solos com alto teor de K, e tem sido relacionada com: a) uso de variedades altamente produtivas, de rápida maturação, com menor capacidade de armazenar K antes do florescimento; b) decréscimo da atividade radicular durante a frutificação; c) mudanças nas práticas culturais (aumento no uso do N e reguladores de crescimento); d) baixa quantidade de K aliada à fixação de K no solo; e) estresse hídrico (CASSMAN et al., 1989; CHANG & OOSTERHUIS, 1995; COKER e OOSTERHUIS, 1999).

O potássio, na forma de  $\text{KNO}_3$ , tem sido aplicado via foliar com a finalidade de corrigir, ou prevenir, com maior rapidez e eficiência, a deficiência de K, evitando perdas na produção (OOSTERHUIS et al., 1990) e na qualidade da fibra (CASSMAN et al., 1990). A diminuição do pH da solução de pulverização de  $\text{KNO}_3$  de 9,4 (original) para 4,0 pode aumentar a eficiência da adubação foliar (CHANG E OOSTERHUIS, 1995; HOWARD et al., 1998).

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência da adubação foliar com  $\text{KNO}_3$  na produção e seus componentes e na qualidade da fibra do algodoeiro, variedade DeltaOpal.

## **4. REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1 O potássio na planta**

#### **4.1.1 Absorção, transporte e redistribuição do K**

Conforme Grassi Filho (2000), o potássio no solo pode ser encontrado: na rede cristalina (entre 90,0 a 98,0% do total do potássio encontrado no solo), fazendo parte de diversos minerais que deram origem aos solos como os

feldspatos, micas e argilas micáceas; fixado (1,0 a 10,0 % do total), imobilizado pelas lâminas de argila tipo 2:1 (vermiculita e montmorilonita); trocável, adsorvido aos colóides do solo; solúvel, presente na solução do solo na concentração média de 0,8 mmol l<sup>-1</sup>; na matéria orgânica (0,5 a 2,0% do total). A fração do potássio ‘trocável’ mais ‘solúvel’ perfaz cerca de 1,0 a 2,0% do total encontrado no solo (GRASSI FILHO, 2000; POTAFÓS, 1998).

Armstrong (1998) assinala que o potássio é o sétimo elemento mais abundante na crosta terrestre, sendo que os solos agrícolas podem ter entre 2,2 a 33,6 t ha<sup>-1</sup> de K nos 15 cm superficiais. Entretanto, a maioria dos solos só contém cerca de 10 kg ha<sup>-1</sup>, ou menos, de potássio na sua solução, em equilíbrio com o potássio trocável (POTAFÓS, 1998).

A forma predominante do potássio encontrado nos colóides e na solução do solo é a iônica, K<sup>+</sup>. O contato com a raiz da planta se dá principalmente por difusão (72% do total absorvido), seguido pelo fluxo de massa (25%) e pela interceptação radicular (3%). A absorção do K do solo é um mecanismo ativo, contra o gradiente de concentração (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA et al., 1989).

Diferenças na eficiência de absorção do K do solo por diferentes genótipos de algodoeiro foram associadas às diferenças no diâmetro médio radicular (superfície) e à capacidade de crescimento radicular após o pico do florescimento (BROUDER e CASSMAN, 1990).

O K<sup>+</sup> é relativamente imóvel no solo, movendo-se até a superfície da raiz primariamente por difusão (SILBERBUSH e BARBER, 1983, citados por BROUDER E CASSMAN, 1994), portanto, raízes que tem maior diâmetro e comprimento (maior superfície) podem explorar um maior volume de solo, favorecendo a aquisição de potássio. O sistema radicular do algodoeiro é conhecido por ter baixa densidade no solo, e a competição pelo K entre raízes é desprezível (GULICK et al., 1989, citados por BROUDER e CASSMAN, 1994), entretanto, a taxa de difusão de K<sup>+</sup> no solo decresce à medida que o potencial hídrico do solo

declina, dificultando sua absorção (KUCHENBUCH et al., 1986; VAIDYANATHAN et al., 1968, citados por BROUDER e CASSMAN, 1994). Brouder e Cassman (1994) indicaram que o diâmetro radicular é uma característica determinada geneticamente, e que as variedades que são eficientes na exploração de K do solo são aquelas que mostram maior desenvolvimento radicular, entretanto, Taylor e Klepper (1978) consideram que as características radiculares podem ser modificadas pelo ambiente do solo.

Bolan et al. (1999), citam que a adsorção do  $K^+$  é determinado pela superfície de cargas negativas do solo. A fixação do  $K^+$  nas argilas do tipo 2:1 é devido ao seu posicionamento entre as camadas da argila. A adsorção de  $K^+$  no solo é altamente influenciada pela presença de  $Ca^{2+}$  na solução do solo. Assim, a calagem, ao inserir grande quantidade de  $Ca^{2+}$  na solução do solo, provoca uma diminuição da adsorção de  $K^+$  devido à diminuição da densidade de cargas, que é resultante do aumento da seletividade do  $Ca^{2+}$  sobre o  $K^+$ . Entretanto, se houver uma diminuição na concentração de  $Ca^{2+}$  na solução do solo, devido a uma percolação, não haverá competição do  $K^+$  com o  $Ca^{2+}$  e, portanto, o aumento de cargas negativas causado pela calagem, promoverá uma maior retenção do  $K^+$ . Em condições naturais, onde a maior parte do  $Ca^{2+}$  é perdido da solução do solo, a calagem pode não necessariamente causar um aumento da lixiviação do  $K^+$  adicionado por subseqüentes adubações. É possível, entretanto, que a calagem possa levar ao desprendimento de outros cátions já presentes no solo e então induzir lixiviação se existir um fluxo de água.

Rosolem et al. (1999) mostraram que a absorção de K por unidade de comprimento radicular do algodoeiro (cv. IAC 22) foi favorecida pela fertilização de P até a dose de  $100 \text{ mg kg}^{-1}$ . Citam ainda que a conhecida interação entre o Ca e K pode ser benéfica para aquisição de K pela planta quando o baixo nível de P no solo está limitando o processo de absorção. O efeito sinérgico do  $Ca^{2+}$  sobre a absorção do  $K^+$  no solo só é verificado quando o cálcio se encontra em baixa

concentração na solução (Malavolta et al., 1989).

A absorção foliar de potássio se dá através de poros existentes na cutícula cerosa que protege a parede celulósica das células foliares. É improvável que solutos possam ser absorvidos diretamente pelos estômatos, pois uma camada de cutícula também cobre as células-guarda na cavidade estomatal. Além disso, a taxa de absorção de íons provenientes de pulverizações foliares, é normalmente maior à noite, quando os estômatos estão fechados, do que durante o dia, quando os estômatos estão abertos. A taxa de absorção mineral foliar declina com a idade da folha devido à diminuição da atividade metabólica, ao aumento da permeabilidade da membrana (permitindo lixiviação de íons do vacúolo e citoplasma para o apoplasto), e um aumento da espessura da cutícula, (MARSCHNER, 1995).

Ao contrário da absorção radicular, a absorção foliar de potássio é diretamente influenciada pela luz, que favorece a produção de energia (ATP) necessária ao mecanismo ativo de absorção. Normalmente, a absorção foliar de elementos minerais não é estimulada pela luz, e pode até ser deprimida por causa da secagem mais rápida da solução pulverizada sobre a folha, devido a temperatura durante o dia ser maior (MARSCHNER, 1995).

Tanto no floema como no xilema, o potássio caminha na forma iônica ( $K^+$ ), com grande mobilidade (GRASSI FILHO, 2000; MALAVOLTA et al., 1989; MARSCHNER, 1995), sendo o nutriente mais facilmente lavável (até 80 % pode ser lixiviado pela chuva ou irrigação) (GRASSI FILHO, 2000).

Durante a fase inicial de crescimento, o dreno principal para o K são as folhas e o caule do algodoeiro, e após a frutificação o dreno passa a ser a casca do fruto. Aproximadamente um terço do total do potássio é absorvido num período de 12 a 14 dias começando com o pico do florescimento. Sessenta e cinco por cento do total do potássio é absorvido entre o início do florescimento até a maturidade da planta de algodão (THOMPSON, 1999).

Fageria et al. (1997), citam que a casca do fruto do algodoeiro

acumula potássio continuamente durante seu desenvolvimento, chegando a um teor de 5,5% na maturidade. A fibra acumula minerais durante as cinco primeiras semanas do desenvolvimento, mas perde a maioria deles durante as três últimas semanas. O potássio, embora apareça em quantidade negligível, é o nutriente mineral mais abundante na fibra do algodão. A semente contém cerca de 0,95% de K, 3,7% de N e 0,55% de P. Até a abertura do capulho, 90% do N acumulado pelo fruto passará para a semente.

Para Coker e Oosterhuis (1999), o K é o cátion mais abundante (80% do total) nas células do floema, no citoplasma celular e na fibra do algodoeiro.

Cassman (1993) reporta que o fruto do algodoeiro, incluindo sua casca (parede do carpelo), as sementes e as fibras são os drenos dominantes para K, N e P dentro da planta. A máxima demanda ocorre após o início da fase de florescimento, à medida que ocorre um rápido desenvolvimento dos frutos. A taxa de absorção requerida para suprir a demanda depende da carga de frutos, mas numa produtividade entre média a alta, o pico da taxa de absorção pode variar entre 3,3 a 5,6 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para o K; 2,2 a 6,7 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de N; e entre 0,3 a 0,8 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de P.

Kafkafi (1992) monitorou a capacidade de absorção do KNO<sub>3</sub> (radioisótopo <sup>42</sup>K) pelas folhas do algodoeiro e sua translocação na planta na fase de formação das maçãs. Demonstrou-se que o potássio absorvido pela folha foi translocado principalmente para a gema apical e para as maçãs em crescimento, dentro de 20 horas da aplicação, Enfatizando que os órgãos em desenvolvimento são um forte dreno para o potássio proveniente da folha.

#### **4.1.2 Funções do potássio na planta**

O potássio, ao lado do nitrogênio, é um dos elementos mais extraídos pelas plantas, mas difere do primeiro por não entrar na composição química

de compostos específicos, atuando como um elemento catalisador de reações na plantas (GRASSI FILHO, 2000).

Thompson (1999) reporta que o potássio é um elemento vital para o algodoeiro, sendo essencial para o crescimento, embora suas funções exatas não são conhecidas. As funções conhecidas são relacionadas à ativação de cerca de 60 sistemas enzimáticos, envolvidos em diversos processos como a fotossíntese, translocação e balanço iônico.

Oosterhuis (2001) cita que o potássio está envolvido integralmente no metabolismo e nas relações hídricas da planta, embora não seja constituinte de nenhum componente conhecido na planta. Sua função primária é de ativação de mais 60 reações enzimáticas, envolvidas nos processos de fotossíntese, respiração, metabolismo de carboidratos, translocação e síntese de proteínas. O potássio equilibra as cargas dos ânions, influenciando sua absorção e transporte. Promove a manutenção do potencial osmótico e da absorção de água, pela atuação na abertura estomatal. Uma importante função do K está na fotossíntese por aumentar diretamente o crescimento foliar e o índice de área foliar e, portanto, a assimilação de CO<sub>2</sub>. O potássio aumenta a translocação de fotoassimilados da folha. No algodão, o potássio tem uma função particularmente importante no desenvolvimento da fibra e sua escassez resultará no empobrecimento da qualidade da fibra, diminuindo sua produção.

Silva et al. (1994), consideram que o potássio, ao proporcionar a manutenção da folhagem e regularizar o ciclo do algodoeiro, favorece a deposição da celulose nas paredes internas da fibra, melhorando o índice micronaire (finura mais maturidade). O comprimento médio das fibras é menos favorecido, mas o número de fibras mais curtas (uniformidade de comprimento) diminui, permitindo confecção de fios mais resistentes.

Marschner (1995) reporta que o K é o cátion mais abundante no citoplasma e, juntamente com seu ânion acompanhante, contribui com a manutenção do

potencial osmótico das células. Devido à alta concentração no citossol e cloroplastos das células, o potássio pode neutralizar ânions macromoleculares (solúveis ou não) estabilizando o pH entre 7 e 8 nestes compartimentos, valor ótimo para a maioria das reações enzimáticas.

Inúmeras enzimas são dependentes ou são estimuladas pelo potássio. Por exemplo, o potássio está envolvido com os processos enzimáticos da síntese de carboidratos, da síntese de proteínas e na ativação da bomba de prótons nas membranas; esta última função não só facilita o transporte do  $K^+$  da solução do solo para as células das raízes, como também faz do potássio o elemento mineral mais importante para os processos de extensão e osmorregulação celular (MARSCHNER, 1995).

Há duas maiores exigências para a expansão celular: um aumento na extensibilidade da parede celular, e um acúmulo de solutos para criar um potencial osmótico interno. O potássio tem uma função essencial nesse processo, pois, ao acumular-se no vacúolo da célula, promove a estabilização do pH do citoplasma e o aumento do potencial osmótico do vacúolo. Também, com relação à regulação osmótica, o K está diretamente envolvido no mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, devido promover mudanças na pressão de turgor das células-guarda (MARSCHNER, 1995). Dhindsa et al. (1975) reportaram que o potássio, juntamente com o malato, atuam como solutos osmorreguladores, sendo responsáveis por gerar mais de 50% da pressão de turgor necessária para o crescimento da fibra de algodão.

A fotossíntese é afetada pelo potássio em diversos níveis. Por exemplo, o potássio favorece o fluxo de  $H^+$  através da membrana dos tilacóides e cria, conseqüentemente, o gradiente de pH que governa a síntese de ATP. O processo de fixação de  $CO_2$  também é afetado pelo K (MARSCHNER, 1995).

O transporte de sacarose através do floema é influenciado pelo K, pois atua na manutenção de um alto pH nas células do floema necessário para o carregamento de sacarose, contribuindo também com a manutenção do potencial

osmótico dessas células e, portanto, da taxa de transporte de fotoassimilados da fonte para o dreno (MARSCHNER, 1995).

A função do K no balanço catiônico é refletido no metabolismo do nitrato, no qual o  $K^+$  é o contra-íon dominante para  $NO_3^-$  no transporte em longa distância pelo xilema, tanto quanto para a armazenagem no vacúolo. Em consequência da redução do  $NO_3^-$  nas folhas, o potássio remanescente requer uma síntese estequiométrica de ácidos orgânicos para balancear as cargas e o pH; parte deste malato de potássio recém formado pode ser translocado às raízes para utilização como contra-íon do  $NO_3^-$  nas células radiculares e para o transporte pelo xilema (MARSCHNER, 1995).

Yamada (2002) cita que o  $K^+$  está envolvido na síntese de proteína, no transporte do nitrato (das raízes para a parte aérea das plantas), e no transporte do malato (das folhas para as raízes). Nas raízes, o malato transportado pelo  $K^+$  é descarboxilado para piruvato e  $HCO_3^-$ , e o  $HCO_3^-$  pode ser trocado pelo  $NO_3^-$ , aumentando o pH na rizosfera. O funcionamento desse modelo de absorção e transporte de N, depende da adequada concentração de K no solo.

#### **4.1.3 A qualidade da fibra e do fio de algodão**

Chiavegato et al. (1999), em estudos com quatro variedades de algodoeiro em 40 ambientes, durante três anos, concluíram que a influência do ambiente nas características de produção e de qualidade da fibra foi, em geral, muito superior à de cultivar. Dessa forma, a grande variação nas características da fibra são devidas ao ambiente, independentemente da variedade. Melhorias no ambiente não resultam, necessariamente, em melhorias na qualidade da fibra e do fio, garantindo somente a capacidade genética das variedades para a qualidade da fibra. A variedade, somente, não garante a boa qualidade da fibra a ser produzida, mas depende também da interação do genótipo com o ambiente. Dentre as características da fibra, o índice

micronaire e a maturidade foram as que variaram mais sob influência do ambiente. A única característica da fibra que mostrou correlação de dependência com a produção foi o comprimento da fibra, para todos os cultivares, embora a existência ou não de correlações, quer entre si ou com a produção, é extremamente dependente das condições ambientes e da maior ou menor interação com os genótipos.

A qualidade da fibra do algodão é sensivelmente influenciada pelas condições climáticas, sendo que a época de semeadura é a prática cultural que mais interfere nas características das fibras e do fio. Assim, semeaduras extemporâneas (janeiro e fevereiro) provocaram redução da qualidade da fibra, com menores valores de comprimento, resistência e micronaire, mas o alongamento não foi alterado (BOLONHEZI et al., 1999).

Bradow e Davidonis (2000) reportam que o comprimento da fibra é considerado genótipo-dependente, mas as flutuações do ambiente de crescimento, resultantes das variações sazonais e anuais do clima e aquelas induzidas pelas práticas culturais e aplicação de insumos, modulam a amplitude e a média do comprimento das fibras nos experimentos, num fardo e no campo.

No trabalho de revisão elaborado por Bradow e Davidonis (2000), ficou demonstrada a contraditória relação entre as características da fibra e a nutrição mineral por causa dos efeitos das interações entre genótipos, clima e condições de solo. Kerby e Adams (1985) também reportaram a contraditória relação da nutrição potássica sobre a produção e a qualidade da fibra do algodão.

Têm sido demonstrada uma relação positiva entre o suprimento de K para as plantas de algodão e o comprimento da fibra e a espessura da parede secundária na maturidade, importantes características da qualidade da fibra (BENNETT et al., 1965; CASMMAN et al., 1990).

O potássio desempenha um importante papel no desenvolvimento e na qualidade da fibra (Cassman et al., 1990), sendo o nutriente mineral mais abundante na sua composição (Kafkafi, 1992).

Pettigrew e Meredith (1992) encontraram que plantas deficientes de K apresentaram diminuição de 18% no índice de área foliar, aumento de 16% no peso específico da folha, diminuição de 7% no índice micronaire da fibra (sem alteração do perímetro). Notou-se que, sob deficiência de K, ocorre uma menor deposição de celulose na parede secundária da fibra, causando decréscimo na maturidade e micronaire.

A quantificação do comprimento das fibras é relativamente simples e reproduzível e por isso é (junto com o índice micronaire) uma das propriedades mais pesquisadas. Outras características da fibra são menos facilmente quantificadas e os dados resultantes não são facilmente entendidos ou analisados estatisticamente. Isto é verdade para a medida de resistência, que vem se tornando uma propriedade fundamental devido às mudanças nas técnicas de fiação (BRADOW e DAVIDONIS, 2000).

A maioria das características da fibra está diretamente relacionada com as propriedades físicas do fio. A transformação da indústria têxtil, visando aumentos de produtividade e qualidade do produto final, envolve o processo de modernização das fiações, com a implementação dos filatórios a rotor em substituição aos convencionais (BARBOSA e NOGUEIRA JÚNIOR, 2001).

Comparados com os convencionais, o filatório a rotor possui uma capacidade cinco vezes maior, portanto mais econômica, entretanto, produz um fio entre 15 e 20 % mais fraco, comparando-se fios de mesma espessura (BRADOW e DAVIDONIS, 2000). Nesse contexto, o comprimento da fibra não será a propriedade mais importante para a moderna fiação, e sim a finura e a resistência (BRADOW e DAVIDONIS, 2000; BARBOSA e NOGUEIRA JÚNIOR, 2001). Para a fiação convencional, as propriedades de comprimento e uniformidade de comprimento, seguidas pela resistência e finura da fibra, permanecem como as mais importantes para a determinação da resistência do fio produzido (PATIL e INGH, 1995, citados por BRADOW e DAVIDONIS, 2000).

Com relação aos aspectos qualitativos da fibra, a característica do comprimento influencia o valor econômico por determinar a resistência do fio e proporcionar tecidos mais finos (BARBOSA e NOGUEIRA JÚNIOR, 2001). Entretanto, com a modernização das fiações, visando o aumento de produtividade e qualidade do produto final, o comprimento da fibra não será uma das características mais importantes nos novos princípios de fiação, e sim a finura e a resistência (BARBOSA e NOGUEIRA JÚNIOR, 2001; BRADOW e DAVIDONIS, 2000).

O desenvolvimento da fibra do algodão dura cerca de 45 a 60 dias (da antese até abertura do capulho) e inclui quatro estágios: iniciação, alongamento, síntese da parede secundária e maturação (KIM e TRIPLETT, 2001).

Durante a fase de alongamento da fibra, há o desenvolvimento de uma fina parede celular primária, que é expansível, e ao final desta fase, a fibra terá determinado seu comprimento. As fibras atingem o máximo comprimento cerca de 25 dias após fertilização (OOSTERHUIS, 1999). Antes do final da fase de alongamento (cerca de 16 dias após antese), há o início da fase de deposição de celulose sobre a parede primária, formando a parede secundária, ocorrendo um espessamento da fibra, continuando até a abertura do capulho. Devido a uma sobreposição de fases, as fibras estão simultaneamente alongando e depositando a parede secundária. Assim, o diâmetro e, portanto, o perímetro e a finura da fibra do algodão não são fixados durante a iniciação da fibra, mas mudam de forma dinâmica, durante o desenvolvimento da fibra. O diâmetro pode ser alterado por condições ambientais como seca, causando fibras curtas com diâmetro aumentado (SEAGULL, et al., 2000).

A geração da pressão de turgor é o mecanismo que governa a expansão celular nas fibras do algodão (WILKINS, 1992, BASRA e MALIK, 1983, citados por SEAGULL et al., 2000). A concentração de malato e  $K^+$  no citoplasma tem um papel fundamental no desenvolvimento do potencial osmótico que gera a pressão de turgor (DHINDSA et al., 1975).

#### 4.1.4 Necessidade e teor adequado de potássio no algodoeiro

Na maioria das plantas, a concentração de K no citossol e no cloroplasto é mantida entre 100 e 200 mM (LEIGH e WYN JONES, 1984; SCHRÖPPEL MEIER e KAISER, 1988; citados por MARSCHNER, 1995). Já, no vacúolo, a concentração pode variar entre 10 e 200 mM, alcançando 500 mM nas células-guarda dos estômatos (HSIAO e LÄUCHLI, 1986; OUTLAW, 1983, citados por MARSCHNER, 1995).

O potássio é requerido para a síntese de proteína em mais alta concentração do que para ativação enzimática, que se aproxima do máximo com apenas 50 mM K<sup>+</sup>. Para a síntese de proteína pelos ribossomos isolados do embrião do trigo, a concentração ótima de K é de 130 mM (MARSCHNER, 1995).

Malavolta et al. (1962) citados por Fageria et al. (1997), consideram que o algodoeiro requer cerca de 15 kg ha<sup>-1</sup> de K, 19 kg ha<sup>-1</sup> de N e 8 kg ha<sup>-1</sup> de P, para produzir 100 kg de fibras, nas condições brasileiras. Thompson (1999) relata que para produção de 100 kg de fibras de algodão, as plantas absorvem do solo cerca de 15,3 kg ha<sup>-1</sup> de K, 19,9 kg ha<sup>-1</sup> de N e 2,5 kg ha<sup>-1</sup> de P. Nas plantas adultas, as sementes contem 18,4 % do K, 42,4 % do N e 52,8 % do P, sendo o dreno principal para potássio a casca do fruto.

Durante a fase de maior demanda de potássio pelo algodão, entre 60 e 80 dias após sementeira, pode haver consumo máximo de até 3,4 ou mais de 4,5 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (SNYDER, 1998). Considera-se que cerca de 70% da absorção de potássio ocorra após o início da floração, com pico de absorção ocorrendo durante o início do desenvolvimento das maçãs (STEWART, 2000).

Conforme Reuter (1986), citado por Fageria et al. (1997), a concentração adequada de K no limbo foliar do 3º ou 4º nó, aos 45 dias após sementeira (D.A.S.), deve ser maior que 3,2 %; aos 76 D.A.S. a folha deve ter entre

4,9 a 6,2 % de K; aos 101 D.A.S. entre 4,6 e 6,0 % e aos 120 D.A.S. entre 2,5 e 4,0 % de K.

O total de K requerido pelo algodão varia de 52 a 112 kg ha<sup>-1</sup>, para condição de sequeiro e de 53 a 393 kg ha<sup>-1</sup> para irrigado. O K removido pela fibra e semente perfaz cerca de 7,5 a 46% do total de K da planta. O pico de absorção de K varia entre 2,1 a 4,6 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de K (sequeiro), e a maioria do K absorvido vai para a maçã em desenvolvimento (55 a 60% na maturidade), particularmente na parede da maçã (40%) (OOSTERHUIS, 2001).

Segundo Varco (2000), quando o algodão é cultivado no sistema de semeadura direta, a necessidade de potássio pode ser maior do que a exigida pelo sistema convencional, especialmente se o solo possuir alta capacidade de troca de cátions, com alta capacidade de adsorção de K, limitando a sua movimentação. A melhor retenção de água no sistema de semeadura direta, assim como o efeito do potássio sobre a eficiência do uso da água, pode, em parte, ser parcialmente responsável pelo bom desempenho do algodão nos anos com maiores déficits de água, comparados com o sistema convencional.

Segundo Albers et al. (1993), após a operação de benefício (deslincamento), a maior quantidade de nutrientes minerais como nitrogênio, fósforo, potássio e os micronutrientes são removidos com a semente e os resíduos, e constituem somente 1% do peso das fibras, já que sua composição básica é a celulose, que compreende elementos como H, O e C.

Rosolem (2001b), notou que a velocidade de absorção de N, P e K (fração absorvida por dia), em função da idade do algodoeiro, aumenta drasticamente por volta dos 40 dias, permanecendo alta até os 90 dias, para a variedade "IAC-22". Para a variedade "ITA-90", as exigências são altas entre os 50-60 dias até os 100 dias. Como a velocidade de absorção de K diminui rapidamente a partir dos 90-95 dias, chegando a zero, e a planta ainda possui grande necessidade de potássio nesta fase (enchimento de frutos e maturação de fibras), então o K deve ser

suprido aos frutos através da translocação; daí a importância das plantas acumularem K antes dos 90 dias da emergência. Conclui que, do ponto de vista da marcha de absorção, há possibilidade de resposta ao N e K em cobertura ou foliar, por um longo período do ciclo.

A grande necessidade de K pelas culturas que tenham alto teor de proteína e a grande exportação de K através dos grãos que possuem alto teor protéico, seria explicado pelo envolvimento do K no transporte do N para a síntese protéica e na neutralização dos grupos carboxílicos dos aminoácidos formados (BLEVINS, 1985, 1989, citado por YAMADA, 2002).

Rosolem (2001b) ressalta a grande variação na extração de K pela cultura do algodoeiro em função de diferenças entre variedades, locais e condições de condução da cultura, e cita que quantidades entre 43 e 60 kg de  $K_2O$  podem ser extraídas do solo para produção de 1000 kg  $ha^{-1}$  de algodão. Ainda o mesmo autor, considera que a marcha de acumulação dos nutrientes, fornece informações mais precisas do momento que o nutriente está realmente sendo utilizado pela planta, ao invés do total absorvido. Neste sentido, analisando duas variedades de algodoeiro (“ITA-90” e “IAC-22”), o acúmulo de potássio é crescente até por volta dos 100 a 105 dias após emergência, caindo depois.

Conforme Staut e Kurihara (2001), considerando-se uma lavoura com 88.000 plantas de algodão e produtividade de 2.500 kg  $ha^{-1}$  de algodão em caroço, a quantidade de N que é extraída, exportada (caroço) e retornada ao solo pelo algodoeiro é de, respectivamente, 212, 152 e 60 kg  $ha^{-1}$ ; a quantidade de  $P_2O_5$  é de 32, 21 e 11 kg  $ha^{-1}$ ; a de  $K_2O$  é 118, 35 e 83 kg  $ha^{-1}$ .

Zhao e Oosterhuis (1998), estudando os efeitos do sombreamento sobre o estado nutricional do algodoeiro em três fases de desenvolvimento (primeira flor, pico do florescimento e formação das maçãs), notaram que a redução de 63% da luminosidade incidente, durante um período de 8 dias consecutivos, causou aumento na concentração dos nutrientes no pecíolo (média de

todas as fases):  $\text{NO}_3^-$  (145%), K (20%), P (17%), S (18%), e no limbo das mesmas folhas os aumentos foram:  $\text{NO}_3^-$  (19%), K (22%), P (29%), S (22%). Assim, sugerem que tais aumentos foram negativamente correlacionados com a diminuição da síntese de carboidratos e, portanto, alertam para verificação da situação da luminosidade no momento das amostragens foliares para não haver erro na diagnose nutricional.

Brouder e Cassman (1994), reportaram que o enriquecimento localizado de potássio não provoca efeito sobre a distribuição nem crescimento compensatório das raízes do algodoeiro nessas zonas, confirmando a teoria na qual o crescimento radicular não responde à heterogeneidade espacial do suprimento de K do solo no campo. O acúmulo de K na parte aérea do algodão não foi relacionado com a disponibilidade de K no solo, mas fortemente correlacionado com a superfície radicular.

O enriquecimento do solo com N sozinho, aumentou indiretamente a absorção de K pela planta, mesmo não aplicando K no solo, devido ao aumento da superfície radicular num dado volume de solo. Em solos com alta capacidade de fixação de potássio (solos vermiculíticos), a ciclagem de potássio provoca seu acúmulo na superfície do solo, onde há um limitado desenvolvimento de raízes, contribuindo com o aparecimento da deficiência de potássio no final do ciclo do algodão e limitando sua produção. A aplicação de N e K em subsuperfície, poderia estimular o crescimento das raízes e melhorar a eficiência do uso do fertilizante potássico, impedindo aparecimento de deficiências.

Staut e Kurihara (2001) reportam que o potássio é requerido em maiores proporções em dois períodos do ciclo do algodoeiro: entre 30 e 50 dias após emergência e por volta dos 90 dias.

Para Mendes (1960), em estudo com solução nutritiva, o algodoeiro acumula cerca de 49,4% do total do potássio absorvido, até o início do florescimento (6<sup>a</sup> semana de vida).

Para produção de uma tonelada de algodão em caroço por hectare, a planta inteira de algodoeiro extrai cerca de 50 kg de K, e a parte colhida

exporta cerca de 16 a 17 kg de K (SILVA et al., 1995; SILVA, 1998; 1999).

Kerby e Adams (1985) comentam que para alta produtividade do algodoeiro, a planta de algodão deve absorver cerca de 0,10 a 0,13 kg de  $K^+$  para cada quilo de fibra produzida, retirando do solo  $175 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K^+$ , ou ainda mais. Citam também que, no momento de colheita, o  $K^+$  contido nas folhas e ramos diminui, tornando-se equivalente à quantidade contida na casca dos frutos.

Cassman (1993) cita que, embora a produção de algodão possa variar, a proporção de nutrientes que é destinado às sementes e fibras permanece relativamente constante sobre uma ampla faixa de produção e condições ambientais. Na média, cerca de 26% do K, 53% do N e 58% do P existentes na parte aérea da planta estão contidos na semente de algodão. O teor de potássio na fibra do algodoeiro é de 0,65% e da semente deslintada é 1,2%. A cultura do algodão retira do solo cerca de  $36,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de K (ou  $44,0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ ) e exporta (sementes + fibras) cerca de  $9,82 \text{ kg ha}^{-1}$  de K (ou  $11,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ ), para cada 1000 kg de algodão em caroço produzido.

O teor crítico de potássio encontrado no pecíolo do algodoeiro varia com o estágio do desenvolvimento da cultura, podendo ser 4,0% no início do florescimento, 3,0 % no pico do florescimento, 1,5 % na abertura do 1º capulho e 1,0% no fim do ciclo (CASSMAN, 1993).

Howard et al. (2001) concluíram que a concentração de K na folha de algodoeiro acompanhou o aumento da dose de K aplicada em pré-semeadura, sendo que a maior dose de K aplicada ao solo ( $167 \text{ kg ha}^{-1}$ ) resultou na concentração de 1,1% de K no limbo foliar e de 3,9% no pecíolo.

O teor adequado de K na matéria seca do limbo foliar retirado da 5ª folha a partir do ápice do algodoeiro, na época do florescimento (80-90 dias da emergência), deve estar entre 1,5 e 2,5% (SILVA et al., 1995, SILVA, 1998).

Zhao e Oosterhuis (1999), estudaram a dinâmica da concentração de nutrientes no algodão, verificaram que durante a ontogênese dos

botões florais, a concentração de N, P e K das folhas simpodiais e das brácteas decrescem e que a concentração de Ca e Mg aumentam. Já, nos botões, há diminuição do teor de N, P, Ca e S, mas ocorre aumento do K e Mg até atingir o pico aos 25 dias do desenvolvimento do botão.

Coker e Oosterhuis (1999), indicaram que o nível de fertilidade de K é importante para atingir máxima produtividade quando o algodão é cultivado em condições de limitado fornecimento de água. Assim, melhores produções do algodão são conseguidas quando há maior disponibilidade de K no solo, mesmo se houver falta de água.

Snyder (1997) cita que nos Estados do sul dos EUA, o nível de suficiência de K observado em análise de solo (0 a 15 cm profundidade) é de 195 mg kg<sup>-1</sup> extraível em Mehlich 3 para a Universidade de Arkansas, e de 150 a 220 mg kg<sup>-1</sup> de K extraível em Mehlich 3, para a Universidade da Geórgia.

#### **4.1.5 Deficiência de potássio no algodoeiro**

A nutrição se enquadra como um dos mais importantes fatores associados à produtividade das plantas. Uma nutrição adequada para ótimas produtividades da cultura do algodão requer que as deficiências minerais sejam evitadas. Entretanto, com a introdução de novos cultivares de algodoeiro (com ciclos mais curtos e com maiores produções de frutos), juntamente com mudanças nas práticas culturais (Ex: aumento no uso do nitrogênio, uso de reguladores de crescimento), tem havido um aumento no aparecimento da deficiência de potássio (OOSTERHUIS et al., 1990; CHANG e OOSTERHUIS, 1995). Kerby e Adams (1985) acrescentam que a deficiência de potássio está se difundindo devido ao cultivo em solos arenosos, conteúdo baixa disponibilidade de k, aliado à baixa eficiência que o algodoeiro tem na aquisição de K do solo, em relação a outras espécies.

Hodges (2002) considera que os sintomas de deficiência de

potássio são mais pronunciados e aparecem primeiro em folhas mais velhas, das partes mais baixas das plantas. Inicialmente ocorre um mosqueado amarelo-claro que progride para manchas amarelas entre nervuras, cujos centros podem morrer, causando aparecimento de diversos pontos escurecidos na margem e entre nervuras. A ponta e a margem da folha perdem a capacidade fisiológica e então se curvam para baixo. À medida que a incapacidade fisiológica progride, toda folha se torna marrom-avermelhada, morre e cai prematuramente, contribuindo para a formação de frutos pequenos e imaturos. Esta deficiência está associada geralmente à adubação imprópria, perdas por lixiviação ou danos radiculares.

Em variedades de algodão altamente produtivas, mais de 75% do potássio pode ser direcionado aos frutos (maçãs). Quando o potássio é limitante durante o período de frutificação do algodoeiro, os sintomas foliares de deficiência aparecem e não são típicos, ocorrendo em folhas novas invés das folhas velhas (KAFKAFI, 1992).

Oosterhuis (1993) citado por Howard et al. (1998), considera que a atividade do sistema radicular das variedades de alta produtividade começa a decrescer no florescimento, que é o início da alta demanda de K pelas maçãs em desenvolvimento, a absorção de K não supre as necessidades do algodão. O crescimento da planta em solos contendo limitada disponibilidade de K, juntamente com a restrita atividade radicular, tem um efeito dramático sobre a absorção de K.

O potássio desempenha um importante papel no desenvolvimento e na qualidade da fibra (CASSMAN et al., 1990), sendo o nutriente mineral mais abundante na sua composição (KAFKAFI, 1992). A deficiência de potássio resulta em menor deposição de celulose na parede secundária das fibras, causando decréscimo na maturidade e no micronaire (PETTIGREW e MEREDITH, 1992). Experimentos realizados por Pettigrew et al. (1996), indicaram que a deficiência de potássio causou redução na produção de fibra, no peso das maçãs, na porcentagem de fibra, no peso de sementes e na qualidade da fibra (menores valores para:

alongamento, comprimento, micronaire, maturidade, perímetro e uniformidade).

Oosterhuis et al. (1990), estudando os efeitos da adubação potássica na produção e qualidade das fibras do algodão, verificaram que a aplicação foliar de  $\text{KNO}_3$ , combinada ou não com aplicação suplementar de  $\text{KCl}$  no solo, melhorou a uniformidade de comprimento e a resistência das fibras, notando que a aplicação de  $\text{KCl}$  no solo, somente, não foi capaz de melhorar qualquer componente de qualidade da fibra.

As deficiências minerais de potássio podem ser corrigidas através das adubações do solo ou, possivelmente, pela aplicação foliar de nitrato de potássio. A aplicação foliar teria a vantagem da rápida absorção pelas folhas e eficiente movimento para os frutos em desenvolvimento. Isto permitiria aos produtores adicionarem potássio quando a análise dos tecidos indicasse a sua falta, prevenindo perdas na produção (OOSTERHUIS et al., 1990).

Plantas deficientes em potássio podem produzir muitas fibras mortas, imaturas, que não se tornam coloridas no processo de tingimento, levando a produção de numerosos e pequenos pontos brancos no tecido industrializado. Testes de fiabilidade e tingimento feitos com fibras de algodão, provenientes de plantas com deficiência de  $\text{K}$ , produzem fios fracos que arrebitam constantemente no processo de fiação, as roupas tecidas com tais fios não tingem uniformemente, deixando listras (THOMPSON, 1999).

Os sintomas de deficiência de potássio, que ocorrem antes do pico do florescimento do algodão, são similares aos encontrados com outras culturas. Primeiro há um amarelamento entre nervuras das folhas mais velhas, pontos necróticos se desenvolvem nas margens das folhas se houver severa deficiência. Em muitos solos, entretanto, a disponibilidade de  $\text{K}$  é suficiente até o pico do florescimento, quando começa um rápido acúmulo de matéria seca nos frutos, assim, o suprimento pelo solo não atende ao aumento da demanda e uma deficiência tardia de potássio aparece, com sintomas diferentes da deficiência do início do ciclo (CASSMAN, 1993). Após o pico

do florescimento, os sintomas de deficiência de K aparece primeiro nas novas folhas maduras do terço superior da planta, e começam como um leve amarelamento entre nervuras que muda rapidamente para uma coloração bronze-alaranjada. As folhas se enrolam para baixo, se tornam espessas e pontos necróticos podem ocorrer nas margens. À medida que a deficiência tardia de K se torna severa, há uma grande redução na retenção dos frutos localizados nas últimas posições dos ramos (CASSMAN et al., 1989), e uma queda prematura das folhas pode acontecer (BENNETT et al., 1965). Estes sintomas são tão devastadores que às vezes são atribuídos a doenças, como a murcha de “Verticilium”. Entretanto, um exame cuidadoso pode distinguir os dois sintomas. A murcha de “Verticilium” causa lesões necróticas entre as nervuras, que possuem uma borda bem definida e são ricas na cor marrom, já, o sintoma de deficiência de K produz uma folha bronzeada, e se lesões necróticas se desenvolvem, estas ocorrem nas margens das folhas sem bordas definidas.

Rosolem e Bastos (1997), utilizando solução nutritiva sem K, notaram que a planta de algodão só manifestou sintomas de deficiência a partir da frutificação: as folhas do terço médio da planta mostraram clorose entre nervuras, sem simetria, podendo haver um lobo da folha com sintoma mais acentuado; houve redução significativa da produção de matéria seca (raiz e parte aérea) e do número de botões florais. Os mesmos autores citam que a presença de botões nos nós mais altos da planta de algodão, leva a dedução que a deficiência de K estaria relacionada à retenção dos botões e não a sua diferenciação e aparecimento.

Snyder (1997), refere-se também às deficiências de K que ocorrem os EUA no final do ciclo das variedades de grande produção e com frutificação precoce. Destacam-se, como sintomas, o amarelamento e bronzeamento das margens das folhas no dossel superior com ataque associado de microorganismos causadores de mancha foliar; o início prematuro da frutificação; a desfolha e rendimentos reduzidos.

A deficiência de K pode ser corrigida pela adubação do solo em pré-semeadura ou parcialmente corrigida com adubação em cobertura. O requerimento para aplicações foliares de K varia muito em função da área geográfica, e mesmo dentro de um único campo, e isto torna difícil uma recomendação padronizada para esta prática, principalmente devido à síndrome de deficiência de K não estar totalmente esclarecida ainda (OOSTERHUIS, 2001).

Oosterhuis (2001) reporta que a deficiência de K tem ocorrido amplamente, porém esporadicamente, em toda área de produção de algodão dos Estados Unidos, nos últimos anos. O início da deficiência de K está relacionada ao uso de variedades altamente produtivas, de rápida maturação, variedades com menor capacidade de armazenar K antes do florescimento e decréscimo da atividade radicular durante o desenvolvimento dos frutos. Obviamente, um inadequado crescimento radicular, uma baixa quantidade de K aliada à fixação de K no solo, também estão envolvidos.

Bednarz e Oosterhuis (1996) submeteram o algodoeiro à deficiência de K após 35 dias da semeadura e estudaram a partição do K dentro da planta. Nas avaliações feitas aos 4, 14 e 28 dias após o início da deficiência, o teor de potássio das folhas (limbo ou pecíolo) localizadas nos ramos mais superiores da planta decresceu mais do que as folhas dos ramos inferiores. Diferenças no teor de K nos frutos foram observadas somente aos 28 dias após o início da deficiência, entretanto, o peso dos frutos não foi alterado pela deficiência de K. Assim, a deficiência de K nos cultivares modernos de algodão ocorre primeiro nas folhas situadas nos ramos superiores, ao contrário do clássico sintoma de deficiência de K.

Rosolem e Mikkelsen (1991) estudaram a partição do K no algodoeiro submetido a períodos de deficiência de potássio e verificaram que o caule é o primeiro órgão a mostrar diminuição no conteúdo de K e na produção de matéria seca, seguido pelas raízes, frutos e então folhas. Devido ao mecanismo de translocação de K, a planta poderia sustentar uma deficiência de K por um período de

até 30 dias, no final do ciclo de crescimento, sem afetar a produção das fibras e sementes.

Oosterhuis (2001) considera que a deficiência de potássio ocorre mais freqüentemente e com maior intensidade em algodão do que na maioria das outras culturas. O sintoma típico de deficiência consiste no amarelamento mosqueado das folhas, que muda para numerosos pontos marrons nas pontas da folha, nas margens e entre nervuras. A ponta da folha e a margem curvam-se para baixo a medida em que o tecido continua a morrer. Finalmente, toda a folha toma a cor de ferrugem, quebradiça e cai prematuramente, paralisando o desenvolvimento dos frutos, resultando em frutos anões e imaturos, alguns dos quais podem não abrir. Muitos destes sintomas são relacionados com o distúrbio no balanço hídrico do tecido resultando no secamento da ponta, curvamento da margem e na senescência precoce da folha. O sintoma de deficiência de potássio que ocorre no algodoeiro é bastante característico devido ao típico bronzeamento que ocorre na folha, daí o termo “ferrugem do algodoeiro” ter sido utilizado antes que a real causa fosse conhecida. Sintomas de deficiência de K também têm sido confundidos com os da doença “murcha de *Verticilium*”. Além do mais, o crescimento e a produção das variedades de algodão menos susceptíveis à murcha de *Verticilium* são freqüentemente menos afetadas pela deficiência tardia de K. O surto de deficiência de K que tem ocorrido nos EUA nos últimos anos tem sido um tanto imprevisível e as explicações duvidosas. A síndrome da deficiência de K parece ser uma anomalia complexa relacionada com a baixa quantidade de K no solo, a fixação de K no solo, a grande demanda por K das modernas variedades, menor reserva de K acumulada antes do florescimento dessas variedades modernas, inabilidade do sistema radicular em suprir as necessidades de K durante o desenvolvimento dos frutos e possíveis relações com doenças como murcha de *Verticilium*.

Harris (2001) reporta que a deficiência de K associada com mancha foliar é conhecida há muito tempo no Estado da Geórgia, EUA, entretanto, nos

últimos anos, tem ocorrido com maior frequência, maior severidade e muito mais cedo durante o ciclo vegetativo do algodoeiro. Descobriu-se que as manchas foliares são lesões marrons causadas por fungos do gênero *Cercospora*, *Alternaria* ou *Stemphylium*, porém, estes sintomas eram secundários ao problema primário que é a deficiência de K. Na maioria dos casos estudados, as manchas aconteciam em locais onde havia baixa quantidade de K no solo e no tecido ou pecíolo do algodoeiro, e alguns casos ocorriam devido à adubação potássica inadequada. Outros aconteciam devido à seca, que reduzia absorção de K do solo. Alguns casos aconteceram com variedades precoces, em que a demanda intensa pelo K em um curto período de tempo parece ter gerado o problema. Poucos casos foram notados em solos com níveis elevados de magnésio, que poderia competir com o K na absorção. A maioria dos casos, porém, apareceu em culturas em pleno desenvolvimento, sob irrigação, próximo à 4ª semana de florescimento, período de grande demanda por K, causando queda de maçãs. As raízes, durante a fase de pleno florescimento, começam a diminuir devido à competição pelos carboidratos das maçãs em desenvolvimento, diminuindo absorção de K do solo. Se a deficiência for notada próxima à 4ª semana do florescimento e não for severa, pulverizações foliares com K podem reduzir os efeitos negativos sobre a produção. A análise do pecíolo pode ajudar a detectar deficiências nutricionais a partir de duas semanas do desenvolvimento. Se a deficiência severa de K ocorre tardiamente (6ª semana do florescimento), a pulverização foliar de K provavelmente não corrigirá o problema. A deficiência de K e as manchas foliares são comuns logo após o estágio de “cut-out” (corte fisiológico), mas nenhum tratamento corretivo é recomendado nesta época. As melhores práticas de manejo para se evitar deficiência de K são: manter o teor de K no solo na faixa média a alta e manter equilíbrio com outros nutrientes (Ca, Mg); devido à relativa mobilidade de K nos solos arenosos, fazer aplicações parceladas de K, metade na semeadura e metade em cobertura, próximo à fase de iniciação dos botões florais; proceder às aplicações foliares de K, principalmente em locais onde o solo se apresenta muito arenoso, com

baixo teor de K, em condições de alta produtividade em cultura irrigada, e durante períodos de limitada umidade no solo, devendo-se monitorar o K através da análise do pecíolo, para poder prever com antecedência de até duas semanas a ocorrência de deficiência e evitar prejuízos.

Silva et al. (1995) citam que a “fome de potássio” inicia-se durante a frutificação das plantas, freqüentemente em manchas isoladas da lavoura. Nas folhas do “baixeiro” surge uma clorose entre as nervuras, que evolui para um bronzeamento. Com o desenvolvimento dos frutos, os sintomas se deslocam para os “ponteiros”, enquanto as folhas mais velhas começam a secar e cair. As plantas carentes apresentam ciclo curto, sendo a maturação dos frutos muito antecipada. Em casos severos, a seca é tão intensa que as plantas parecem ter sido queimadas pelo fogo. Um tipo de clorose que também evolui para coloração parda pode ser causado por doenças (murcha de *Fusarium* ou de *Verticilium*), que neste caso causa um amarelamento desuniforme, sempre acompanhado de murchamento das plantas, podendo conduzi-las à morte, além de se poder notar um escurecimento interno dos vasos do algodoeiro.

Hodges (2002) relata que os sintomas de deficiência de potássio nos últimos anos têm aparecido na parte superior das plantas na região da Califórnia e centro-sul dos Estados Unidos, mesmo em solos com alto nível de potássio, onde as plantas são incapazes de obter um suprimento adequado deste nutriente. Este sintoma tem sido associado com quatro fatores: a) uso de variedades altamente produtivas, de hábito determinado, que desenvolvem uma grande carga de frutos num curto período de tempo; b) solos que fixam o potássio (alto teor de argilas tipo 2:1), deixando-o sob formas não disponíveis às plantas; c) doenças não identificadas; d) leve a moderado estresse hídrico após definição da carga dos frutos. Embora análise de solo aponte teor adequado de potássio, sintomas de deficiência podem aparecer e o algodão pode responder a aplicações foliares.

Conforme estudos em soluções nutritivas, realizados por Reddy

et al. (2000), quando o K é retirado da solução, após o primeiro botão floral aparecer, as plantas de algodão continuam a crescer numa taxa menor, e o conteúdo de K na folha torna-se progressivamente menor devido ao efeito da diluição pela produção de matéria seca. Embora ocorra translocação de K das folhas mais velhas para as estruturas mais novas, a falta de potássio torna-se limitante em poucos dias, e as folhas mais velhas podem continuar verdes, aparentemente saudáveis, mas não são mais fotossinteticamente funcionais. Folhas velhas expressam sintomas de deficiência quando produzidas sob inadequada disponibilidade de K, mas se são produzidas sem restrição de K, elas não desenvolverão sintomas de deficiência, mesmo embora tenham translocado a maior parte do potássio, e isto é conhecido por “fome oculta”.

O algodão necessita ter alta concentração de K nas folhas no início de seu desenvolvimento para não sofrer escassez durante a fase de formação das maçãs, já que é difícil manter um teor adequado de K nas folhas devido à alta demanda das maçãs nesta época. Além disso, durante a frutificação, o menor tamanho do sistema radicular em relação ao tamanho da planta (menor relação entre raiz e a parte aérea), aliada a diminuição da eficiência das raízes na absorção de nutrientes (maior quantidade de raízes velhas), dificultam a absorção da grande quantidade de K demandada nesta fase. Plantas com concentração de 1,9% de K nas folhas parecem tão saudáveis quanto as que têm maior teor de K, mas têm menor taxa fotossintética. Portanto a concentração de 2,0% de K nas folhas, conhecida normalmente como adequada, deve ser considerada marginal. O teor adequado de K nas folhas, na fase de início de florescimento, parece ser de 3,0%, sendo crítico quando abaixo de 2,5%. Plantas deficientes de potássio podem morrer prematuramente devido a menor resistência a doenças e pragas. Inadequado suprimento de K também limita o crescimento, que pode causar um corte fisiológico prematuro e dar aparência de uma maturidade precoce. A melhor prática para evitar deficiência de K é aplicar fertilizante ao solo. Só pequenas quantidades de K podem ser supridas pela adubação foliar, que deve ser feita somente numa emergência (REDDY et al., 2000).

No trabalho realizado por Bednarz et al. (1998), o algodão semeado em vasos com areia e suprido com solução nutritiva, mostrou que após a retirada do potássio da solução a partir do 14º dia de idade, há uma diminuição progressiva da taxa líquida de fotossíntese à medida que a deficiência de K se desenvolve. Isto seria consequência dos aumentos da resistência estomatal e da fotorrespiração.

Zhao et al. (2001), pesquisando a deficiência de potássio no algodoeiro, cultivado em solução nutritiva, mostraram que houve a diminuição da taxa fotossintética líquida e da área foliar a partir do início da fase de formação dos botões florais. A diminuição da fotossíntese foi mais associada ao baixo conteúdo de clorofila, a uma pobre ultraestrutura dos cloroplastos e a restrita translocação de sacarídeos da folha, do que a menor condutância estomatal constatada nas folhas das plantas deficientes em K. O acúmulo de sacarose nas folhas das plantas deficientes em K pode estar associada com a reduzida participação da sacarose no conjunto de substâncias transportadas, ou com o decréscimo no carregamento do floema. O acúmulo de matéria seca e a partição de fotoassimilados também foram afetados.

Pettigrew e Meredith Jr. (1997) comparando o efeito da adubação potássica (0 e 112 kg ha<sup>-1</sup> de K) no solo, encontraram uma redução do índice de área foliar, do número de total de nós e da altura, e um aumento do peso específico da folha e do índice de colheita, do algodoeiro submetido à deficiência de K, na avaliação feita na época do corte fisiológico (“cutout”). A colheita mostrou maior produção de fibra e peso das sementes, mas o índice de colheita não foi alterado pelo uso de K.

## **4.2 Adubação potássica do algodoeiro**

Thompson (1999) relata que a adubação com potássio pode ser

realizada em pré-semeadura ou, em solos com CTC entre 6 a 8 meq 100 g<sup>-1</sup> de solo seco, pode ser feita no outono após colheita, pois não sofrerão perdas de K por lixiviação. Em solos extremamente arenosos, CTC igual a 2 ou menos, adubações de K no sulco ajuda a evitar perdas de K pela lixiviação.

O método sugerido nos EUA para corrigir a deficiência de potássio que ocorre tardiamente no ciclo do algodão, é a adubação com K na linha, em grande profundidade (MULLINS et al., 1994; 1997).

Nos EUA, a adubação com potássio é feita na superfície do solo, com ou sem incorporação. Geralmente são feitas adubações no outono ou imediatamente antes da semeadura, variando a quantidade entre 0 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K. Há alguma indicação que o algodão pode responder à adubação profunda de K (entre 15 e 30 cm), mas o resultados na produtividade ainda são inconsistentes. Solos que exibem grande resposta à adubação profunda de K normalmente têm subsolos contendo baixos, ou muito baixos, teores de K. Aplicações foliares de K são realizadas quando as análises dos tecidos, ou os sintomas foliares mostram sua necessidade, embora essa prática só seja empregada em apenas 2 a 3% das propriedades (OOSTERHUIS, 2001).

O desenvolvimento radicular, em profundidade maior que 20 cm, foi melhorada pela subsolagem da linha e pela fertilização potássica, entretanto, a colocação do potássio em profundidade não diferiu da colocação na superfície do solo (MULLINS et al., 1994). A adição de K (84 kg ha<sup>-1</sup>) ao solo promoveu aumento na produtividade, independente do método utilizado (em profundidade ou na superfície) na aplicação (MULLINS et al., 1997).

Pettigrew e Meredith (1992) estudaram os efeitos da adubação potássica e nitrogenada sobre a produção e qualidade da fibra do algodoeiro e verificaram que, em três anos de estudos, o uso do potássio promoveu aumento da produção e da qualidade da fibra (maior maturidade e menor quantidade de fibras mortas), não havendo interação entre genótipo e K nem entre K e N.

A resistência e o alongamento das fibras do algodoeiro, variedade “Acala”, foram positivamente relacionados com a quantidade de K aplicado (CASSMAN et al., 1990). Para as variedades “Acala” (“SJ-2” e “GC-510”), a resistência da fibra não sofreu efeito significativo do genótipo nem da interação entre genótipos e quantidades de K aplicado, mas o alongamento das fibras foi influenciado pela diferença genotípica.

Adição de K aumentou significativamente a resistência das fibras das variedades “DES 119” e “Stoneville 825”, mas não para o alongamento (MINTON e EBELHAR, 1991). Houve grandes diferenças na resistência e no comprimento das fibras entre os dois genótipos de algodoeiro, mas a adição de potássio ao solo somente aumentou o comprimento (PETTIGREW et al., 1996). Nenhuma correlação foi encontrada entre resistência da fibra e variações espaciais nos níveis de K, P e Ca/Mg ou porcentagem de matéria orgânica (BRADOW et al., 1999, citados por BRADOW e DAVIDONIS, 2000).

Adubação do solo com até 783 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O não eliminaram os sintomas de deficiência foliar em campos severamente afetados (KAFKAFI, 1992). O Potássio é um íon relativamente imóvel no solo e seu movimento para as raízes depende, principalmente, da difusão. A razão com que o potássio é absorvido é dependente do comprimento da raiz, densidade, e superfície. O algodão é distinguido por possuir baixa densidade do sistema radicular, complicando a absorção de potássio (KAFKAFI, 1992).

PETTIGREW et al. (1996), avaliaram, num solo pobre em K, o uso de 112 kg ha<sup>-1</sup> de K em pré-plantio com 8 genótipos de algodoeiro e constataram aumento da produção de fibras, rendimento de fibras, peso de capulho e semente; e sobre a qualidade das fibras notaram aumento da maturidade, do micronaire, do diâmetro, da razão da uniformidade de comprimento e do comprimento de 50% das fibras (“span” 50%). Em outro estudo, empregando a mesma quantidade de potássio em solo pobre em K, com duas variedades de algodoeiro (“DES 119” e “Stoneville

825”), Minton e Ebelhar (1991) não notaram alteração da produção e rendimento das fibras, nem do índice micronaire, alongamento e comprimento das fibras (“span” 2,5% e 50%), mas foram aumentados o peso das sementes e a resistência das fibras. Cassman et al. (1990), relataram que o K promoveu um aumento dos processos metabólicos relacionados com o espessamento da parede secundária da fibra.

Howard et al. (2001), estudando adubação potássica de pré-semeadura, determinaram que no sistema de semeadura convencional, em solos com baixo teor original de K, a produção de algodão foi aumentada pela aplicação de 168 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, mas em semeadura direta só houve resposta com uso de 202 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Já, em solos com alto teor de K, o uso de 101 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O promoveu aumento de produção em sistema de semeadura direta. Alertaram, ainda, que a recomendação de adubação nos Estados Unidos, para solos com baixo teor de K, é de 134 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e, para solos com alto teor, é de 68 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Conforme Gwathmey e Howard (1998), o uso de K no solo (112 kg ha<sup>-1</sup> K) causou aumento da interceptação da radiação luminosa fotossinteticamente ativa pelo algodão. Uso de K via foliar (4 aplicações de 4,1 kg ha<sup>-1</sup> de K), não resultou em mudança na interceptação luminosa no primeiro ano de estudo (ano de clima seco), mas num segundo ano, houve aumento da interceptação da radiação luminosa somente quando houve aplicação conjunta de K no solo. Nenhum tratamento com aplicação de potássio, via solo ou foliar, foi capaz de alterar a precocidade da produção de fibras, no primeiro ano de experimentação, mas num segundo ano, a adição de K ao solo diminuiu a porcentagem da primeira colheita. A porcentagem da primeira colheita foi negativamente correlacionada com a interceptação luminosa pela parte aérea do algodão, sugerindo que a alta fertilidade de potássio atrasa a maturidade a medida em que promove uma maior interceptação de luz pela parte superior da copa do algodoeiro.

Gormus e Yucel (2002), notaram que a aplicação de potássio ao solo (150 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O) promoveu diminuição do número de dias para que ocorresse a

abertura da primeira maçã (maior precocidade), quando comparado com a parcela sem aplicação de potássio, além de causar alterações em algumas propriedades da fibra: comprimento (0,3 mm maior), resistência (0,5 g tex<sup>-1</sup> maior), uniformidade (0,1% menor) e índice micronaire (0,1 menor). Estes resultados concordam com os obtidos por Usherwood (2000) citado por Gormus e Yuçel (2002) e Cassman et al. (1990), mas estão em desacordo com os trabalho de Minton e Ebelhar (1991) e Pettigrew et al. (1996).

Uso de doses adequadas de K<sub>2</sub>O na adubação do algodoeiro aumenta o número de maçãs com maior diâmetro, o peso dos capulhos e o peso de 100 sementes e reduz o número de maçãs atacadas por pragas e doenças; conseqüentemente observa-se aumento considerável na produtividade (STAUT, 1996, citados por STAUT e KURIHARA, 2001).

Silva et al. (1974) verificaram que a adubação com K (até 150 kg ha<sup>-1</sup>) promoveu diminuição da precocidade de colheita do algodoeiro, mas as características produtivas (peso de 1 capulho, peso de 100 sementes e rendimento de fibra) e as características da qualidade da fibra (comprimento, micronaire e resistência) não foram alterados.

Segundo Silva (1998), o efeito da adubação potássica sobre o algodão é menor se o solo não for calcareado. Uma grande dose de gesso pode provocar a lixiviação de K e Mg, diminuindo a produção do algodoeiro. Em solos com baixa CTC e pobres em potássio, deve-se fazer a potassagem antes de aplicar gesso.

Snyder (1997) comenta que o método de aplicação de K não é tão crítico quanto a dose e a época apropriada, referindo-se às pesquisas desenvolvidas na Universidade de Auburn, Estado de Alabama, em solo com médio teor de K na superfície (0 a 15 cm) e baixo teor em subsuperfície, que mostraram a mesma eficiência da aplicação de K na superfície comparada com aplicações em até 50 cm de profundidade, utilizando-se as doses recomendadas pela análise de solo. O mesmo autor ainda cita que as recomendações para adubação potássica feitas pela

Universidade da Califórnia, EUA, baseiam-se nas análises de amostras de solo coletadas entre 12 e 38 cm de profundidade, devido à maior correlação com os níveis de K nestas profundidades e isto seria explicado pela maior densidade de raiz encontradas nestas amostras. Assim, para níveis de K, extraível em Mehlich 3 ou acetato de amônio, entre 80 e 110 mg kg<sup>-1</sup>, recomenda-se o uso de 224 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, mas se o teste de fixação de K no solo indicar mais de 60% de fixação, a dose passa para 450 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Silva (1998; 1999) relata que em solos deficientes em potássio, a aplicação parcelada de potássio, metade na semeadura e outra metade junto com a cobertura de nitrogênio, pode aumentar a produtividade do algodoeiro. O parcelamento é recomendado principalmente quando a quantidade requerida do adubo potássico for alta. Entretanto, em solo pobre em potássio, a adubação potássica, feita a lanço, antes da semeadura, pode elevar de forma significativa o teor de K no solo e a produtividade do algodoeiro, já no primeiro ano.

O genótipo não foi um fator significativo para determinação do comprimento das fibras nas variedades “Acala”, mas a adição de 480 kg ha<sup>-1</sup> de K promoveu o aumento do comprimento médio das fibras de duas variedades “Acala” (“SJ-2” e “GC-510”), quando a interação de K com genótipo foi significativa (CASSMAN et al., 1990).

Silva (1999) reporta que, em condições de “fome de potássio” a maturação dos frutos do algodoeiro é antecipada. A adubação correta regulariza o ciclo, aumenta o peso de sementes e de capulhos, além de melhorar certas características da fibra, como o índice micronaire e a maturidade; o comprimento é menos influenciado. No geral, porém, o número de fibras mais curtas (uniformidade de comprimento) diminui com a correção da deficiência de K.

No trabalho de Sabino et al. (1999), o potássio aplicado a lanço em pré-semeadura (até 400 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), em solo deficiente em K (0,8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup> de K) contribuiu significativamente com o aumento do peso do capulho e de 100

sementes, mas nenhuma alteração na porcentagem de fibras do algodoeiro. Na avaliação da qualidade da fibra, o potássio contribuiu para elevar os valores da uniformidade de comprimento, maturidade e o índice micronaire, e para diminuir os de resistência da fibra. Já, em solo com teor suficiente de K ( $2,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^3$  de K), a adubação potássica somente foi significativa para aumentar o peso do capulho. Confirmou-se, ainda, que a perda das folhas do algodoeiro, devido à deficiência de K, impediu a formação adequada dos frutos, particularmente aqueles provenientes de floradas tardias, causando prejuízos em varias propriedades da fibra e nos componentes de produção.

Silva (1999) demonstrou, após estudos de calibração, que a relação de bases da análise de solo ( $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} / \text{K}^{+}$ ) é mais eficiente na discriminação das necessidades do algodoeiro, do que o teor de K no solo, informando que a maior queda de produção do algodão acontece quando os valores da relação  $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} / \text{K}^{+}$  são maiores que 20. Silva (1998) cita que a maior resposta à adubação potássica é conseguidas quando a relação é igual a 36, menor quando igual a 10. Staut e Kurihara (2001) indicam que a relação  $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} / \text{K}^{+}$  desejada deve estar entre 17 e 35, pois abaixo de 17 haveria provável deficiência de Ca e Mg e, se estiver acima de 35, haverá resposta à adubação potássica se houver teores adequados dos outros nutrientes.

#### **4.2.1 Adubação foliar**

Fuzatto (1999), cita que o melhoramento genético do algodoeiro tem como objetivo permanente a melhoria simultânea da produtividade e da qualidade tecnológica da fibra, visando atender, equilibradamente aos interesses dos agricultores, dos maquinistas e da indústria têxtil. No entanto, a obtenção de tal variedade é dificultada, principalmente devido à associações de características, muitas vezes com correlações negativas entre elas, pois a obtenção de variedades produtivas

podem não ser fornecedoras de fibras de alta qualidade tecnológica, e muitas vezes são susceptíveis à doenças. Nesse aspecto, torna-se importante o desenvolvimento de técnicas que possam promover o melhor desempenho da produtividade e melhoria da qualidade tecnológica das fibras, principalmente nas variedades de algodão que foram melhoradas visando a produtividade, mas que não agregaram as melhores características de qualidade de fibra. Neste sentido, a técnica da adubação foliar tem sido empregada com a intenção principal de corrigir, ou prevenir, deficiências nutricionais com maior rapidez e eficiência, reduzindo perdas de produção (OOSTERHUIS, 2001; SNYDER, 1998) e da qualidade da fibra (CASSMAN et al., 1990; STEWART; 2000).

A capacidade das folhas do algodoeiro em absorver os nutrientes aplicados é limitada devido à barreira de cutícula. Dessa forma, é impossível nutrir as plantas somente pela via foliar para conseguir seu pleno crescimento e adequada formação de frutos, mas, a adubação foliar pode ser usada para suplementar as necessidades agudas de nutrientes. Quando a quantidade de potássio suprida pelo solo é limitada, a pulverização foliar com potássio durante a fase de enchimento das maçãs pode suplementar a grande demanda desta fase (KAFKAFI, 1992).

Weir et al. (1995), relatam que aplicações foliares de  $\text{KNO}_3$  três semanas após o início do florescimento do algodão resultaram em maiores produções do que qualquer outra aplicação anterior ou posterior. Citam ainda que, mesmo com níveis de potássio considerados adequados no solo, as aplicações foliares de potássio, durante o período de florescimento, proporcionaram aumentos na produtividade.

Kafkafi (1992) concluiu que, quando há um limitado suprimento de K pelo solo, a pulverização foliar com K durante o período de formação dos frutos do algodoeiro pode suplementar a grande demanda de K.

Chang e Oosterhuis (1995), reportam que a aplicação de potássio via foliar, sob a forma de  $\text{KOH}$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,  $\text{KHCO}_3$  e  $\text{CH}_3\text{COOK}$ , nos seus valores de pH originais, pode causar grande queimadura às folhas do algodoeiro

e provocar a redução do crescimento da parte aérea. Aumenta-se a produção de algodão quando se diminui o pH da calda de pulverização para 4,0, para  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , ou pH 7,0 para KOH, mas não há efeito para KCl (pH 4,0) ou  $\text{K}_2\text{CO}_3$  (pH 7,0). Assim, o ajuste do pH das soluções fertilizantes foliares tem uma importante função na alteração dos efeitos fitotóxicos assim como sobre a absorção e translocação de K às maçãs.

Oosterhuis et al. (1990), relataram que a aplicação foliar de  $\text{KNO}_3$  sozinho, ou em combinação com KCl no solo, resultaram em aumentos do peso seco das maçãs e da produção de sementes de algodão. A qualidade da fibra também foi alterada, aumentando-se o índice de uniformidade de crescimento e a resistência, mas, o índice micronaire e o comprimento não foram afetados. A aplicação de KCl no solo, sozinho, não melhorou nenhuma propriedade da fibra.

Oosterhuis (1992) reporta que o emprego de  $\text{KNO}_3$  via foliar ou de regulador de crescimento “PGR-IV”, promovem aumento da produção do algodão, mas há um efeito sinérgico pelo uso combinado das duas substâncias e o aumento de produtividade é maior do que verificado para cada produto usado individualmente. Isto se deve, provavelmente, à maior retenção de frutos causada pelo regulador de crescimento, e uma quantidade suplementar de potássio foi necessária para nutrição destes frutos adicionados.

Weir et al. (1995) pesquisando o uso de  $\text{KNO}_3$  via foliar, em diferentes datas de início da pulverização, relatam que uma aplicação de  $5 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  na 3ª e outra na 4ª semana (total de  $10 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ ) após aparecimento da primeira flor, promoveu maior produção de fibras do algodão do que as aplicações feitas antes ou depois destas. Num segundo ano de estudo, os resultados foram similares ao primeiro e a maior produção foi proveniente da aplicação foliar de K realizada na 2ª e 3ª semana do início da floração.

Aplicações foliares de  $\text{KNO}_3$ , não afetaram a produção nem o comprimento das fibras do algodoeiro (MATOCHA et al., 1994, citados por

BRADOW e DAVIDONIS, 2000).

Howard et al. (1998) relatam em seus estudos num sistema de semeadura convencional, em solo contendo alta disponibilidade de K, que a produção do algodão, em resposta à aplicação foliar de potássio, pode ser melhorada pela escolha da fonte de K, pelo ajuste de pH da calda e pela aplicação combinada de boro e potássio. As fontes de K pesquisadas que produziram maiores respostas foram  $K_2SO_4$  e  $KNO_3$ , ajustadas ao pH 4, totalizando 4 pulverizações de  $4,1 \text{ kg ha}^{-1}$  de K. Já, para os tratamentos sem ajuste de pH, o  $KNO_3$  obteve o melhor resultado em um ano e equivalente ao  $K_2SO_4$  em outro ano. Baseado nestes resultados, tais tratamentos dariam retorno financeiro da ordem de 8 a 10 vezes o custo dos produtos aplicados.

Em outro trabalho, num sistema de semeadura direta em solo contendo alto teor de K, Howard et al. (2000) verificaram que o ajuste ao pH 4 da solução potássica ( $K_2SO_4$  e  $KNO_3$ ) usada em pulverização foliar ( $4,1 \text{ kg ha}^{-1}$  de K), promoveu aumento de  $158 \text{ kg ha}^{-1}$  da produção de fibras do algodão, a solução ajustada ao pH 6 resultou no aumento de  $134 \text{ kg ha}^{-1}$  e a solução sem ajuste de pH causou aumento de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$ , comparando-se com o tratamento testemunha.

Coker et al. (2000), notaram efeito positivo do uso de  $KNO_3$  via foliar sobre o número de capulhos por unidade de área, independentemente da disponibilidade de K do solo (alta ou baixa) e apenas uma tendência de maior produção de fibras nas parcelas com baixa disponibilidade de K no solo. Quando solo apresentava baixa disponibilidade de K, o teor de K nos tecidos da planta (caule, pecíolo, limbo e planta inteira), três semanas após florescimento, sofreu efeito significativo da aplicação foliar de  $KNO_3$ .

Na seqüência do trabalho, Coker et al. (2001c) relatam que o número de capulhos por unidade de área, o rendimento da fibra e a produção de fibras não se alteraram pela aplicação foliar de  $KNO_3$ , independentemente do nível de K (alto ou baixo) e água (irrigado ou não) no solo, apesar do aumento significativo do peso do capulho. Nas condições de boa disponibilidade de água e aplicação de K no

solo, a aplicação foliar de  $\text{KNO}_3$  provocou aumento significativo da produção de fibra (devido maior peso do capulho), mas em solo não irrigado houve decréscimo. Na parcela sem uso de irrigação e sem aplicação de K no solo, a pulverização com  $\text{KNO}_3$  promoveu aumento significativo do rendimento e da produção da fibra.

Bednarz et al. (1999) reportam que a fertilização foliar (com K, P, Zn, Fe, Mn, B e Ca) do algodoeiro a partir do início do aparecimento dos botões florais não resultou em melhores produções, comparados com o tratamento testemunha, apesar de não ser constatada qualquer deficiência nutricional na parcela testemunha.

No experimento realizado por Carvalho et al. (2001), em solo com médio teor de K ( $18 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), o uso da adubação foliar com KCl (até  $48 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ , parcelados), ou em conjunto com uréia (até  $48 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O} + 90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , parcelados), não resultou em diferenças significativas na produtividade, nem no rendimento das fibras do algodoeiro variedade “IAC-22”. O teor foliar de K no limbo das folhas adjacentes às maçãs, aos 100 dias após emergência, variou entre 0,43 e 0,86%, conforme a dose de K aplicada.

Buendia e Neptune (1971), mostraram que a adubação foliar com nitrogênio (uréia), fósforo (superfosfato) e potássio (KCl) até a dose de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  do elemento, não promoveu alteração significativa da produtividade, do número de frutos e dos teores dos elementos no pecíolo.

Aplicações foliares de K durante o crescimento das maçãs pode ser benéfico quando o nível de K no solo está inadequado devido à fixação do K, baixa quantidade de K determinada pela análise química, ou pelo pobre crescimento radicular, e quando a análise do pecíolo indicar uma proximidade de escassez de K. Aplicações foliares de K podem oferecer a oportunidade de corrigir essas deficiências mais rápida e eficientemente, especialmente no final do ciclo quando a aplicação de K no solo pode não ser efetiva ou possível. Aplicação foliar tem a vantagem de permitir que o agricultor adicione a quantidade necessária de K quando a análise do tecido

indicar uma proximidade de escassez e, portanto, corrigir a deficiência e prevenir perda de produção. É do interesse que a aplicação foliar de um nutriente possa promover a absorção radicular do mesmo nutriente. O nível limite de K no pecíolo decresce de cerca de 5,0% na época da emissão da primeira flor para cerca de 2,0% perto da abertura do capulho. Três ou quatro aplicações de K poderiam ser realizadas durante as primeiras cinco semanas do crescimento das maçãs com 7 a 10 dias de intervalo, começando com o início do florescimento. A quantidade mínima de 4,5 kg ha<sup>-1</sup> de K deve ser usada em cada aplicação, e a fonte recomendada de K é o KNO<sub>3</sub>, embora o K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ou K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub> parecem trabalhar quase tão bem (OOSTERHUIS, 2001).

Em três anos de estudos (doze localidades), avaliando-se os efeitos da aplicação foliar de KNO<sub>3</sub> comparadas com a aplicação no solo de KCl, sobre a produção e qualidade da fibra do algodoeiro, mostrou-se que o uso de K via foliar resultou em aumento significativo de produção em 40% das vezes. Quando da aplicação de <sup>42</sup>KNO<sub>3</sub> na folha, o <sup>42</sup>K move-se para o interior da folha e aos frutos dentro de 20 horas. Outros estudos, usando rubídio, indicaram que o K penetra inicialmente na folha dentro de 6 horas e então em grandes quantidades entre 6 e 48 horas após a aplicação, sendo translocado aos frutos em desenvolvimento com um pequeno atraso durante o mesmo período. A aplicação de potássio via foliar tem ocasionado aumento do conteúdo de K e do peso seco das fibras do algodão (OOSTERHUIS, 2001).

Snyder (1997) reporta que nas pesquisas com adubações foliares realizadas no cinturão de algodão norte-americano, as respostas às adubações com K são mais prováveis em solos com baixo teor de K e onde doses insuficientes de K são aplicadas nestes solos. Culturas com grande carga de capulhos, com a atividade radicular restringida pela seca ou compactação, também podem responder à adubação foliar com K.

Snyder (1997) cita que o potássio aplicado nas folhas do

algodoeiro foi encontrado nos frutos 24 horas após a aplicação, confirmando a força da maçã como dreno de potássio. Respostas ocasionais para aplicações foliares semanais de  $5 \text{ kg ha}^{-1}$  de K, começando no início do florescimento e repetidas três vezes, aumentaram entre  $100$  e  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  a produção de fibra. Tamponando o pH das soluções foliares de fertilizantes potássicos na faixa de 4,0 a 6,0, pode-se aumentar a resposta de produção do algodão, comparadas com soluções não tamponadas. Na região da Califórnia, EUA, as respostas às adubações foliares com K tendem ser mais consistentes que em outras regiões, possivelmente devido às melhores condições de crescimento e um potencial de rendimento geralmente mais alto. As melhores respostas têm ocorrido quando as aplicações foliares de K são feitas 7 a 14 dias após o início do florescimento, e novamente, as respostas ocorrem principalmente em solos com alto potencial de fixação de K e as produções de fibra variaram de  $1300$  a  $1500 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Weir (1999) citado por Coker et al. (2001a), trabalhando durante cinco anos com fertilização foliar potássica em algodoeiro irrigado, mostrou que os maiores benefícios sobre a produção ocorreram com aplicações feitas entre uma e três semanas após o início do florescimento.

Coker et al. (2001b), mostraram que não houve diferença significativa de produção devido à adubação foliar com K entre qualquer regime hídrico (irrigado ou não irrigado), no experimento realizado na cidade de Clarkedale-USA. Entretanto, observou-se um aumento de 4,5% na produção de fibra em resposta à adubação foliar com K, quando o solo continha baixo teor de K, mas não quando o solo continha alto teor de K. Aplicações de K no solo, em pré-semeadura, propiciaram aumento médio de 5% sobre a produção de fibra do algodão sob condições de boa disponibilidade hídrica (irrigação), mas houve decréscimo de 3% em condições de sequeiro.

Coker et al. (2001a), mostraram que quatro pulverizações foliares semanais com  $\text{KNO}_3$  ( $11,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ) não promoveram diferenças significativas

na produção, rendimento e qualidade (micronaire, resistência, comprimento, uniformidade, alongamento) da fibra; no número e peso dos capulhos; nem no teor de K e N no pecíolo (analisado na 3ª ou 5ª semana após 1ª flor).

Abaye (1998), mostrou que três aplicações foliares de  $\text{KNO}_3$  (4,5 ou 6,7  $\text{kg ha}^{-1}$ ), com intervalo de duas semanas entre aplicações, começando no início do florescimento, não promoveram aumentos significativos na produção do algodoeiro, entretanto, houve aumento da produção quando o intervalo entre aplicações passou para 1 semana. Observa-se que houve adubação do solo com 56  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

O algodão cultivado em locais com conhecidos problemas de deficiência de K ou com solos de alta capacidade de fixação de K, pode ser beneficiado pela aplicação foliar de K, a partir do início do florescimento, na dose de 4,5  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  em uma ou duas aplicações, utilizando-se qualquer fonte de K nas soluções foliares, sendo o KCl e  $\text{KNO}_3$  mais solúveis e fáceis de usar (THOMPSON, 1999).

Segundo Oosterhuis (2001), a adubação foliar é usualmente apropriada somente quando a deficiência de nutriente é observada ou detectada pela análise de tecido. O pecíolo é geralmente considerado mais indicativo do “status” de N e K da planta de algodão do que o limbo foliar. Para o potássio, isto não é totalmente válido devido ao declínio mais rápido da concentração de K no pecíolo, comparado com o limbo, durante o período de desenvolvimento das maçãs. Resultados das análises de tecidos sozinhos não devem ser usados para se fazer recomendações de adubação, mas devem ser consideradas juntamente com outros fatores como: resultados da análise de solo; quantidade aplicada de calcáreo e adubo mineral ou orgânico; histórico das culturas na área; condição de umidade para a cultura; e potencial produtivo.

Coker e Oosterhuis (2001), pesquisaram em dois locais a adubação foliar do algodoeiro com  $\text{KNO}_3$ , em 4 aplicações semanais (11,2  $\text{kg ha}^{-1}$  por

semana), a partir do início do florescimento. Notaram que a adubação foliar não alterou a produção de fibra, o número de capulhos e o rendimento da fibra do algodão em solos com baixo ou alto teor de K ou com irrigação, mas aumentou o peso do capulho em solos contendo alto teor de K e irrigado. Sob condições de clima quente e seco, em solo com teor médio a alto de K, as produtividades não foram melhoradas pela adubação foliar, mesmo com uso de irrigação. Entretanto, em solo com baixo teor de K, a adubação foliar aumentou significativamente a produtividade na lavoura de sequeiro e irrigado devido ao aumento no rendimento da fibra, mas a quantidade e peso dos capulhos não mudaram. Estes estudos indicam que o teor de K no solo deve ser considerado na decisão sobre o uso da adubação potássica foliar, e que a resposta a esta adubação vai provavelmente diferir entre a lavoura de sequeiro e irrigada.

### **4.3 O nitrogênio na planta.**

#### **4.3.1 Absorção, transporte e redistribuição do nitrogênio.**

Malavolta et al. (1989) citam que a forma predominante de contato do nitrogênio com a raiz é por fluxo de massa (99%) e muito pouco por interceptação radicular (1%). O mecanismo de absorção é ativo, ou seja, com gasto de energia, e as concentrações na solução do solo estão entre 0,2 a 5,0 mM para nitrato e entre 0,002 e 1,8 mM para o amônio (GRASSI FILHO, 2000).

As plantas podem absorver o N através das raízes, em ordem crescente de preferência, nas formas de aminoácidos, amidas, uréia, amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). As formas de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  dependem da mineralização da matéria orgânica e do pH do solo, pois se o pH é ácido, predomina o amônio e se o pH tende à neutralidade, temos o nitrato (GRASSI FILHO, 2000).

Conforme Marschner (1995), o nitrato e o amônio são as maiores fontes de nitrogênio inorgânico assimilados pelas raízes das plantas. A maioria do amônio é incorporada por componentes orgânicos na raiz, enquanto que o nitrato

está prontamente móvel no xilema e também pode ser armazenado nos vacúolos das raízes, folhas ou órgãos de armazenamento. Entretanto, para que possa ser incorporado em estruturas orgânicas e poder realizar suas funções essenciais como nutriente para as plantas, o nitrato deve ser reduzido à amônia. A importância da redução e assimilação do nitrato para a vida da planta é similar à redução e assimilação do CO<sub>2</sub> na fotossíntese. Na maioria das espécies, tanto as raízes, como a parte aérea, são capazes de reduzir o nitrato, mas as raízes podem reduzir entre 5 e 95% do nitrato absorvido. No geral, quando o suprimento externo de nitrato é baixo, a maior parte é reduzida na raiz, mas, se a disponibilidade do nitrato aumentar, a capacidade de redução nas raízes torna-se limitante e há um aumento na translocação do nitrato para a parte aérea da planta. A proporção do nitrato que é reduzido pelas raízes aumenta com a temperatura (THEODORIDES e PEARSON, 1982, citados por MARSCHNER, 1995) e a idade da planta (HUNTER et al., 1982, citados por MARSCHNER, 1995).

Com potássio como cátion acompanhante, a translocação do potássio e do nitrato para a parte aérea, é rápida, e a redução do nitrato nas raízes torna-se relativamente menor. Em contraste, quando o cálcio ou sódio são cátions acompanhantes, a redução de nitrato nas raízes é consideravelmente maior (RUFTY et al., 1981; FÖRSTER e JESCHKE, 1993, citados por MARSCHNER, 1995).

Enquanto o nitrato pode ser armazenado em vacúolos sem efeitos prejudiciais, o amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), e sua parceira no equilíbrio de dissolução na água, a amônia (NH<sub>3</sub>), são muito tóxicas mesmo em concentrações baixas. A formação de aminoácidos, amidas e outros compostos, é o principal caminho para evitar intoxicação pelos íons amônio absorvidos pelas raízes, ou provenientes da redução do nitrato. Portanto, a assimilação de amônio pelas raízes exige fornecimento de grande quantidade de esqueletos carbônicos (MARSCHNER, 1995). Para minimizar os gastos com carbono para o transporte via xilema para a parte aérea, o amônio assimilado nas raízes (aminoácidos, amidas, etc) é transportado por compostos com relação N/C

maior que 0,4 (Ex.: glutamina, asparagina, arginina, alantoína) (STREETER, 1979, citado por MARSCHNER, 1995).

Conforme Grassi Filho (2000), tanto o transporte como a redistribuição de nitrogênio ocorrem sem problemas de impedimento no xilema e floema respectivamente. As formas de nitrogênio que ocorrem no transporte são:  $\text{NO}_3^-$ , aminoácidos e amidas. Na redistribuição o nitrogênio caminha pelo floema principalmente na forma de aminoácidos podendo também caminhar na forma de amidas.

O nitrogênio, na forma de amina, tem grande mobilidade pelo floema e o nitrato baixa mobilidade. Devido o nitrato possuir baixa mobilidade no floema, uma alta concentração de nitrato em folhas completamente expandidas (que possuem baixa capacidade enzimática de redução), não implicará no seu grande aproveitamento. Além do mais, se ocorrer uma diminuição no fornecimento de nitrato para as folhas, a indução para a maior liberação de nitrato armazenado nos vacúolos não será suficiente para manter um adequado metabolismo de nitrogênio pelas plantas (MARSCHNER, 1995). A interrupção do fornecimento de nitrato para as raízes poderá causar uma redução na atividade de redução nas folhas e na taxa de crescimento da parte aérea das plantas, mesmo havendo alto teor de nitrato nas folhas (BLOM-ZANDSTRA e LAMPE, citados por MARSCHNER, 1995).

Devido à existência de cargas negativas permanentes nos poros da cutícula foliar, há uma maior permeabilidade para os cátions enquanto que há uma repulsão aos ânions. Portanto, a absorção foliar de  $\text{NH}_4^+$  é mais rápida do que a absorção do  $\text{NO}_3^-$ . Particularmente, pequenas moléculas, desprovidas de carga, como a uréia, são rapidamente absorvidas pelas folhas (MARSCHNER, 1995). Entretanto, quando as soluções pulverizadas possuem altas concentrações, as diferenças entre a absorção da uréia, amônio e nitrato, são desprezíveis (MARSCHNER, 1995).

Grassi Filho (2000) reporta que a absorção foliar ocorre com maior rapidez quando se aplica o N na forma de uréia, sendo que 50% do N aplicado

é absorvido em até 36 horas. As demais formas de N, em ordem decrescente de preferência de absorção foliar, são: nitrato, amônio, aminoácidos de cadeia pequena (3 a 6 carbonos).

Segundo Oosterhuis (2001), estudos realizados no Estado de Arkansas, nos Estados Unidos, demonstraram que 30% do N aplicado na forma de  $^{15}\text{N}$ -uréia foi absorvido pelas folhas na primeira hora após a aplicação, sendo que 60-70% do total aplicado foi absorvido em 48 horas. A maior parte do nitrogênio absorvido pelas folhas moveu-se para a maçã localizada mais perto da folha pulverizada, dentro de 6 a 24 horas. Além do mais, a absorção do  $^{15}\text{N}$  pela parte aérea do algodoeiro foi maior durante a fase de florescimento (60% do total aplicado foi absorvido) e então declinou acentuadamente para 40% durante as primeiras três semanas após o florescimento, e então caiu a menos de 30% com a continuidade do ciclo. Este declínio foi associado com o aumento da idade média das folhas e com o aumento da cerosidade das folhas velhas. Isto explica parcialmente a menor resposta à adubação foliar durante as três semanas após o florescimento. Estudos recentes têm demonstrado que o tamanho da carga de maçãs em desenvolvimento tem o maior efeito sobre o conteúdo de N no pecíolo da folha e sobre a resposta da planta à aplicação foliar de N.

A absorção do nitrogênio do solo começa devagar, mas acelera ao máximo no pico do florescimento. Antes do florescimento, as folhas são o dreno primário para o N, mas após formação das maçãs, o dreno é a semente. A máxima taxa de absorção diária durante o enchimento dos frutos chega a 2,5 a 3,6 kg ha<sup>-1</sup> (THOMPSON, 1999).

Rosolem e Mikkelen (1989) mostraram que a principal fonte de N dentro da planta de algodão após o aparecimento do primeiro botão floral, são as folhas. O caule e casca do fruto atuam como órgãos de reserva temporários, remobilizando o N para as sementes no final do ciclo de crescimento do algodão, enquanto que as raízes são bastante neutras.

### **4.3.2 Funções do nitrogênio na planta**

Segundo Malavolta et al. (1989), o nitrogênio tem função estrutural, pois é componente de aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucleicos, enzimas, coenzimas, vitaminas, glico e lipoproteínas, pigmentos e produtos secundários. Também possui função de ativador de enzimas (constituente), participando de processos como a absorção iônica, fotossíntese, respiração, sínteses, multiplicação e diferenciação celulares, e herança gênica.

Oosterhuis (2001) cita que o N está envolvido em numerosos processos fundamentais como o da síntese de proteínas, da fotossíntese, da partição de carbono e da atividade de enzimas e hormônios.

Segundo Thompson (1999), o nitrogênio é essencial para a síntese de clorofila e como componente da molécula de clorofila, que está envolvida na fotossíntese. É também componente de aminoácidos, proteínas, vitaminas e sistemas de energia na planta.

A acumulação de nitrato nos vacúolos das raízes, folhas ou órgãos de reserva pode ter uma importância considerável para o balanço catiônico, para o equilíbrio osmótico e para a qualidade de vegetais e de espécies forrageiras (MARSCHNER, 1995).

### **4.3.3 O nitrogênio e a qualidade da fibra do algodão**

O comprimento da fibra é a característica mais beneficiada pela adubação nitrogenada adequada. Algumas vezes, a maturidade e o índice micronaire também foram melhorados pela adubação nitrogenada (SILVA, 1999).

Pettigrew et al. (1996), estudando oito diferentes genótipos de algodoeiro, não encontraram respostas significativas à aplicação de nitrogênio para as

características de resistência, comprimento, maturidade, micronaire ou perímetro da fibra.

Em cinco anos de estudo, Ebelhar et al. (1996), citados por Bradow e Davidonis (2000), mostraram que o índice micronaire decresceu com o aumento da quantidade de N aplicado (101-202 kg ha<sup>-1</sup>), mas só com a fibra proveniente da primeira colheita.

#### **4.3.4 Necessidades e teor adequado de nitrogênio no algodoeiro**

Oosterhuis (2001), reporta que a adubação nitrogenada é uma prática crítica para a cultura do algodão devido os solos cultivados serem freqüentemente mais deficientes em N do que qualquer outro nutriente, e a fertilização com N representa um custo significativo na produção do algodão.

Para produção de 1000 kg ha<sup>-1</sup> de algodão, um total entre 48 e 85 kg ha<sup>-1</sup> de N é acumulado pela parte aérea das plantas, sendo exportados 43% na média (FURLANI JR et al., 2000; FUNDAÇÃO MT, 1997; STAUT, 1996; citados por ROSOLEM, 2001b).

Segundo Oosterhuis (2001), o total de N requerido durante um ciclo do algodoeiro varia entre 50 e 300 kg ha<sup>-1</sup>. O N removido pela fibra e semente perfaz cerca de 43-60% do total do N da planta. Os frutos são o dreno dominante para o N durante seu desenvolvimento e a redistribuição dentro da planta acontece. O pico de absorção diário de N varia entre 0,6 e 5,7 kg ha<sup>-1</sup>, na condição de sequeiro, e entre 1,5 a 4,6 kg ha<sup>-1</sup>, irrigado.

Conforme Silva (1998), a planta de algodão extrai do solo cerca de 59 kg de N para caca 1000 kg de algodão em caroço produzido e a parte colhida (algodão em caroço) contém cerca de 23 kg de N.

Os limites de interpretação do teor adequado de N na matéria seca está entre 3,5 e 4,3%, analisando a amostra composta de limbos coletados das

5<sup>as</sup> folhas a partir do ápice da haste principal, de 30 plantas, durante o florescimento (80-90 dias da emergência) (SILVA et al., 1995; SILVA, 1998). Já, Malavolta et al. (1989), indicam que o teor adequado de N na matéria seca de amostras compostas por 30 limbos foliares adjacentes a maçãs, no início do florescimento, deve estar entre 3,5 e 4,0%.

Segundo Thompson (1999), o nitrogênio é requerido em grandes quantidades pelo algodão mais do que outros nutrientes essenciais. Sendo móvel na planta e no solo, pode ser perdido pelo solo através da lixiviação e desnitrificação. Para produzir 100 kg ha<sup>-1</sup> de fibra o algodão extrai cerca de 19,9 kg de N. Em plantas maduras, a semente contém cerca de 42,4% do N.

Snyder (1998), indica que aproximadamente 41 kg ha<sup>-1</sup> de N são absorvidos do solo para produção de 100 kg de fibras de algodão. Picos de absorção de N ocorrem entre 60 e 80 dias após sementeira do algodão, chegando a 4,5 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

#### **4.3.5 Deficiência de nitrogênio no algodoeiro**

Silva et al. (1995), descreve que o sintoma de deficiência de nitrogênio no algodoeiro inicia-se com um amarelamento uniforme da parte vegetativa, com destaque para as folhas mais velhas, do “baixeiro” das plantas, onde surgem pontos avermelhados e/ou pardos nos limbos. Há redução na velocidade de crescimento do algodoeiro, que apresenta caule principal com internódios curtos e com poucos ramos vegetativos. Os pecíolos e as folhas são menores e mais escassos, ocorrendo queda anormal de botões florais, de flores e de frutos novos. Com o tempo, a coloração das folhas evolui para vermelho-carmim e mesmo bronzeada, culminando com a seca e queda prematuras e, conseqüentemente, com a maturação precipitada dos frutos. As plantas não alcançam desenvolvimento normal e são pouco produtivas. Na lavoura, a anomalia pode atingir grandes áreas e é mais freqüente em solos

intensamente cultivados ou em solos leves (arenosos), lavados por chuvas excessivas.

A deficiência de nitrogênio no algodoeiro resulta em plantas baixas e atrofiadas, com folhas verde-pálidas que podem ficar penduradas ou curvarem-se para baixo. As folhas da parte de baixo da planta podem desenvolver uma coloração vermelha. Os sintomas foliares geralmente aparecem primeiro nas folhas mais velhas devido à alta mobilidade do N na planta. Com a progressão da deficiência, as folhas mais velhas ficam muito pálidas e começam a mostrar necrose e morte foliar, e senescência prematura (OOSTERHUIS, 2001).

Thompson (1999) relata que os sintomas da deficiência de N no início do ciclo do algodoeiro incluem um amarelamento da folha começando com as folhas da parte mais baixa da copa. Plantas são atrofiadas e poucos ramos vegetativos se desenvolvem. Os ramos frutíferos são curtos. As folhas são reduzidas no tamanho. Muitas maçãs caem nos primeiros 10 a 12 dias do florescimento. A deficiência de N no fim do ciclo encontra folhas avermelhadas e muitos frutos caídos. O corte fisiológico (“cut-out”) normalmente ocorre prematuramente.

Excessiva aplicação de N promove crescimento vegetativo e reduz a retenção das maçãs inicialmente formadas, causando crescimento da planta e atrasando a maturação. Isto pode levar a um excessivo apodrecimento das maçãs. A altura das plantas pode dificultar a desfolha (THOMPSON, 1999).

Rosolem e Bastos (1997), estudando a deficiência de N do algodoeiro em solução nutritiva por um período de 65 dias, mostraram que a planta apresentou um amarelamento uniforme da parte vegetativa, mais intenso nas folhas mais velhas, as quais caíram com o tempo, já amarelas. O sintoma progrediu em direção às partes mais novas da planta. Não houve aparecimento de avermelhamento da planta devido, possivelmente, às plantas terem sido colhidas antes do final do ciclo, e o avermelhamento só ocorrer em estágios mais avançados. A matéria seca, o número de maçãs, a altura e o diâmetro do caule foram prejudicados pela deficiência de N. O número de nós foi mais afetado que o tamanho do entrenó, indicando a importância do

N, não só no crescimento como na divisão celular.

Wullschleger e Oosterhuis (1990), estudaram os efeitos da deficiência de N no algodoeiro e mostraram que plantas deficientes em N diminuíram o número e o peso dos frutos, a produção de algodão em caroço, o índice de área foliar (I.A.F.) e a área de uma folha. Apesar dessas reduções, a fotossíntese, transpiração e a condutância estomática das folhas do terço superior da planta não foram afetadas pela deficiência de N. A Fotossíntese total da copa, em relação à área foliar, foi aumentada nas plantas deficientes de N devido à maior distribuição de luz associada com o reduzido I.A.F. A taxa fotossintética da copa, por unidade de área, e o peso de um capulho, não foram alterados nas plantas deficientes. Nota-se, entretanto, que os teores de N no pecíolo foram adequados e estatisticamente iguais nas plantas testemunha (3,64%) comparadas às deficientes (3,49%).

Zhao e Oosterhuis (2000), estudaram que a deficiência de nitrogênio durante a fase reprodutiva do algodoeiro causa decréscimos da área foliar, da taxa de fotossíntese líquida foliar, do conteúdo de clorofila na folha, mas aumenta o conteúdo de amido e outros carboidratos não estruturais. O decréscimo na taxa fotossintética pode estar relacionado com a senescência precoce da folha, causada pela menor translocação de carboidratos da folha para os frutos. Conseqüentemente, aumenta-se a abscisão de frutos e diminui-se a produtividade. Nem o rendimento da fibra nem o peso do fruto foram afetados pela deficiência de N.

Malik et al.(1978) reportam que a escassez de N aumenta o número de dias para o aparecimento do primeiro botão e da primeira flor, mas não há influência sobre o nó do ramo principal que se desenvolve o primeiro ramo frutífero. A falta de N também causa diminuição da quantidade de sítios frutíferos produzidos na planta.

#### **4.4 Adubação nitrogenada do algodoeiro**

Rosolem (2001b) reporta que, mesmo quando existe resposta a doses de N acima de 100 ou 120 kg ha<sup>-1</sup>, em cobertura, estas doses não são econômicas. Silva et al. (1993), concluíram que doses acima de 70 kg ha<sup>-1</sup> de N não seriam econômicas no estado de São Paulo. Por outro lado, um excesso de adubação nitrogenada provoca um aumento no tamanho dos frutos da parte superior da planta, mas em contrapartida os frutos da parte mediana e baixa da planta são diminuídos, não havendo aumento de produção (BOQUET et al., 1994).

Rosolem (2001b) relata que na variedade de algodoeiro ITA-90 a intensidade de absorção do N é muito baixa nos primeiros 40-45 dias, até o aparecimento dos botões florais. A partir deste ponto, a intensidade de absorção aumenta muito, até atingir valores da ordem de 5,5 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, por volta dos 75-80 dias após a emergência, declinando a seguir. Assim, considera de pouca valia a aplicação tardia de N, por exemplo, aos 80 dias após a emergência.

Enquanto houver um número significativo de maçãs se desenvolvendo, pode existir um potencial para resposta ao nitrogênio; entretanto, o N absorvido após os 90 dias da emergência é acumulado principalmente nas folhas da parte mediana e do ponteiro da planta. Em plantas bem nutridas, menos de 30% do N absorvido nesta época será destinado aos frutos (ROSOLEM e MIKKELSEN, 1989).

Rosolem (2001b) indica que não se deve pensar em adubação nitrogenada sem levar em consideração o desenvolvimento vegetativo da planta, pois sempre que houver aumento na disponibilidade de N haverá desenvolvimento vegetativo, muitas vezes em detrimento do crescimento reprodutivo. Até os 70 dias após a emergência existe uma correlação positiva entre aumento da altura do algodoeiro e produtividade, ao passo que após os 70 dias essa correlação torna-se negativa. Assim, não é interessante induzir crescimento vegetativo após os 70 dias, a não ser em condições especiais. Portanto, não se justifica o parcelamento tardio da cobertura nitrogenada.

Silva (1999), relata que muitos agricultores têm realizado três ou até mesmo quatro coberturas nitrogenadas até os 90-110 dias após a emergência, embora a experimentação em regiões mais tradicionais não recomendasse essa prática.

Rosolem (2001b) cita que não se aconselha mais do que duas adubações nitrogenadas na cultura do algodão. Entretanto, os trabalhos de Malik et al. (1978), citados por Rosolem (2001b), indicaram que o aparecimento de deficiência de N antes do aparecimento do primeiro botão floral pode ocasionar um atraso no ciclo da cultura, provocando um aumento do custo de produção.

A adubação nitrogenada em cobertura deve ser realizada até os 55-60 dias após a emergência das plantas, divididas em, no máximo, duas aplicações. Aplicações mais tardias, além de não resultarem em maior produtividade, podem induzir maior crescimento vegetativo e alongar o ciclo da planta, ocasionando aumento de custo, queda de estruturas reprodutivas, maior porcentagem de carimãs ou capulhos apodrecidos na parte mais baixa da planta (ROSOLEM, 2001b).

Rosolem et al. (1998) demonstraram que o algodoeiro é muito sensível à compactação do solo. Um aumento da resistência do solo à penetração de até 20 kgf cm<sup>-2</sup> reduz o crescimento radicular do algodoeiro a menos de 5% do crescimento que ocorreria se não houvesse limitação. Assim, diferenças de resposta à adubação nitrogenada podem ser devido às limitações físicas do solo. Tais limitações podem impedir uma exploração adequada das reservas de nutrientes do solo pelas raízes (ROSOLEM, 2001a).

Para Oosterhuis (2001), a época e o método da adubação nitrogenada nos Estados Unidos, difere muito entre regiões. Tipicamente, o nitrogênio é aplicado em sulcos, usando a metade da quantidade antes da semeadura e a outra metade antes do florescimento. Entretanto, menos de 10% da área cultivada com algodão atualmente recebe N na semeadura e menos de 5% recebem adubação foliar. A quantidade aplicada varia entre 90 e 140 kg ha<sup>-1</sup> de N em lavouras irrigadas, e cerca da metade disso em lavouras de sequeiro.

Snyder (1997) relata que as doses de nitrogênio recomendadas para a cultura do algodão na região sudeste dos Estados Unidos variam de 60 a 80 kg ha<sup>-1</sup>, em lavouras de sequeiro, até 120 kg ha<sup>-1</sup>, com irrigação. Na região centro-sul, as doses variam de 70 a 100 kg ha<sup>-1</sup> nas lavouras de sequeiro, e de 100-170 kg ha<sup>-1</sup> nas culturas irrigadas. Doses adicionais (25-45 kg ha<sup>-1</sup>) são usadas em solos com maior teor de argila, onde as eficiências de uso do N são menores. Nos estados com planícies mais secas, 60 a 70 kg ha<sup>-1</sup> de N são usados para cada 500 kg ha<sup>-1</sup> de rendimento projetado. Nos estados da região oeste, as doses variam de 110 a 220 kg ha<sup>-1</sup>.

Quando a dose de N a ser aplicada ao solo for superior a 70 kg ha<sup>-1</sup> esta dose é dividida em duas aplicações, uma em pré-semeadura e outra em cobertura durante a fase de formação do botão floral e o início do florescimento. Com doses maiores de N (100-170 kg ha<sup>-1</sup>), freqüentemente se usa 1/3 da dose na pré-semeadura, 1/3 na formação do botão floral e 1/3 no início do florescimento (SNYDER, 1997).

Diversas fontes de N são usadas nas adubações do solo, entre elas a uréia, amônia anidra, nitrato de amônio, etc. (SNYDER, 1997).

Para Silva e Rajj (1996), a adubação com N na semeadura deve ser feita na dose de 10 kg ha<sup>-1</sup>, independentemente da expectativa de produtividade. Porém, a dose deve ser complementada com adubação em cobertura, de acordo com a produtividade esperada e a classe de resposta a N do solo. Assim, a adubação em cobertura pode ser recomendada em quantidades entre 15 e 70 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

Snyder (1998) reporta que aplicações de N no solo deve ser desencorajada após as primeiras semanas do florescimento para reduzir os riscos associados com: o exuberante crescimento vegetativo e a excessiva dependência de reguladores de crescimento para controlar altura da planta; atraso na maturidade e dificuldade com a desfolha e o preparo da colheita; e, com a prolongada atratividade da planta aos insetos.

MacConnell et al. (2001), pesquisando a resposta de 4 variedades de algodoeiro em função da adubação nitrogenada (0 a 150 kg ha<sup>-1</sup> de N) mostraram que a produção do algodoeiro é maximizada com adubação do solo perto de 112 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. As variedades de maturação mais lenta podem requerer um pouco menos de adubo nitrogenado do que as variedades de maturação rápida.

Silva et al. (1974) mostraram que a adubação com N (até 60 kg ha<sup>-1</sup>) não altera a precocidade de colheita do algodoeiro, mas as características produtivas (peso de 1 capulho, peso de 100 sementes e rendimento de fibra) aumentaram; o comprimento e a resistência das fibras foram aumentadas somente em condições de alta disponibilidade de K no solo.

#### **4.4.1 Adubação foliar**

Oosterhuis (2001) relata que a prática da adubação foliar nitrogenada no algodoeiro varia conforme a região dos Estados Unidos, podendo haver uma ou varias aplicações, usualmente combinadas com outros produtos agroquímicos. Geralmente as pulverizações com N são realizadas em lavouras irrigadas. No Texas, as pulverizações com N são exclusivas de lavouras de sequeiro, quando ocorre uma adequada quantidade de chuvas.

A pratica da adubação foliar nitrogenada não é comum entre os países produtores de algodão, exceto para a Grécia onde cerca de 15% da área de algodão recebe N via foliar. Na Austrália, a adubação foliar nitrogenada tem mostrado benefícios quando realizada antes da inundação. Em algumas regiões como o Arizona e Grécia, o N é freqüentemente aplicado com a água de irrigação (fertirrigação) (OOSTERHUIS, 2001).

Embora a adubação foliar com N no algodão ser amplamente usada, sua eficiência tem sido questionada devido às inconsistentes respostas na produção (OOSTERHUIS, 2001).

Silva (1998; 1999) indica que a pulverização foliar do algodoeiro com N é uma alternativa para corrigir eventuais deficiências que ocorram na fase de frutificação, devendo-se aplicar uréia em concentrações entre 5 e 7%, a baixo volume, em mistura com inseticida, nas horas mais frescas do dia.

Snyder (1997) reporta que a adubação foliar com uréia é praticada comumente nas regiões oeste e centro-sul dos Estados Unidos, baseada nas análises de pecíolo e/ou através de observações do rápido desenvolvimento dos capulhos e do alto potencial de produção. O nível de suficiência de N-NO<sub>3</sub> nos pecíolos, usados pela Universidade de Arkansas, deve estar entre 1,0 e 3,5% no início do florescimento e entre 0,5 e 2,0% três semanas após início do florescimento.

Carvalho et al. (2001) pesquisaram a aplicação de nitrogênio via foliar usando, além da testemunha, quatro doses de uréia em duas (22,5 kg ha<sup>-1</sup>), quatro (45,0 kg ha<sup>-1</sup>), seis (67,5 kg ha<sup>-1</sup>) ou oito (90,0 kg ha<sup>-1</sup>) aplicações semanais, a partir do florescimento, e notaram que com o aumento da dose, foram aumentados as produtividades e o teor de N nos tecidos. A maior dose proporcionou o maior valor de produtividade, diferindo estatisticamente somente da testemunha e da menor dose. Não foram alterados os parâmetros de altura de planta, número de entrenós, número de ramos frutíferos, rendimento de fibra, peso de um capulho e número de capulhos.

Coker et al. (2001a) pesquisaram a aplicação de adubos foliares no algodão e notaram que a produção e a qualidade da fibra (micronaire, resistência, comprimento, uniformidade e alongamento) não foram alteradas pelo uso de uréia (9,5 a 38,0 kg ha<sup>-1</sup> de N) ou KNO<sub>3</sub> (44,8 kg ha<sup>-1</sup>) via foliar, isto foi, em parte, devido ao adequado nível de nutrientes no solo, além da regular incidência de chuvas, que reduziu o estresse durante a fase de enchimento dos frutos. Também, a pouca presença de insetos-praga permitiu uma maior retenção de botões e frutos.

Snyder (1998) comenta que respostas à adubação foliar de N são conseguidas quando: uma quantidade inadequada de N é aplicada ao solo; quando o N é perdido pelo solo (lixiviação, desnitrificação, volatilização, imobilização, ou uma

combinação destes fatores); quando a umidade do solo limita temporariamente a disponibilidade de N; quando a irrigação, ou uma quantidade adequada de chuvas, aumentam o potencial de produtividade; quando a análise do teor de N nos tecidos indicar escassez; quando o controle dos insetos-praga estiver adequado; quando a planta ainda está desenvolvendo a carga de frutos; quando há tempo suficiente para maturação dos frutos que serão alvos do N proveniente da aplicação foliar. Além do mais, a capacidade de reserva de N dentro da planta e a habilidade da planta transportar N dos tecidos mais velhos para os mais novos, também influenciam a necessidade e a resposta à adubação foliar suplementar com N. As aplicações foliares devem ser iniciadas a partir do começo do florescimento e continuar pelas seis semanas seguintes, apesar do número de pulverizações não ser precisamente determinado.

McConnell et al. (1999), após cinco anos de pesquisas com a aplicação foliar de 33,6 kg ha<sup>-1</sup> de uréia (15 kg ha<sup>-1</sup> N) de N, juntamente com a aplicação no solo de 0 a 168 kg ha<sup>-1</sup> de N, mostraram que as aplicações foliares podem aumentar a produção do algodão quando a aplicação de N no solo for baixa. A concentração de N no pecíolo foi dependente da adubação de N no solo, e os tratamentos foliares com N não produziram efeitos significativos sobre a concentração de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no pecíolo.

Portanto, através da presente revisão de literatura, observa-se que há uma carência de estudos sobre adubação potássica via foliar do algodoeiro, com ênfase no efeito sobre a qualidade da fibra, nas condições brasileiras. A maioria dos experimentos abordados foi realizada nos EUA, onde há programas governamentais e institucionais estabelecidos para pesquisar os mais diversos aspectos da cultura do algodoeiro.

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos, num total de três, foram desenvolvidos durante dois anos agrícolas: 1999/2000 e 2000/2001, empregando-se a variedade de algodão “DeltaOpal”.

No primeiro ano foram instalados dois experimentos, em duas localidades: um na fazenda Cachoeira e outro na fazenda Montanha. No segundo ano foi instalado um experimento na fazenda Santa Catarina. Todas as fazendas pertencem a cotonicultores tradicionais, localizadas em região com altitude média de 500 m, e seus dados geodésicos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados geodésicos dos locais de instalação dos experimentos.

Local	Município	Coordenadas geográficas	
		Longitude	Latitude
Fazenda Cachoeira	Pederneiras-SP	-48° 50' 13"	-22° 22' 15"
Fazenda Montanha	Boracéia-SP	-48° 50' 00"	-22° 09' 46"
Fazenda Santa Catarina	Boracéia-SP	-48° 47' 30"	-22° 11' 08"

Em ambos os anos de estudos, as parcelas constaram de cinco linhas de algodão, com cinco metros de comprimento, dispostas em blocos casualizados, com quatro repetições. Entre cada bloco deixou-se uma linha de algodão sem tratamento, e, entre parcelas, 1,0 m de intervalo, também sem tratamento. O espaçamento entrelinhas adotado foi de 0,90 m, assim, a área da parcela totalizava 22,5 m<sup>2</sup>. O solo foi preparado de modo convencional nas três localidades.

Os tratamentos que receberam nitrato de potássio via foliar, foram empregados 133,3 litros de água por hectare na formulação da calda de pulverização. Utilizou-se pulverizador portátil costal de pressão constante (gás carbônico) com capacidade para 2 litros de calda. Antes de cada reabastecimento do pulverizador, o pH da calda era abaixado para 5,0 pela adição de ácido nítrico com concentração 1 molar. Como fonte de nitrato de potássio, utilizou-se o produto comercial “Multi-K” (46% K<sub>2</sub>O, 13%N), da empresa Stoller.

A variedade de algodoeiro ‘DeltaOpal’, produzida pela empresa “Delta and Pine Land Brasil Ltda.”, é do tipo herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.), com ciclo de 140 a 160 dias (médio) da emergência até a colheita, e de 50 a 60 dias da emergência até início do florescimento. Possui hábito de crescimento indeterminado, com altura média da planta de 1,40 m e precocidade de maturação de 85 dias. Seu potencial produtivo é de 4500 kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço, com 39 a 41 % de rendimento de fibras, é recomendada para alto nível de tecnologia. Possui resistência moderada a alta contra as mais importantes doenças como: manchas foliares (Mancha angular, mancha de *Alternaria*, mancha de *Stemphyllium*, mancha de *Verticillium*), bacteriose, doença azul (M.N.F.R.B.), murcha de *Fusarium*,

murchamento avermelhado, ramulose e viroses. Possui também moderada resistência a nematóides. É suscetível à seca e resistente ao acamamento. Sua fibra possui comprimento médio e forte resistência à tração (BRASIL, 2002).

### **5.1 Primeiro ano de experimentação (1999/2000)**

O algodão foi semeado nos dias 09 (Fazenda Montanha) e 10 (Fazenda Cachoeira) e emergiu dia 19 de novembro de 1999. A adubação de semeadura empregou 310 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 04-30-16, ou seja, 12,4 kg ha<sup>-1</sup> de N, 93,0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 49,6 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Foram feitas duas adubações de cobertura, a primeira aos 30 dias após emergência (D.A.E.) com 145 kg ha<sup>-1</sup> de uréia (65,0 kg ha<sup>-1</sup> de N) e a segunda aos 50 D.A.E. com 124 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 25-00-25 (31,0 kg ha<sup>-1</sup> de N e 31 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O).

Utilizou-se duas doses de KNO<sub>3</sub>, 16 e 32 kg ha<sup>-1</sup>, via foliar, parceladas em duas (dose total de 16 kg ha<sup>-1</sup>) ou quatro aplicações (dose total de 32 kg ha<sup>-1</sup>) de 8 kg ha<sup>-1</sup> cada uma, variando-se a época de início de cada tratamento a partir da primeira semana do florescimento. Um tratamento sem aplicação de KNO<sub>3</sub> serviu como testemunha. Nota-se que a dose de 16 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> equivale à quantidade de 7,4 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 2,1 kg ha<sup>-1</sup> de N.

O esquema dos dez tratamentos realizados no primeiro ano de estudo (1999/2000), encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Esquema dos tratamentos com  $\text{KNO}_3$  aplicado via foliar nas Fazendas Cachoeira (Pederneiras-SP) e Montanha (Boracéia-SP), em 1999/2000.

Tratamento n°	Semana do florescimento								Total Aplicado kg ha <sup>-1</sup>
	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	
	----- Dias após emergência -----								
	59	66	73	81	89	95	103	111	
	----- $\text{KNO}_3$ - kg ha <sup>-1</sup> -----								
1-Test.	-	-	-	-	-	-	-	-	0
2	8	8	-	-	-	-	-	-	16
3	-	-	8	8	-	-	-	-	16
4	-	-	-	-	8	8	-	-	16
5	-	-	-	-	-	-	8	8	16
6	8	8	8	8	-	-	-	-	32
7	-	8	8	8	8	-	-	-	32
8	-	-	8	8	8	8	-	-	32
9	-	-	-	8	8	8	8	-	32
10	-	-	-	-	8	8	8	8	32

Os dados de umidade relativa e temperatura do ar nos momentos das pulverizações encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Temperatura (T) e Umidade Relativa do ar (UR) registradas no campo durante as pulverizações nas fazendas Cachoeira (Pederneiras-SP) e Montanha (Boracéia-SP), no ano 1999-2000.

Semana do florescimento	DAE*	Faz.Cachoeira		Faz.Montanha	
		T (°C)	UR (%)	T (°C)	UR (%)
1 <sup>a</sup>	59	33	79	32	87
2 <sup>a</sup>	66	33	72	25	72
3 <sup>a</sup>	73	27	73	22	77
4 <sup>a</sup>	81	23	76	31	61
5 <sup>a</sup>	89	31	75	26	77
6 <sup>a</sup>	95	31	68	27	75
7 <sup>a</sup>	103	33	71	26	79
8 <sup>a</sup>	111	32	68	31	68

\*Dias após emergência

O início das pulverizações ocorreu aos 59 dias após emergência da cultura (1<sup>a</sup> semana do florescimento), quando mais de 50% das plantas portavam

pelo menos uma flor branca aberta.

Os solos das fazendas Cachoeira (Pederneiras-SP) e Montanha (Boracéia-SP) são classificados como latossóis vermelho-escuro, e as análises químicas dos mesmos, encontram-se nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 - Análise química do solo da Fazenda Cachoeira. (Pederneiras-SP, 1999/2000).

pH	M.O.	P <sub>resina</sub>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>			mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%
5,4	17	22	25	2,2	19	10	31	56	55

Tabela 5 - Análise química do solo da Fazenda Montanha. (Boracéia-SP, 1999-2000).

pH	M.O.	P <sub>resina</sub>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>			mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%
5,2	20	7	26	1,6	26	10	38	64	59

As avaliações foram as seguintes:

a. Uma semana após o término de cada série de aplicações, foram coletadas cinco folhas recém-maduras e cinco maçãs em desenvolvimento (diâmetro menor que 2 cm) de cada parcela tratada e da testemunha. Esse material foi secado, moído, digerido e analisado o teor de potássio;

b. Aos 88 dias da emergência do algodão, foram coletadas 10 folhas recém maduras de todas parcelas, para análise do teor de potássio, como no item anterior;

c. Quando as plantas atingiram cerca de 70% de capulhos (por volta de 155 D.A.E.), amostrou-se 40 capulhos por parcela, da parte mediana da planta, para análise da produção (peso dos capulhos, sementes e rendimento de fibra) e qualidade da fibra (comprimento, uniformidade de comprimento, índice de fibras curtas, tenacidade de ruptura, alongamento de ruptura, micronaire, maturidade, finura, contaminação por açúcar, cor ou amarelamento, grau de reflexão ou brilho e previsão

da tenacidade do fio), e em seguida realizada a primeira colheita do restante dos capulhos, manualmente. Foi colhida uma área útil de 10,8 m<sup>2</sup> de cada parcela, compreendendo as 3 linhas centrais de algodão, desprezando-se 0,5 m das suas extremidades. O peso da amostra de 40 capulhos mais o restante do algodão em caroço colhido serviram para determinação da produtividade da 1ª colheita;

d. Quando o restante dos frutos tornaram-se abertos, uma segunda colheita manual foi realizada e o algodão encaminhado para análise da produção e qualidade da fibra (como no item anterior). A produtividade total das parcelas foi determinada pela soma das produtividades da 1ª e 2ª colheitas;

e. Através da relação entre a produção por ocasião da primeira e a segunda colheita, foi estimada a precocidade;

f. Uma semana após o término de cada tratamento foliar com KNO<sub>3</sub>, e também por ocasião da primeira colheita, foram realizados os mapeamentos das estruturas vegetativas e reprodutivas das plantas (nº de nós vegetativos; nº de ramos reprodutivos; altura do ramo reprodutivo mais baixo contendo fruto; nº de nós acima do ramo mais baixo que continha fruto; quantidade de maçãs, capulhos e sítios de abortos). Amostrou-se cinco plantas por parcela.

Devido ao agricultor ter colhido acidentalmente o experimento instalado na fazenda Montanha, em Boracéia-SP, não foi possível estimar a produtividade, nem avaliar as características da fibra deste local.

## **5.2 Segundo ano de experimentação (2000/2001)**

O algodão foi semeado no dia 9 e emergiu dia 18 de janeiro de 2001 na fazenda Santa Catarina, Boracéia-SP.

A adubação de semeadura empregou 248 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 03-15-15, ou seja, 7,44 kg ha<sup>-1</sup> de N, 37,2 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 37,2 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Este experimento foi dividido em duas subparcelas, de acordo com o uso ou não de adubo potássico em cobertura. Uma subparcela recebeu em cobertura, aos 40 dias após emergência, 186 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 20-00-20 (total de 37,2 kg ha<sup>-1</sup> de N e 37,2 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O). A outra subparcela somente recebeu em cobertura o nitrogênio, na quantidade de 82,6 kg ha<sup>-1</sup> de uréia, ou seja, 37,2 kg ha<sup>-1</sup> de N (quantidade equivalente à 1ª subparcela).

As duas subparcelas receberam a dose de 32 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar, dividida em 4 aplicações semanais consecutivas (8 kg ha<sup>-1</sup> de nitrato de potássio por semana), variando-se a época de início de cada tratamento a partir da semana do início do florescimento. Um tratamento sem aplicação foliar de KNO<sub>3</sub> serviu como testemunha.

O esquema dos tratamentos realizados no segundo ano de experimentação (2000/2001), é verificado na Tabela 6.

Tabela 6 - Esquema dos tratamentos com nitrato de potássio aplicado via foliar nas parcelas com, e sem, cobertura potássica, na fazenda “Santa Catarina” (Boracéia-SP, 2000/2001).

Tratamento nº	Semana do florescimento							Total Aplicado kg ha <sup>-1</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	
	----- Dias após emergência -----							
	58	66	73	81	87	94	101	
	----- KNO <sub>3</sub> - kg ha <sup>-1</sup> -----							
1-Test.	-	-	-	-	-	-	-	0
2	8	8	8	8	-	-	-	32
3	-	8	8	8	8	-	-	32
4	-	-	8	8	8	8	-	32
5	-	-	-	8	8	8	8	32

O início das pulverizações ocorreu aos 58 dias após emergência da cultura, quando mais de 50% das plantas portavam pelo menos uma flor branca aberta, considerada como a primeira semana do florescimento.

Os dados de umidade relativa e temperatura do ar nos momentos

das pulverizações encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Temperatura (T) e Umidade Relativa do ar (UR) registradas no campo durante as pulverizações na fazenda “Santa Catarina” (Boracéia-SP, 2000/2001).

Semana do florescimento	DAE*	Faz.Santa Catarina	
		T (°C)	UR (%)
1	58	25	87
2	66	28	78
3	73	28	75
4	81	26	80
5	87	26	70
6	94	28	81
7	101	27	72

\*Dias após emergência.

O solo da fazenda Santa Catarina é classificado como latossol vermelho-escuro, e sua análise química encontra-se na Tabela 8.

Tabela 8 - Análise química do solo. Fazenda Santa Catarina, Boracéia-SP, (2000-2001).

pH	M.O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
CaCl <sub>2</sub>	g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	-----			mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----		%
4,70	19,8	16,0	33,7	1,5	11,0	3,8	16,3	50	33

As avaliações foram as seguintes:

a. Aos 94 e 108 dias após emergência foram coletadas cinco folhas recém-maduras e cinco maçãs em desenvolvimento de cada parcela (uma amostra por planta). Esse material foi secado, moído, digerido e analisado o teor de potássio;

b. Aos 128 dias da emergência do algodão, coletou-se 40 capulhos de cada parcela da parte mediana da planta, para análise da produção (peso dos capulhos e sementes e rendimento de fibra) e qualidade da fibra (comprimento a

2,5%, uniformidade de comprimento, índice de fibras curtas, tenacidade de ruptura, alongamento de ruptura, micronaire, maturidade, finura, contaminação por açúcar, cor ou amarelamento e grau de reflexão ou brilho), e em seguida realizada uma única colheita, manualmente. Foi colhida uma área útil de 10,8 m<sup>2</sup> de cada parcela, compreendendo as 3 linhas centrais de algodão, desprezando-se 0,5 m das suas extremidades. O peso da amostra de 40 capulhos mais o restante do algodão em caroço colhido serviram para determinação da produtividade.

A análise da qualidade da fibra do algodão foi realizada pelo laboratório de fibras do Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio dos Grãos e Fibras-CEGRAFI do Instituto Agrônomo de Campinas-IAC (Campinas-SP), através de equipamento HVI-“High Volume Instruments/Spinlab/Uster”.

### **5.3 Análise de variância**

A análise dos dados foi efetuada pelo programa S.A.S. (“Statistical Analysis System”), e a comparação das médias, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No primeiro ano de experimentação, os testes que avaliaram a qualidade da fibra, os teores de potássio nos tecidos, o mapeamento de estruturas da planta e a produtividade do algodão entre todos os tratamentos (épocas e doses), ou, para cada dose de KNO<sub>3</sub>, o delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, segundo as Tabelas 9, 10, 11 e 12 de análise de variância.

Tabela 9 - Esquema da análise de variância dos dados obtidos nos testes de avaliação da qualidade da fibra, teor de potássio em tecidos, mapeamento de estruturas da planta e produtividade, para comparação conjunta dos 10 tratamentos. (Pederneiras e Boracéia-SP 1999/2000).

Causas da Variação	Graus de Liberdade
Tratamento (T)	09
Bloco	03
Resíduo	27
Total	39

Tabela 10 - Esquema da análise de variância dos dados obtidos nos testes de avaliação da qualidade da fibra, teor de potássio em tecidos, mapeamento de estruturas da planta e produtividade, para a dose de 16 kg ha<sup>-1</sup>. (Pederneiras e Boracéia-SP, 1999/2000).

Causas da Variação	Graus de Liberdade
Época (E)	04
Bloco	03
Resíduo	12
Total	19

Tabela 11 - Esquema da análise de variância dos dados obtidos nos testes de avaliação da qualidade da fibra, teor de potássio em tecidos, mapeamento de estruturas da planta e produtividade, para a dose de 32 kg ha<sup>-1</sup>. (Pederneiras e Boracéia-SP, 1999/2000).

Causas da Variação	Graus de Liberdade
Época (E)	05
Bloco	03
Resíduo	15
Total	23

Tabela 12 - Esquema da análise de variância dos dados obtidos pelo mapeamento de estruturas da planta uma semana após término das pulverizações, contrastando tratamentos e testemunha. (Pederneiras e Boracéia-SP, 1999/2000).

Causas da Variação	Graus de Liberdade
Tratamento	01
Bloco	03
Resíduo	03
Total	07

No segundo ano de experimentação, a comparação entre os dados de avaliação da qualidade da fibra, teores de potássio em tecidos e produtividade, das duas parcelas que fizeram uso, ou não, da adubação potássica em cobertura, seguiu o delineamento experimental de parcelas subdivididas, segundo o esquema da Tabela 13.

Tabela 13 - Esquema da análise de variância na comparação entre as 2 parcelas referentes à adubação de cobertura (com e sem), no segundo ano de experimentação (Boracéia-SP, 2000/2001).

Causas da Variação	Graus de Liberdade
Cobertura (C)	01
Blocos	03
Resíduo-a	03
Parcela	07
Época (E)	04
Interação E x C	04
Resíduo-b	24
Total	39

Para os testes que avaliaram a qualidade da fibra, os teores de potássio nos tecidos e a produtividade do algodão dentro de cada parcela com e sem adubação potássica em cobertura, o delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, conforme o esquema da Tabela 14 de análise de variância.

Tabela 14 - Esquema da análise de variância na comparação entre as 5 épocas do início da pulverização foliar com  $\text{KNO}_3$ , dentro de cada parcela (com e sem cobertura), no segundo ano de experimentação (Boracéia-SP, 2000/2001).

Causas da Variação	Graus de Liberdade
Época (E)	04
Bloco	03
Resíduo	12
Total	19

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Primeiro ano de experimentação (1999-2000)**

#### **6.1.1 Local: Fazenda Cachoeira, Pederneiras-SP**

Os mapeamentos das estruturas da planta realizados apresentaram os resultados constantes nas Figuras 1 e 2 (número de nós por planta); 3 e 4 (altura do primeiro ramo com fruto); e 5 e 6 (número de nós acima do primeiro ramo com fruto, sempre em comparação com o tratamento testemunha.

Nota-se, na Figura 2, que o crescimento da planta já havia se estabilizado por volta de 111 D.A.E., com 24,75 nós por planta.

Observa-se nas Figuras 1 e 2 que houve tendência do algodoeiro mostrar maior número de nós em função dos tratamentos foliares que se iniciaram mais cedo.

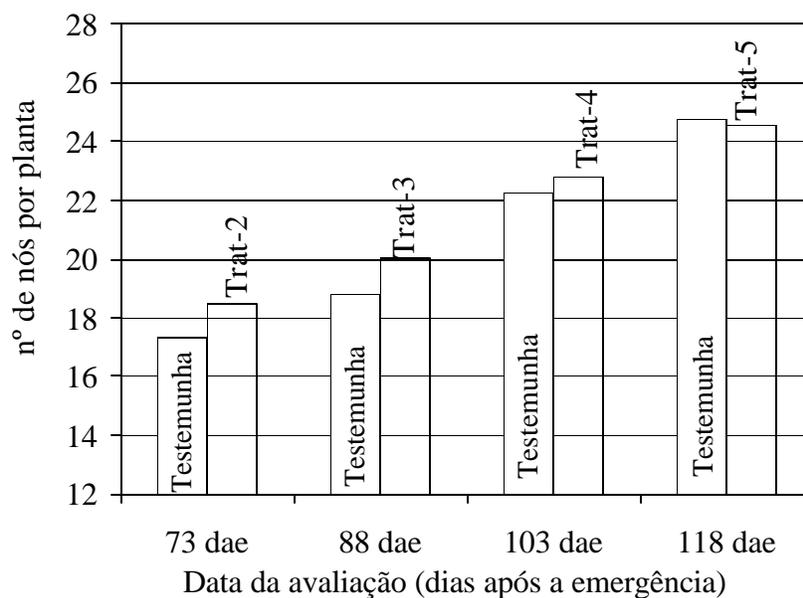


Figura 1 - Número de nós por planta de algodão, avaliado uma semana após o término dos tratamentos com 16 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

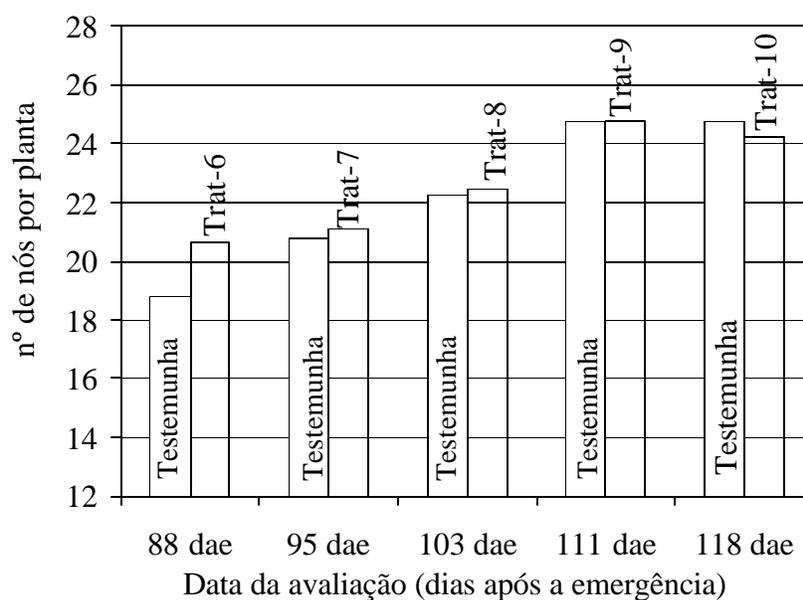


Figura 2 - Número de nós por planta de algodão, avaliado uma semana após o término dos tratamentos com 32 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

Somente para os tratamentos 2, 3 e 6 o número de nós por planta foi significativamente maior que a testemunha quando avaliado após o término da série de pulverizações (Tabela 15), indicando que o  $\text{KNO}_3$  quando aplicado via foliar até a 4ª semana de florescimento pode promover um crescimento mais rápido da planta.

Tabela 15 - Número de nós por planta de algodão, avaliado uma semana após o término dos tratamentos com  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

	Tratamentos					
	Test. 2		Test. 3		Test. 6	
	-----73 dae-----		----88 dae----		----88 dae----	
nº de nós por planta	17,4 b*	18,5 a	18,8 b	20,1 a	18,8 b	20,7 a
CV (%)	2,61		2,81		1,48	
DMS	1,05		1,23		0,66	

\* Dentro de cada data de avaliação, médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (Probabilidade < 0,05).

A altura do ramo mais baixo que continha fruto não foi alterada por nenhum tratamento com  $\text{KNO}_3$  via foliar, quando da comparação com as testemunhas (Figuras 3 e 4), mostrando que não houve deslocamento da fixação das estruturas reprodutivas dentro da planta.

O número de nós existentes acima do ramo mais baixo com fruto, avaliado uma semana após o término das seqüências de pulverizações foliares, está representado nas Figuras 5 e 6 e Tabela 16. Nota-se, no contraste com as testemunhas, que os tratamentos com  $16 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  não alteraram esta característica. Já, na dose de  $32 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$ , só o tratamento 6 proporcionou aumento significativo deste parâmetro. Assim, semelhante ao verificado com o número de nós na planta (Tabela 15), há outra indicação de que o  $\text{KNO}_3$ , na dose de  $32 \text{ kg ha}^{-1}$ , quando aplicado até a 4ª semana do florescimento, pode favorecer o desenvolvimento mais rápido da planta.

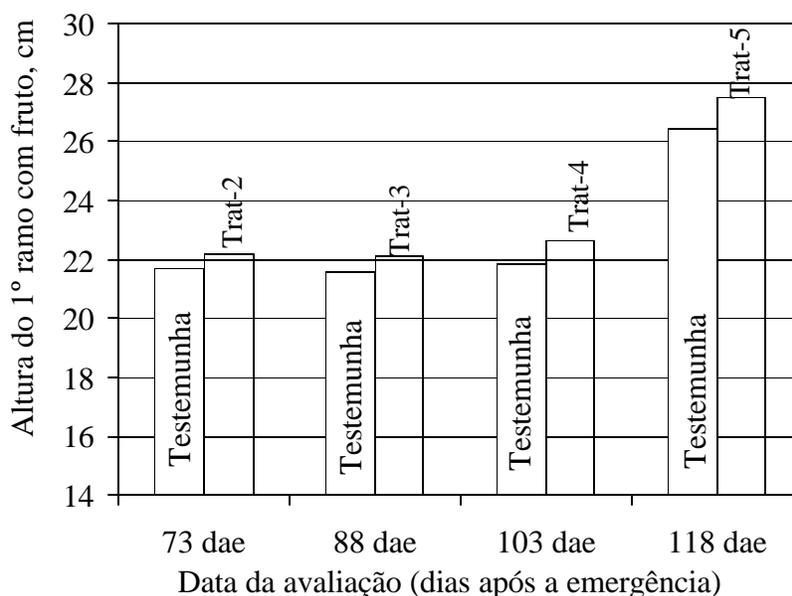


Figura 3 - Altura do ramo reprodutivo mais baixo do algodoeiro que continha, no mínimo, um fruto, avaliada uma semana após o término dos tratamentos com  $16 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

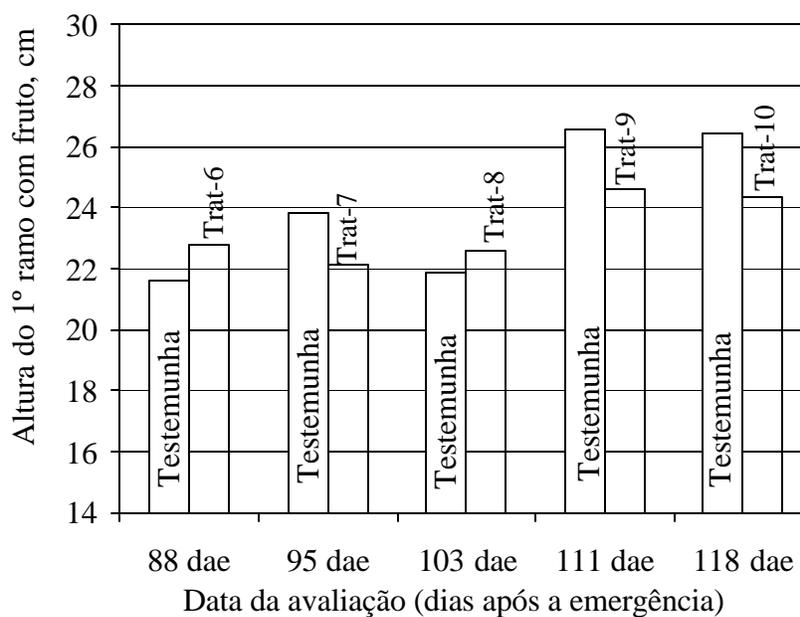


Figura 4 - Altura do ramo reprodutivo mais baixo do algodoeiro que continha, no mínimo, um fruto, avaliada uma semana após o término dos tratamentos com  $32 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

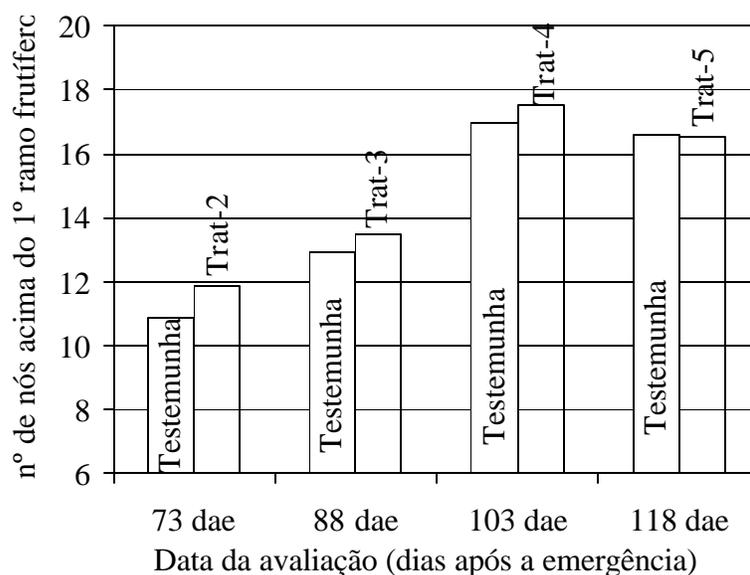


Figura 5 - Número de nós acima do ramo mais baixo do algodoeiro que continha um fruto, avaliado uma semana após o término dos tratamentos com  $16 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

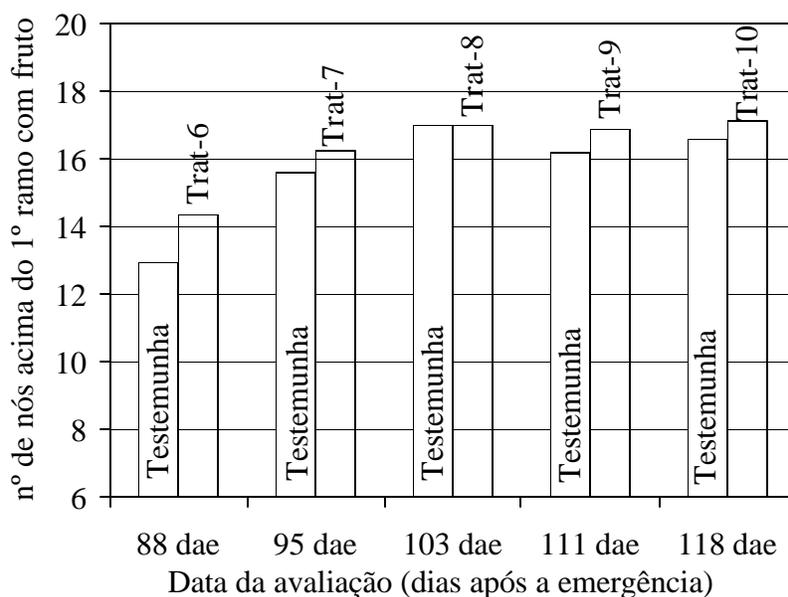


Figura 6 - Número de nós acima do ramo mais baixo do algodoeiro que continha um fruto. Avaliações feitas uma semana após o término dos tratamentos com  $32 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

Tabela 16 - Número de nós acima do ramo mais baixo do algodoeiro que continha, no mínimo, um fruto, avaliado uma semana após o término dos tratamentos com  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

n° de nós por planta	Tratamentos					
	Test. 2		Test. 3		Test. 6	
	-----73 dae----		----88 dae----		----88 dae----	
	10,9 a*	11,9 a	13,0 a	13,5 a	13,0 b	14,4 a
CV (%)	4,86		4,73		3,05	
DMS	1,25		1,41		0,94	

\* Dentro de cada data de avaliação, médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (Probabilidade < 0,05).

O mapeamento realizado na primeira colheita apontou diferenças significativas na contagem do número de ramos reprodutivos na haste principal entre a testemunha (16,2 ramos por planta) e os tratamentos 3 (18,8 ramos por planta) e 7 (18,9 ramos por planta), conforme a Figura 7.

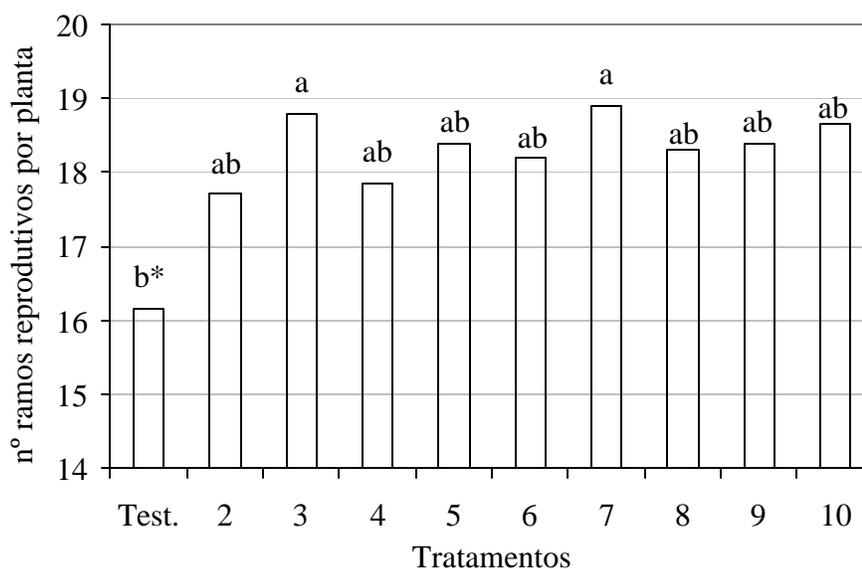


Figura 7 - Número de ramos reprodutivos do algodão, por ocasião da 1ª colheita, em função dos tratamentos com  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

\*Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente (Tukey,  $p < 0,05$ )

Com relação ao desenvolvimento da planta, as diferenças observadas uma semana após tratamentos foliares nº 3 e 6 (Tabelas 15 e 16) coincidiram em parte com o mapeamento final realizado na época da colheita. Na colheita, a quantidade total de nós (vegetativos mais reprodutivos), nós vegetativos, capulhos, maçãs e abortos não foram modificados por qualquer tratamento (Tabela 17), entretanto, o maior número de ramos reprodutivos verificados nos tratamentos 3 e 7 (Figura 7), reitera a influência do  $\text{KNO}_3$  sobre o desenvolvimento da planta.

A quantidade de frutos retidos na planta, em relação ao total de sítios frutíferos, foi alterada somente com a dose de  $16 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$ , variando entre 29,1% (trat. 3) e 35,0% (trat. 4), conforme a Figura 8. Entretanto, numa avaliação conjunta de todos os tratamentos foliares, não houve diferença no número de sítios frutíferos, número de frutos ou retenção de frutos (Tabela 17). A menor retenção observada no trat. 3 deve-se a maior quantidade de ramos reprodutivos produzidos (mais sítios), já que não houve maior produção de frutos. A retenção de frutos em todos os tratamentos (média de 31,1%) pode ser considerada normal, porque mais de 60% das estruturas reprodutivas geradas podem ser abortadas naturalmente segundo Oosterhuis (1999).

Tabela 17 - Características do mapeamento do algodoeiro, na primeira colheita, sem influência da aplicação foliar de  $\text{KNO}_3$ , na análise comparativa dos 10 tratamentos. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

Característica	Unid.	variação		média
		menor valor	maior valor	
nº de frutos (capulho+maçã) na planta	un.	9,3	12,00	10,23
nº de capulhos por planta	un.	7,05	9,70	8,30
nº de maçãs por planta	un.	1,45	2,50	1,94
nº de abortos por planta	un.	19,70	26,50	23,15
nº de sítios frutíferos por planta	un.	29,15	36,05	33,38
Retenção total de frutos	%	26,48	34,95	31,01
nº nós vegetativos por planta	un.	5,00	6,60	5,44
nº total de nós por planta	un.	22,75	24,10	23,57

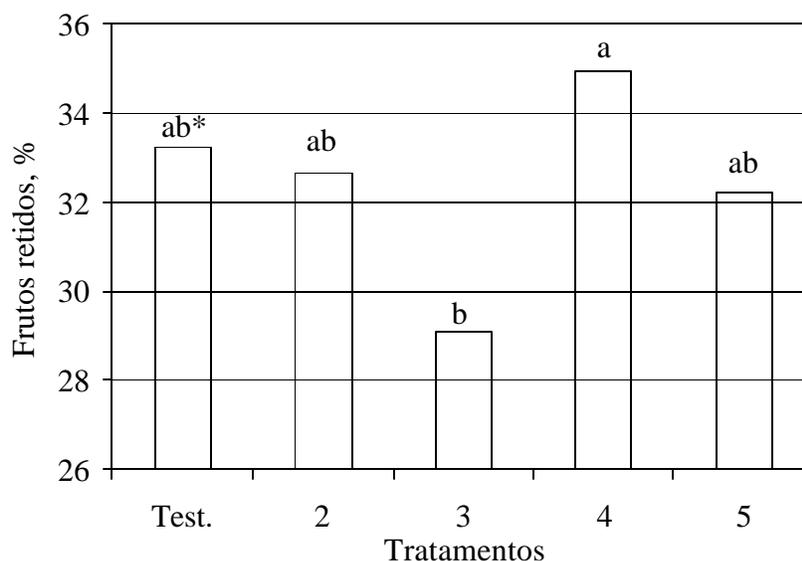


Figura 8 - Quantidade de frutos retidos no algodoeiro em relação ao total de sítios frutíferos, por ocasião da 1ª colheita, em função dos tratamentos com 16 kg ha<sup>-1</sup> KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

\*Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente (Tukey, p<0,05)

Os parâmetros do mapeamento, mostrados na Tabela 17, como quantidade de frutos, capulhos, maçãs, abortos, sítios frutíferos e nós, podem ser considerados normais para a planta de algodão. Alguns autores também não constataram influência da adubação potássica, via foliar, sobre o número de capulhos, como Coker e Oosterhuis (2001); Coker et al (2001a, 2001 c), e sobre o número de nós por planta, como Carvalho et al. (2001).

A quantidade de frutos abortados nas primeiras posições frutíferas dos ramos reprodutivos do algodoeiro foi alterada significativamente somente na comparação dos tratamentos foliares com a dose de 16 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub>, variando entre 9,7 (testemunha) e 12,2 (trat. 3), conforme a Figura 9. Numa comparação conjunta de todos os tratamentos, não ficou evidenciada nenhuma alteração para o parâmetro de abortos (Tabela 17). A maior quantidade de abortos do trat. 3 reitera a constatação de que a maior quantidade de ramos gerada neste tratamento não se traduziu em maior produção de frutos (menor retenção).

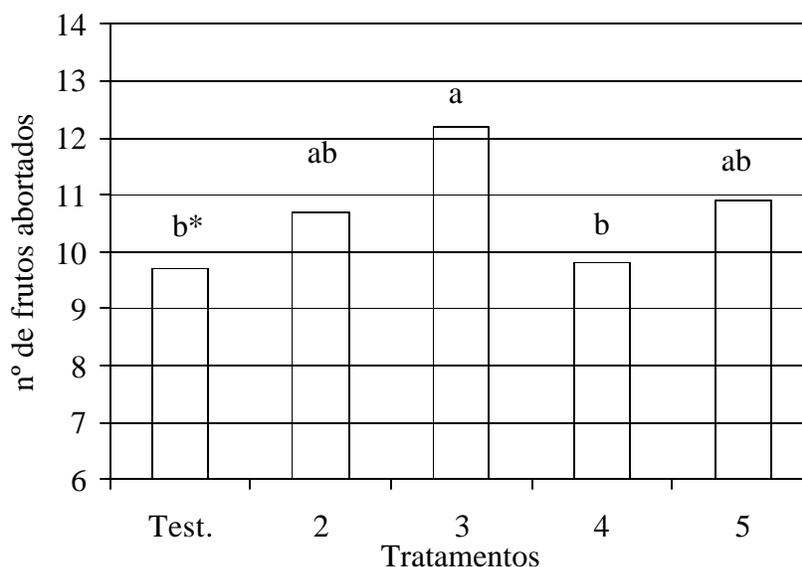


Figura 9 - Quantidade de frutos abortados nas primeiras posições dos ramos reprodutivos do algodoeiro, por ocasião da 1ª colheita, em função dos tratamentos foliares com  $16 \text{ kg ha}^{-1} \text{ KNO}_3$ . Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

\*Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente (Tukey,  $p < 0,05$ )

A distribuição dos capulhos na planta, em cada nó do algodoeiro, para cada tratamento, encontram-se nas Figuras 10 a 14. Nota-se que os tratamentos foliares com  $\text{KNO}_3$  proporcionaram maior fixação de capulhos nos nós mais inferiores da planta, embora o número total de capulhos por planta não tenha sofrido efeito significativo da adubação foliar (Figura 15).

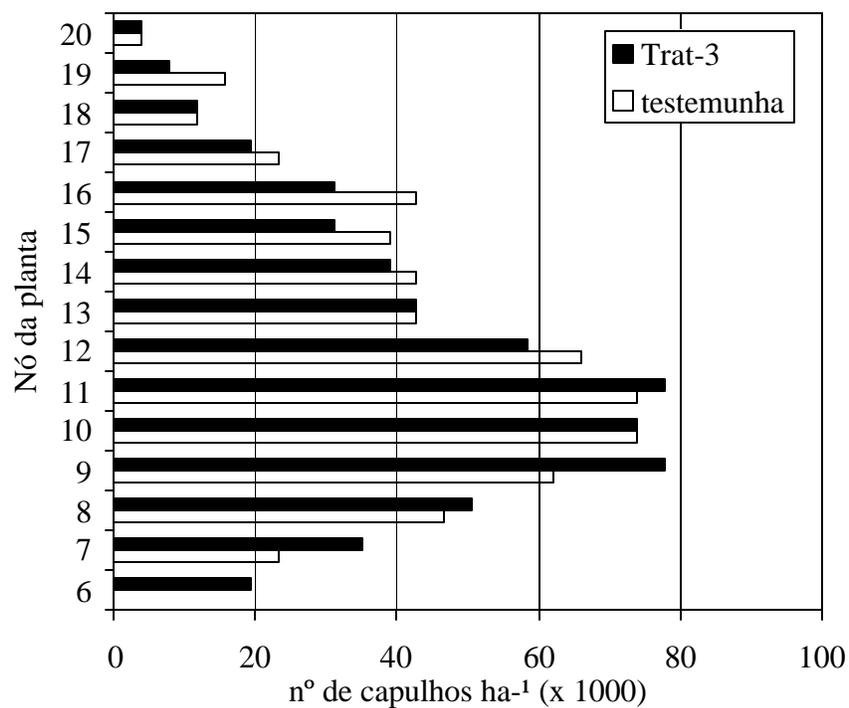
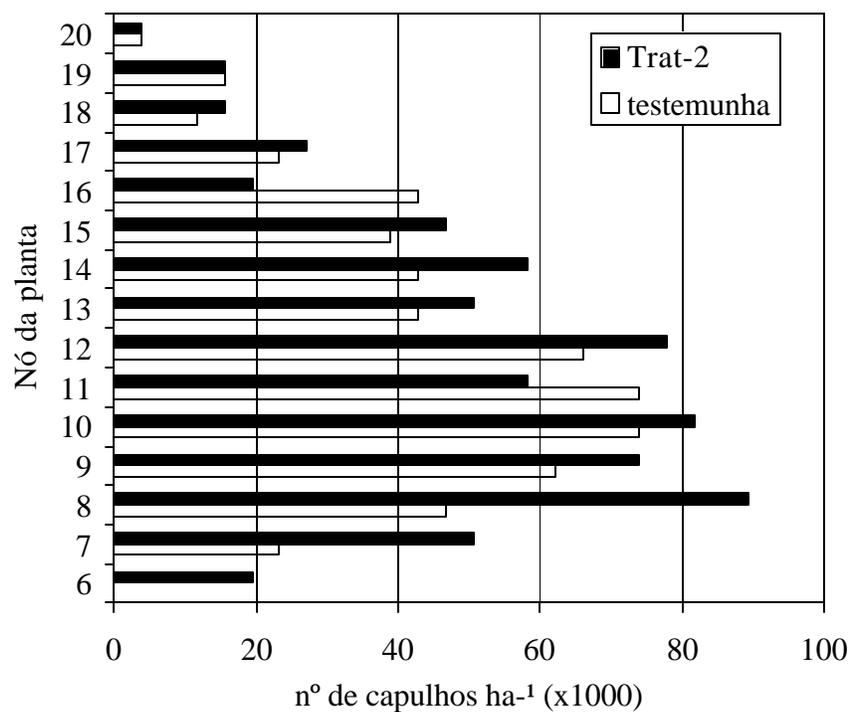


Figura 10 - Distribuição de capulhos nos ramos reprodutivos do algodoeiro, por ocasião da 1<sup>a</sup> colheita, em função dos tratamentos (2 e 3) com 16 kg ha<sup>-1</sup> KNO<sub>3</sub>, via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

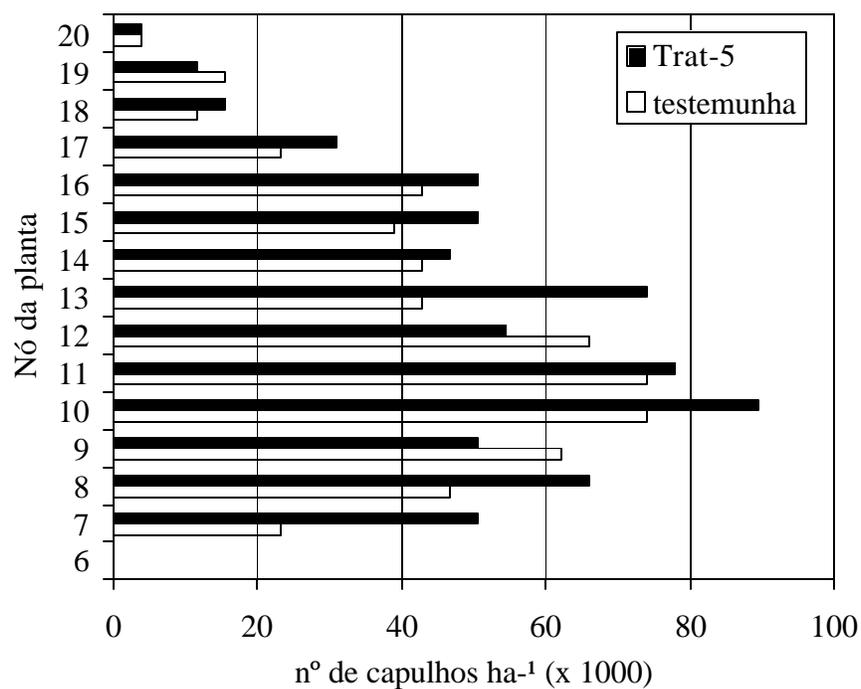
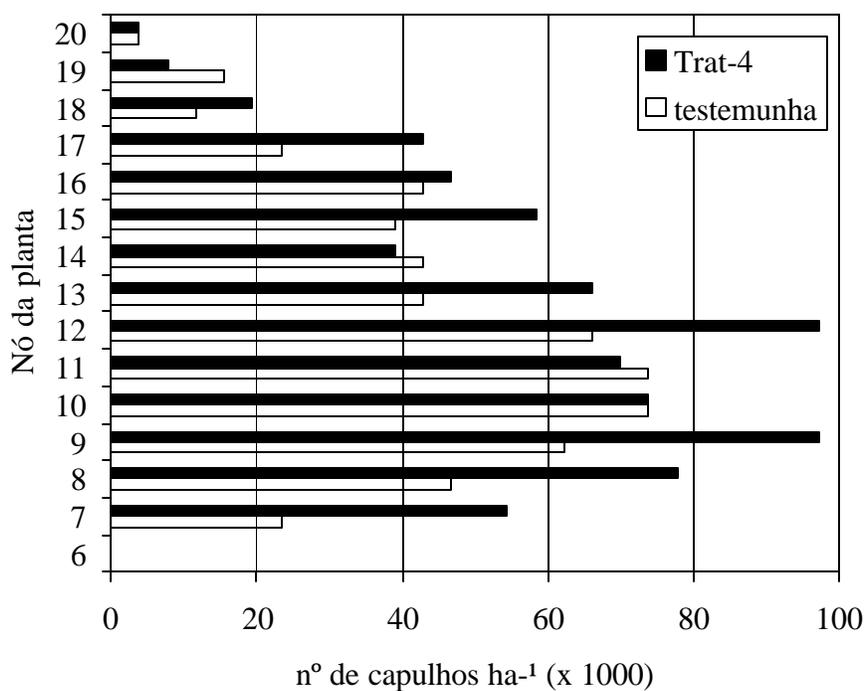


Figura 11 - Distribuição de capulhos nos ramos reprodutivos do algodoeiro, por ocasião da 1ª colheita, em função dos tratamentos (4 e 5) com 16 kg ha<sup>-1</sup> KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

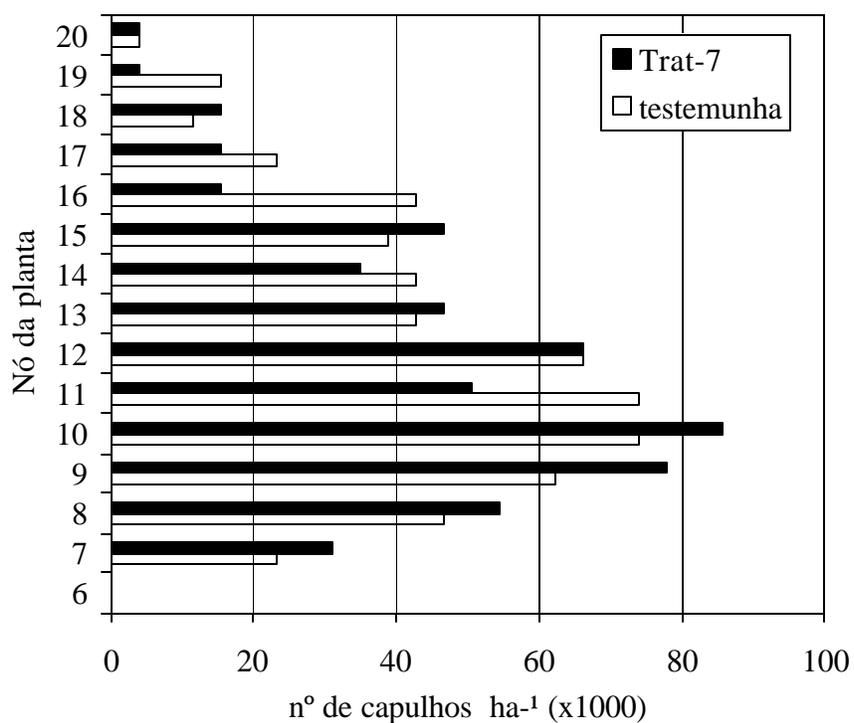
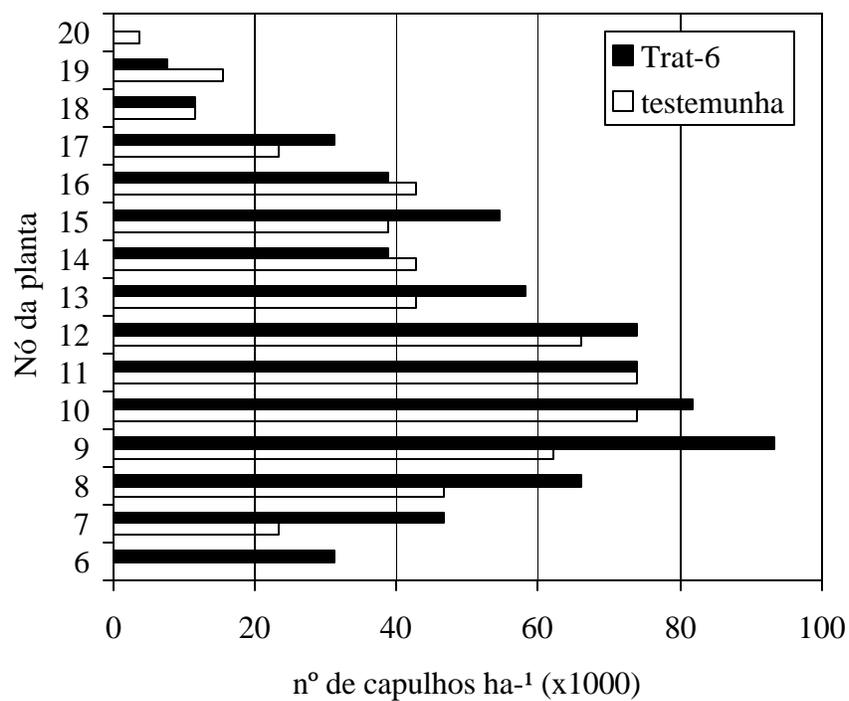


Figura 12 - Distribuição de capulhos nos ramos reprodutivos do algodoeiro, por ocasião da 1ª colheita, em função dos tratamentos (6 e 7) com 32 kg ha<sup>-1</sup> KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

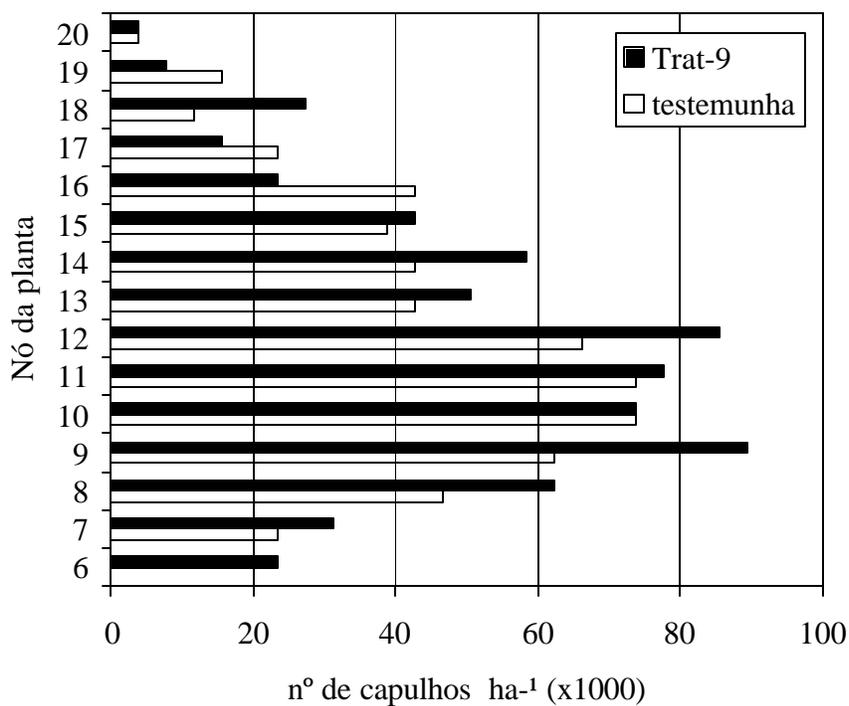
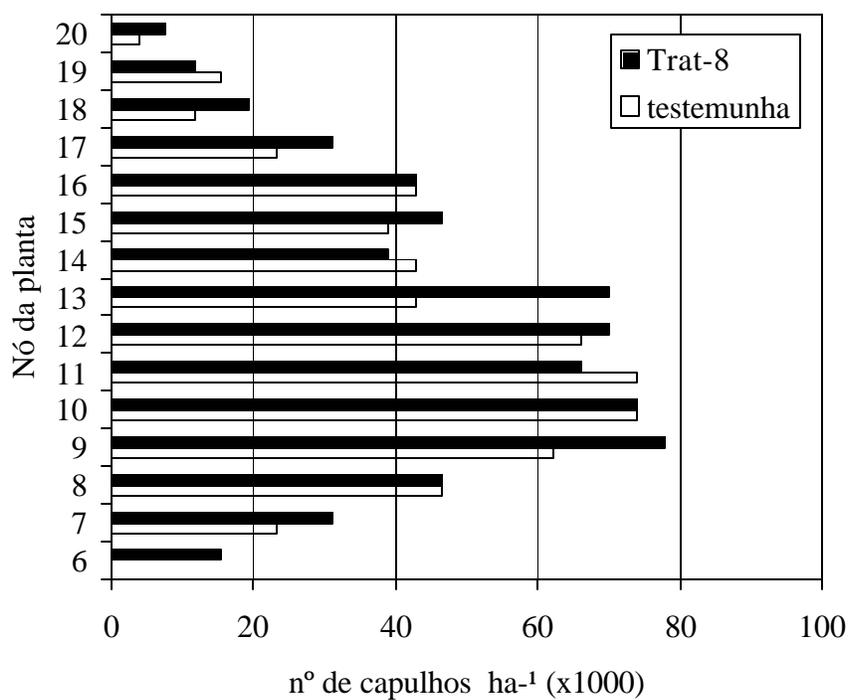


Figura 13 - Distribuição de capulhos nos ramos reprodutivos do algodoeiro, por ocasião da 1ª colheita, em função dos tratamentos (8 e 9) com 32 kg ha<sup>-1</sup> KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

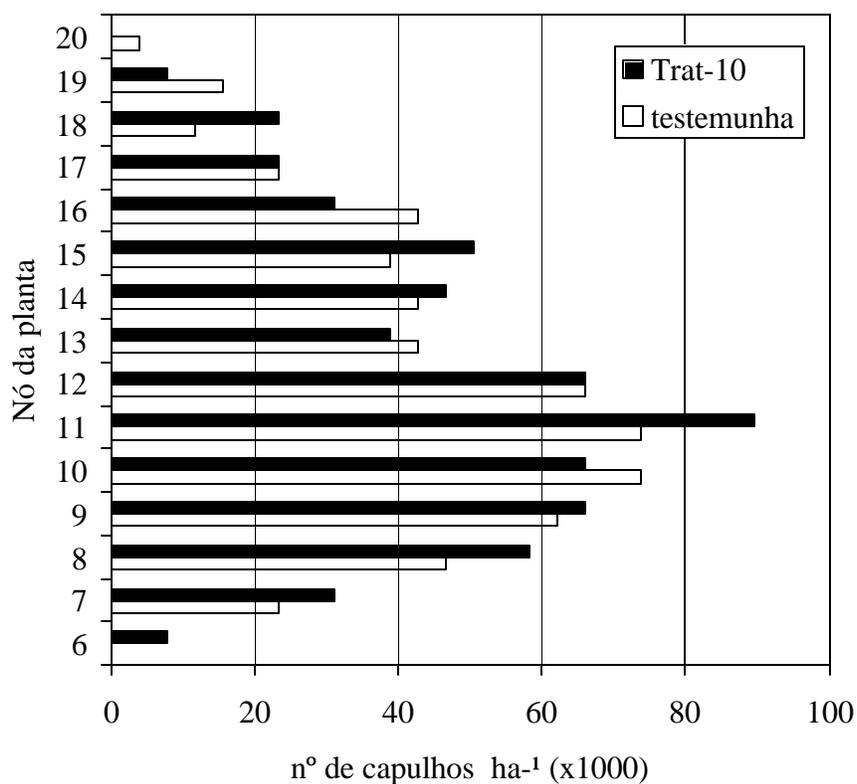


Figura 14 - Distribuição de capulhos nos ramos reprodutivos do algodoeiro, por ocasião da 1<sup>a</sup> colheita, em função do tratamento (10) com 32 kg ha<sup>-1</sup> KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

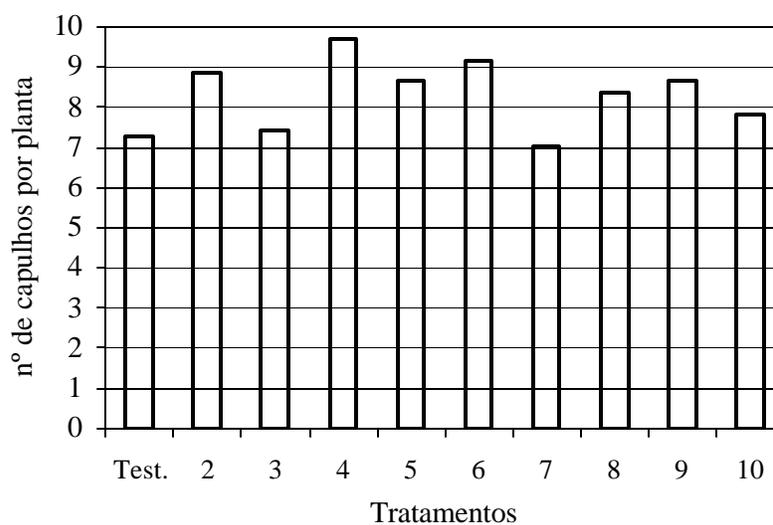


Figura 15 - Quantidade de capulhos no algodoeiro, por ocasião da 1<sup>a</sup> colheita, em função dos tratamentos com KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

A quantidade de frutos retidos entre o primeiro e quinto ramo reprodutivo do algodoeiro em relação ao total de sítios frutíferos nestes ramos, foi numericamente alterada pela adubação foliar (Figura 16), mostrando que os tratamentos com a maior dose de  $\text{KNO}_3$  obtiveram menor retenção de frutos comparados com a menor dose, embora tais diferenças não sejam significativas.

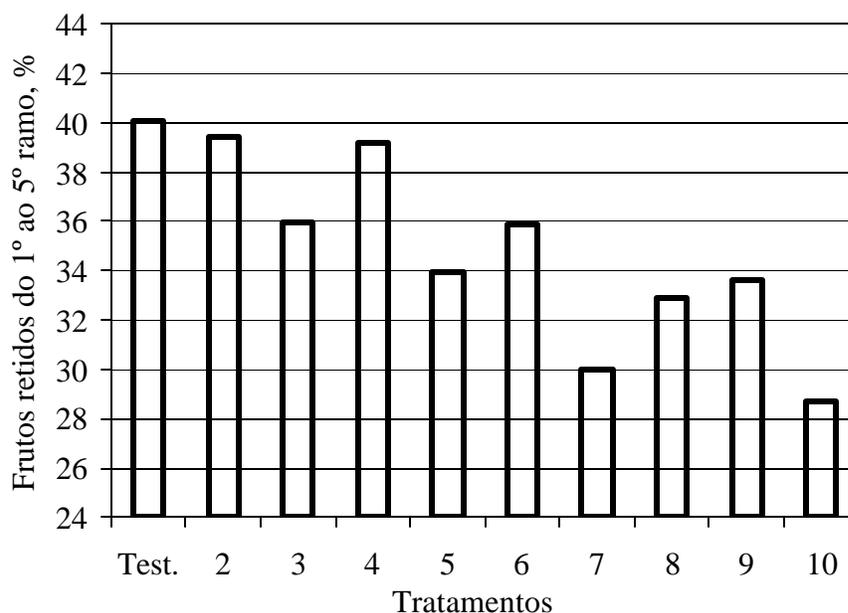


Figura 16 - Quantidade de frutos retidos entre o 1º e o 5º ramo reprodutivo do algodoeiro, em relação ao total de sítios frutíferos existentes nestes ramos, por ocasião da 1ª colheita, em função dos tratamentos foliares com  $\text{KNO}_3$ . Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

A produtividade do algodão em caroço variou entre 4091,3 e 4819,1  $\text{kg ha}^{-1}$ , apresentando média geral de 4385,7  $\text{kg ha}^{-1}$ , sem influência significativa dos tratamentos de adubação foliar com  $\text{KNO}_3$  (Figura 17). Considera-se que esta produtividade é alta para o Estado de São Paulo, que registrou a média de 2253  $\text{kg ha}^{-1}$  no ano 2000 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2003).

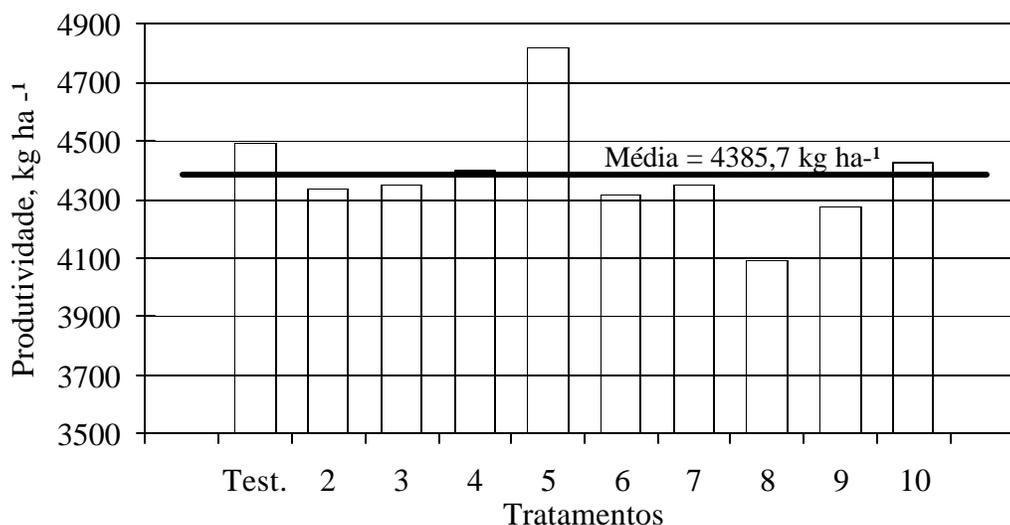


Figura 17 - Produtividade do algodão em caroço, em função dos tratamentos com  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

Os demais dados do mapeamento e da produção, que não apresentaram influência significativa do uso de  $\text{KNO}_3$ , estão relacionados nas Tabelas 17, 18 e 19. As características produtivas como produtividade, peso de um capulho, peso de 100 sementes, rendimento de fibra e precocidade, são considerados normais e muitos autores também não evidenciaram o efeito da adubação foliar potássica sobre estes parâmetros como Carvalho et al. (2001), Coker et al. (2001a, 2001c), Coker e Oosterhuis (2001). Entretanto, a produtividade foi positivamente alterada nos trabalhos de Chang e Oosterhuis (1995), Coker e Oosterhuis (2001b), Howard et al. (2000), Oosterhuis (1992) e Weir et al (1995).

Tabela 18 - Características produtivas do algodoeiro, na primeira colheita sem influência da aplicação de  $\text{KNO}_3$  via foliar, na análise comparativa dos 10 tratamentos. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

Característica	Unidade	variação		média
		menor valor	maior valor	
Produtividade	$\text{kg ha}^{-1}$	3521,57	4230,69	3794,03
Peso de um capulho	g	5,78	7,03	6,14
Peso de 100 sementes	g	9,48	9,90	9,68
Rendimento de fibra	%	43,83	44,75	44,29
Precocidade	%	84,48	87,96	86,50

Tabela 19 - Características produtivas do algodoeiro, na segunda colheita, sem influência da aplicação de  $\text{KNO}_3$  via foliar, na análise comparativa dos 10 tratamentos. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

Característica	Unidade	variação		média
		menor valor	maior valor	
Produtividade	$\text{kg ha}^{-1}$	507,87	699,07	591,71
Produtividade total	$\text{kg ha}^{-1}$	4091,25	4819,12	4385,74
Peso de 100 sementes	g	8,45	9,05	8,76
Rendimento de fibra	%	41,32	42,10	41,69

Dentre as características da qualidade da fibra do algodão, proveniente da primeira colheita, somente a uniformidade de comprimento foi significativamente alterada pelo uso de adubação foliar com  $\text{KNO}_3$ , tendo obtido maior valor para o tratamento 10 (48,0%) e o menor para o tratamento 9 (45,7%), como se observa na Figura 18. A influência da adubação foliar com potássio sobre a uniformidade de comprimento da fibra também foi observado por Oosterhuis et al. (1990).

As avaliações da fibra proveniente da segunda colheita revelaram efeito significativo da adubação foliar para a característica grau de amarelamento (+b), somente comparando os resultados na dose de  $16 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$ . Nota-se que o maior valor foi do tratamento 3 (8,68) e o menor do tratamento 2 (8,13), conforme a

Figura 19.

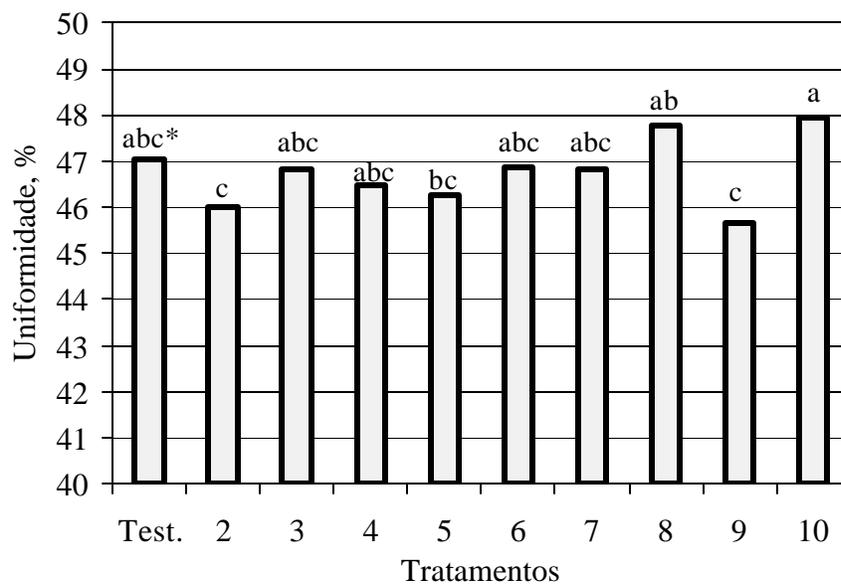


Figura 18 - Uniformidade de comprimento da fibra do algodão, por ocasião da 1ª colheita, em função dos tratamentos com  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

\*Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente (Tukey,  $p < 0,05$ )

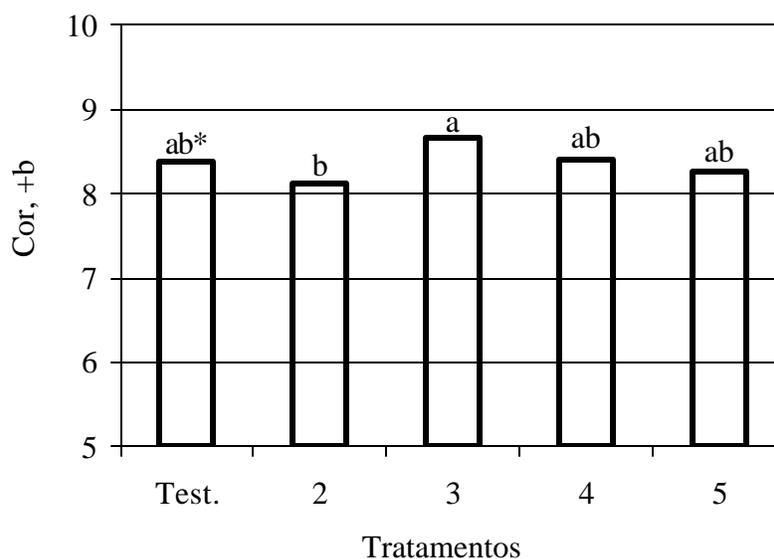


Figura 19 - Grau de amarelamento da fibra do algodão, por ocasião da 2ª colheita, em função dos tratamentos com  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

\*Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente (Tukey,  $p < 0,05$ )

As demais características da qualidade da fibra do algodão analisadas na primeira, ou segunda colheita, mas sem influência significativa dos tratamentos foliares com  $\text{KNO}_3$ , foram relacionadas nas Tabelas 20 e 21.

Tabela 20 - Características da fibra do algodão, provenientes da primeira colheita, analisadas por instrumento HVI, sem efeito significativo da aplicação foliar de  $\text{KNO}_3$ . Fazenda Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

Característica	Unidade	variação		média
		Menor valor	Maior valor	
Comprimento	mm	26,48	27,03	26,75
Alongamento de ruptura	%	6,88	6,98	6,91
Índice de fibras curtas	%	7,65	10,13	8,82
Tenacidade	$\text{g tex}^{-1}$	28,80	29,78	29,45
Micronaire (índice)	$\mu\text{g pol}^{-1}$	4,18	4,40	4,31
Maturidade	%	76,60	79,48	78,11
Finura	mtex	185,00	200,25	193,40
Reflectância - Rd	%	75,45	76,33	75,95
Grau de amarelamento	+b	8,60	8,95	8,82
Previsão de tenacidade do fio	RKM	15,68	16,25	15,93
Conteúdo de açúcar	%	0,29	0,45	0,36

Tabela 21 - Características da fibra do algodão, provenientes da segunda colheita, analisadas por instrumento HVI, sem efeito significativo da aplicação foliar de  $\text{KNO}_3$ . Fazenda Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

Característica	Unidade	variação		média
		Menor valor	Maior valor	
Comprimento	mm	27,13	28,05	27,55
Alongamento de ruptura	%	6,93	7,00	6,97
Índice de fibras curtas	%	8,73	9,98	9,32
Tenacidade	$\text{g tex}^{-1}$	28,63	29,68	29,18
Micronaire (índice)	$\mu\text{g pol}^{-1}$	3,45	3,70	3,59
Maturidade	%	70,18	73,95	72,69
Finura	mtex	157,75	170,75	164,55
Reflectância - Rd	%	76,70	78,03	77,53
Uniformidade comprimento	%	44,48	45,43	44,88
Previsão de tenacidade do fio	RKM	15,95	16,35	16,16
Conteúdo de açúcar	%	0,27	0,45	0,40

As categorias que podem ser enquadradas as características da fibra apresentados nas Tabelas 20 e 21 são, conforme a Bolsa de Mercadorias e Futuros [199-], como sendo: média para comprimento de fibra, alta para alongamento, baixa para índice de fibras curtas, média para tenacidade, fina para micronaire, madura para maturidade, fina para finura, uniforme para uniformidade de comprimento, média para conteúdo de açúcar.

Verifica-se na Figura 20 que as folhas do algodoeiro apresentaram diferenças, embora não significativas, nos teores de K. Os menores teores de K encontrados nos tratamentos 6, 7 e 8, indica que o K induziu o crescimento da planta, provocando diluição da sua concentração nos tecidos do algodoeiro.

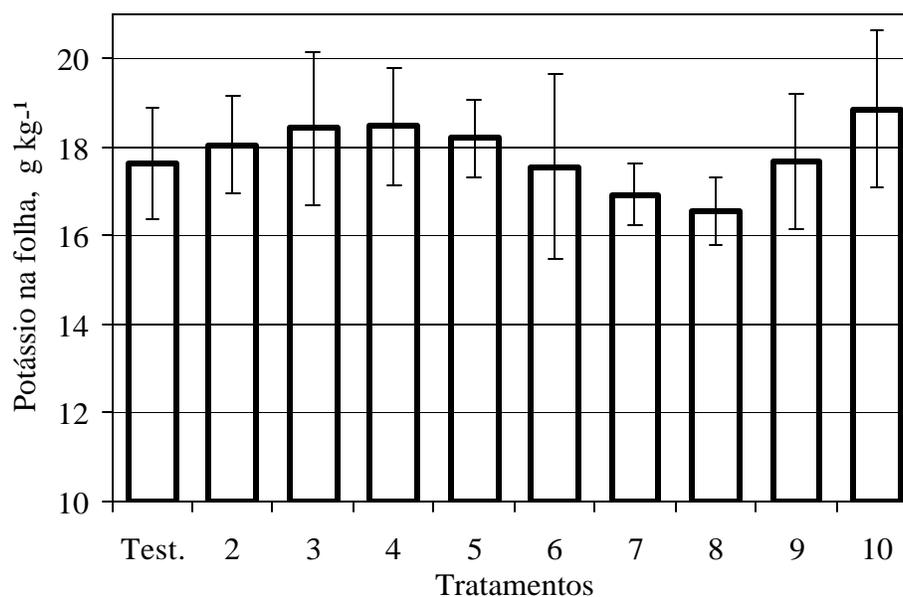


Figura 20 - Teor de K nas folhas do algodoeiro aos 88 dias após a emergência, em função tratamentos foliares com KNO<sub>3</sub>. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

Os teores de potássio nas folhas das plantas que receberam KNO<sub>3</sub> poder ser verificados nas Figuras 21 e 22.

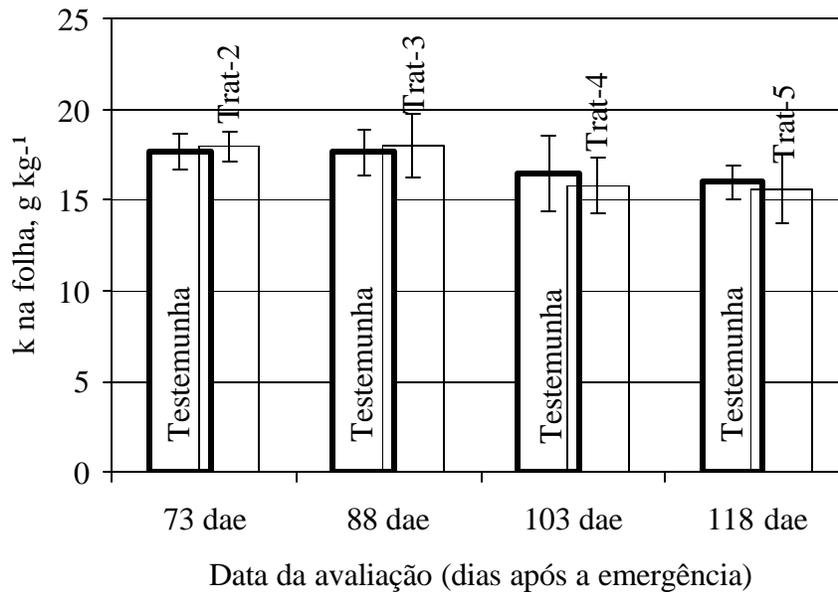


Figura 21 - Teor de K nas folhas do algodoeiro uma semana após o término dos tratamentos com  $16 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

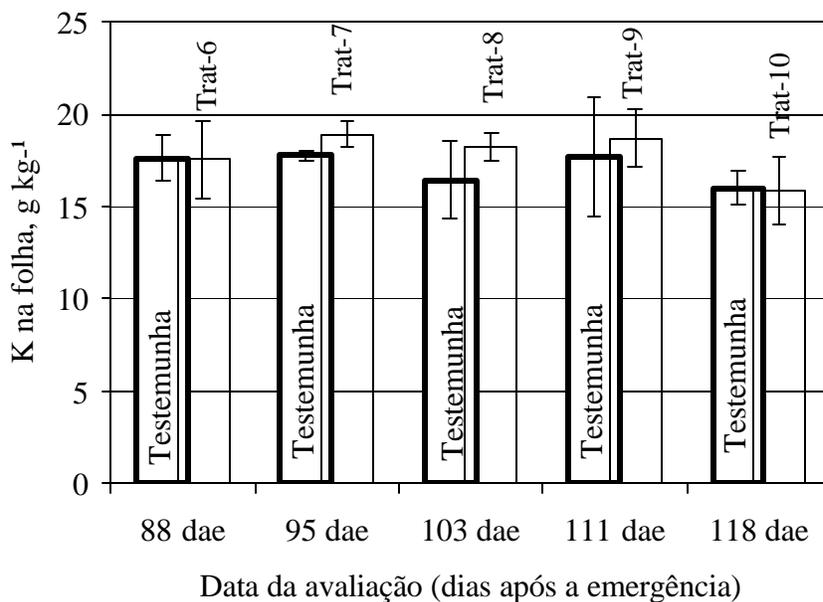


Figura 22 - Teor de K nas folhas do algodoeiro uma semana após o término dos tratamentos com  $32 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

Nota-se nas Figuras 21 e 22 que o teor de K nas folhas (entre 15 e 20 g kg<sup>-1</sup>) são estatisticamente iguais às testemunhas e são considerados adequados, para as épocas avaliadas, conforme indicado por Cassman (1993), Malavolta et al. (1989), Silva et al. (1995) e Silva (1998).

Os teores de K nas folhas diminuíram após os 103 D.A.E. Este fato era esperado, já que a planta perde naturalmente o K, através da redistribuição ou lixiviação, a partir da metade do ciclo do algodoeiro, conforme reportado por Bednarz e Oosterhuis (1996), Bennett et al. (1965), Buendia e Neptune (1971), Kerby e Adams (1985).

O teor de K nas maçãs do algodoeiro da parcela testemunha e das parcelas que receberam tratamento foliar com 16 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> manteve-se praticamente constante (20 g kg<sup>-1</sup>) durante as épocas avaliadas, caindo ao redor de 16 g kg<sup>-1</sup> apenas aos 118 dias após a emergência (trat. 5), apesar de não haver diferença significativa em relação à testemunha (Figura 23).

Com a dose foliar de 32 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub>, o teor de K nas maçãs elevou-se até os 95 D.A.E. (25 g kg<sup>-1</sup>), diminuindo depois. Este resultado também foi No contraste com a testemunha, somente o tratamento 10 mostrou-se significativamente maior. Nos demais tratamentos, não houve alteração significativa no teor de K nas maçãs em relação à testemunha (Figura 24).

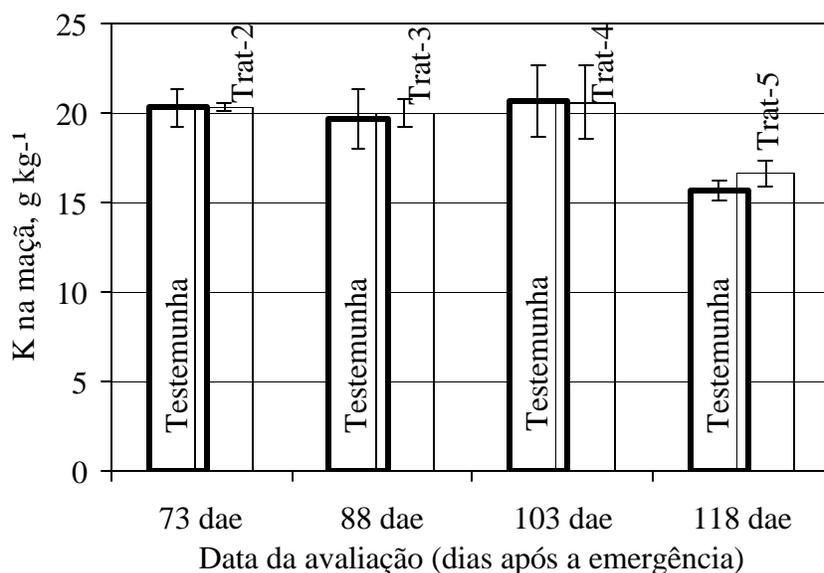


Figura 23 - Teor de K nas maçãs do algodoeiro uma semana após o término dos tratamentos com  $16 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

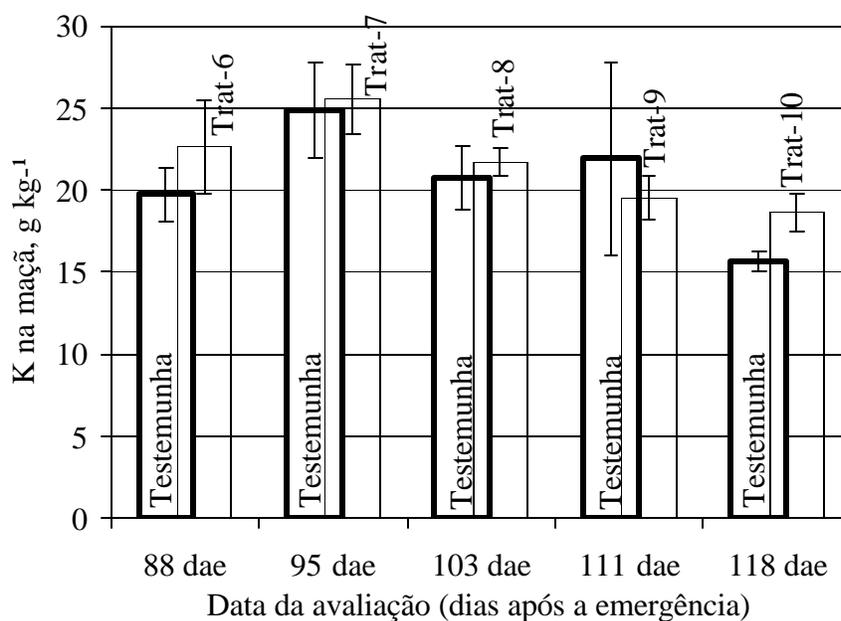


Figura 24 - Teor de K nas maçãs do algodoeiro uma semana após o término dos tratamentos com  $32 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Cachoeira, Pederneiras-SP (1999-2000).

Devido ao teor de K no solo ( $2,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) ser considerado médio, conforme Silva e Raij (1996), e aliado ao uso de uma adubação total com  $81 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , o algodão parece não ter sofrido deficiência de potássio. Além do mais, as condições climáticas e o manejo de pragas e doenças foram bastante favoráveis neste local, as plantas cresceram vigorosamente. Durante as aplicações foliares, realizadas sempre no final das tardes, a temperatura e a umidade relativa do ar (Tabela 3) estavam adequadas, não promovendo secagem rápida da solução, como alertado por Marschner (1995). Dessa forma, a lavoura não apresentou sintomas visuais de deficiência mineral e, portanto, a resposta à adubação potássica foliar não foi muito clara, apenas alterando poucos parâmetros produtivos da planta ( $n^\circ$  de ramos reprodutivos, porcentagem de retenção de frutos,  $n^\circ$  frutos abortados nas primeiras posições dos ramos) e duas características da qualidade da fibra (cor e uniformidade). Esta falta de resposta à adubação foliar durante o florescimento do algodoeiro também foi observada por Abaye (1998), trabalhando em solos com baixo e alto conteúdo de K e aplicando via foliar apenas 2 a  $6 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$ ; por Buendía e Neptune (1971) em solos com médio teor de K e empregando até  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl; Carvalho et al. (2001) que utilizaram até  $66 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl em solo com médio teor de K; e por Coker et al. (2001a) que aplicaram  $45 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  em solos de médio teor de K.

Considerando que as respostas às aplicações foliares de N são inconsistentes, como reportado por Oosterhuis (2001) e Snyder (1998), aliado ao fato de que as respostas positivas serem resultantes da aplicação de N via foliar em quantidades acima de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$ , sob condições de pouca aplicação de N no solo (menos que  $33 \text{ kg ha}^{-1}$  de N), como mostrado por McConnell et al. (1999) e Carvalho et al. (2001), o teor de N nos tecidos não foi monitorado nos dois anos destes experimentos com  $\text{KNO}_3$ , os quais utilizaram até  $4,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de N via foliar, e  $45,0$  a  $108,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no solo, conforme o ano.

### 6.1.2 Local: Fazenda Montanha, Boracéia-SP

Os mapeamentos das estruturas da planta apresentaram os resultados das Figuras 25 e 26 (número de nós por planta); 27 e 28 (altura do ramo mais baixo com fruto); e 29 e 30 (número de nós acima do primeiro ramo com fruto), sempre em comparação com a parcela testemunha.

Observa-se nas Figuras 25 e 26, que a parcela testemunha já havia definido o número total de nós na planta por volta dos 88 dias após emergência.

Comparados às testemunhas, os tratamentos foliares com 16 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> só proporcionaram redução significativa no número de nós na planta quando realizados entre a 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> semana do florescimento (trat. 3). Os demais contrastes não evidenciaram diferenças (Figura 25).

Com a dose de 32 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> (Figura 26), somente o tratamento realizado entre a 3<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> semana do florescimento proporcionou significativamente redução no número de nós na planta de algodão. Os demais tratamentos não foram diferentes das testemunhas.

Comparando-se os dois locais de experimentação no ano 1999/2000, o desenvolvimento do algodoeiro, medido através do número de nós nas plantas, foi estabilizado mais precocemente (aos 88 D.A.E.), e com menores valores, em Boracéia do que em Pederneiras, que só estabilizou por volta de 111 D.A.E. Esta diferença pode ser atribuída, em parte, ao maior ataque de pragas (curuquerê e bicudo) em Boracéia, causando estresse ao desenvolvimento das plantas, além da menor fertilidade do solo com relação ao potássio e fósforo.

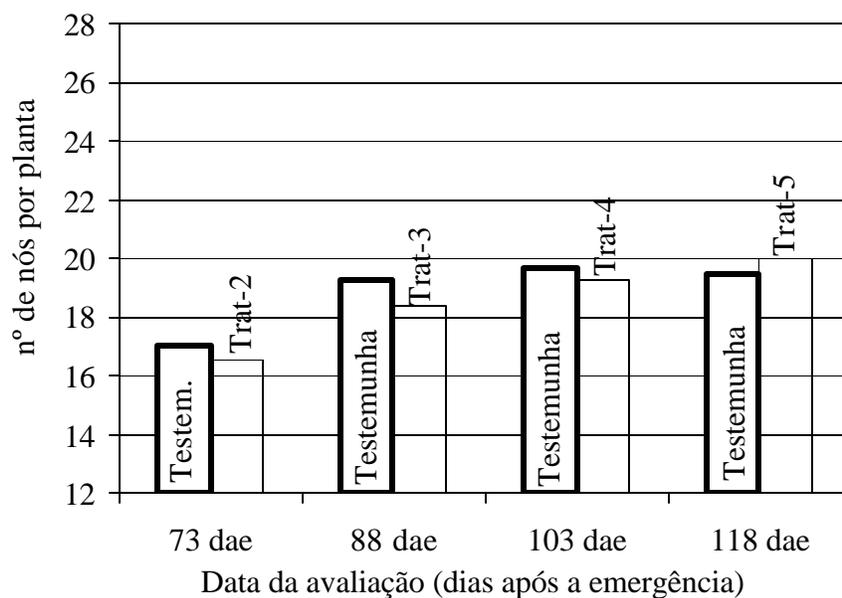


Figura 25 - Número de nós por planta de algodão, avaliado uma semana após o término dos tratamentos com  $16 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Montanha, Boracéia-SP (1999-2000).

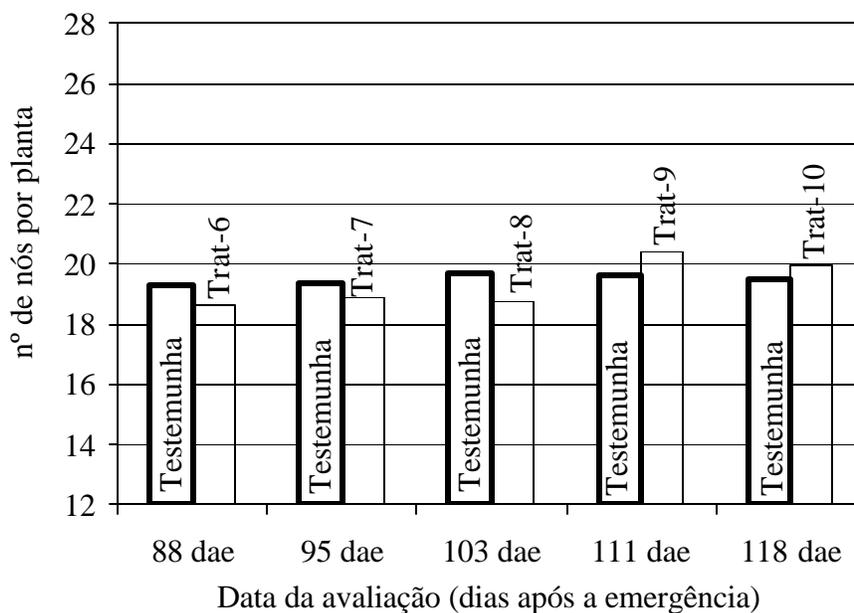


Figura 26 - Número de nós por planta de algodão, avaliado uma semana após o término dos tratamentos com  $32 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Montanha, Boracéia-SP (1999-2000).

A altura do ramo mais baixo da planta de algodão que portava pelo menos um fruto pode ser conferida nas Figuras 27 e 28.

Comparando-se a testemunha com os tratamentos com aplicação de 16 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar (Figura 27), pode-se observar que a altura do ramo mais baixo contendo fruto não foi significativamente alterada em nenhum contraste. O mesmo ocorreu com a dose de 32 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> (Figura 28).

Comparando-se os dois locais de experimentação no ano 1999/2000, a altura do ramo mais baixo com fruto, aos 73, 88, 95 e 103 D.A.E, mostrou-se relativamente menor na fazenda Cachoeira (Pederneiras-SP) do que na fazenda Montanha (Boracéia-SP), mas foi semelhante na comparação aos 111 e 118 D.A.E.. Este fato, aliado ao menor desenvolvimento de nós, mostra que a fixação das estruturas reprodutivas nas plantas em Boracéia deu-se em ramos mais altos, indicando perda da carga de frutos do “baixeiro”. Novamente, podemos supor que o pior controle de pragas e a pior fertilidade do solo em Boracéia tenham contribuído com estes resultados.

A quantidade de nós existentes acima do ramo mais baixo da planta que portava fruto, consta das Figuras 29 e 30.

Comparadas às testemunhas, o uso de 16 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> só provocou redução significativa no número de nós acima do ramo mais baixo com fruto para o tratamento 3 (Figura 29).

Já, com uso de 32 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar, o tratamento 6 causou redução significativa no número de nós acima do primeiro ramo com fruto, e o tratamento 10 provocou aumento (Figura 30).

De novo, comparando-se os dois locais de experimentação, fica evidenciado o pior desenvolvimento das plantas em Boracéia em relação a Pederneiras devido o menor número de nós acima do ramo mais baixo contendo fruto.

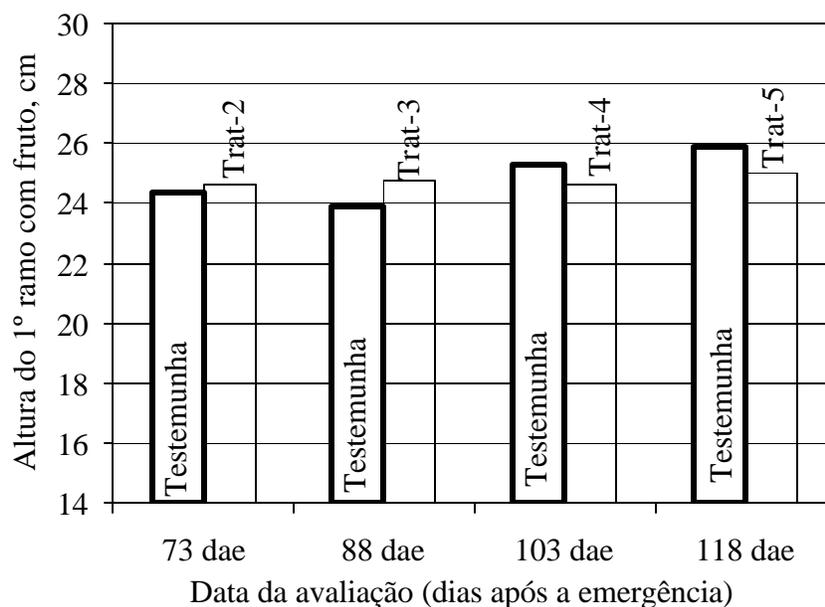


Figura 27 - Altura do ramo reprodutivo mais baixo do algodoeiro com, no mínimo, um fruto, avaliada uma semana após o término dos tratamentos com  $16 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Montanha, Boracéia -SP (1999-2000).

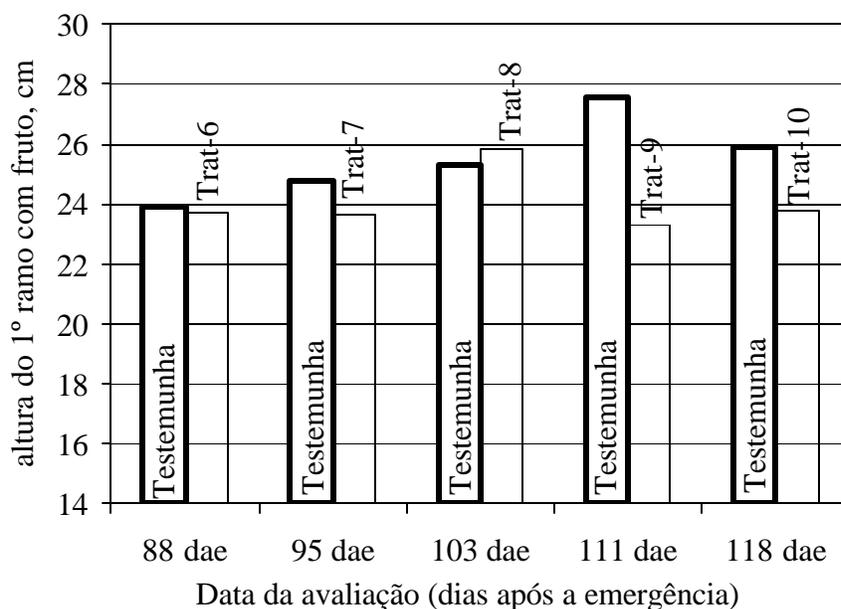


Figura 28 - Altura do ramo reprodutivo mais baixo do algodoeiro com, no mínimo, um fruto, avaliada uma semana após o término dos tratamentos com  $32 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Montanha, Boracéia -SP (1999-2000).

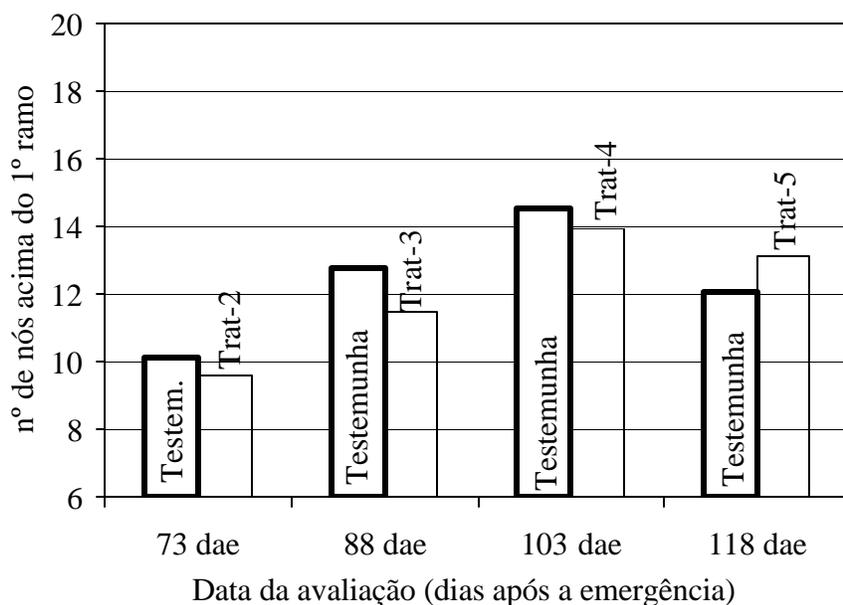


Figura 29 - Número de nós acima do ramo mais baixo do algodoeiro com, no mínimo, um fruto, avaliado uma semana após o término dos tratamentos com  $16 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Montanha, Boracéia -SP (1999-2000).

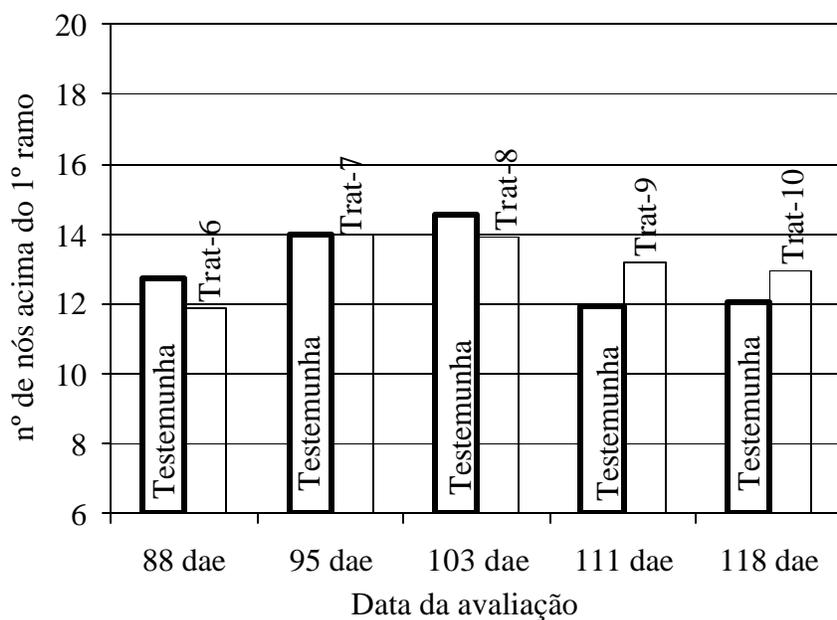


Figura 30 - Número de nós acima do ramo mais baixo do algodoeiro com, no mínimo, um fruto, avaliado uma semana após o término dos tratamentos com  $32 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Montanha, Boracéia-SP (1999-2000).

O teor de K nas folhas do algodoeiro, determinado aos 88 D.A.E., consta na Figura 31. Observa-se que o tratamento 4 ocasionou o menor teor de K ( $14,1 \text{ g kg}^{-1}$ ) e o tratamento 10 o maior ( $17,5 \text{ g kg}^{-1}$ ), mas sem diferenças significativas entre os 10 tratamentos. Nota-se também que aos 88 D.A.E., os tratamentos 2, 3 e 6 já haviam sido realizados totalmente, os tratamentos 7, 8 e 9 parcialmente, e os tratamentos 4, 5 e 10 estavam para começar. Assim, os menores teores de K nas folhas podem ser consequência do maior desenvolvimento da planta causado pela adubação foliar (Efeito diluição), ou pela não aplicação de  $\text{KNO}_3$ .

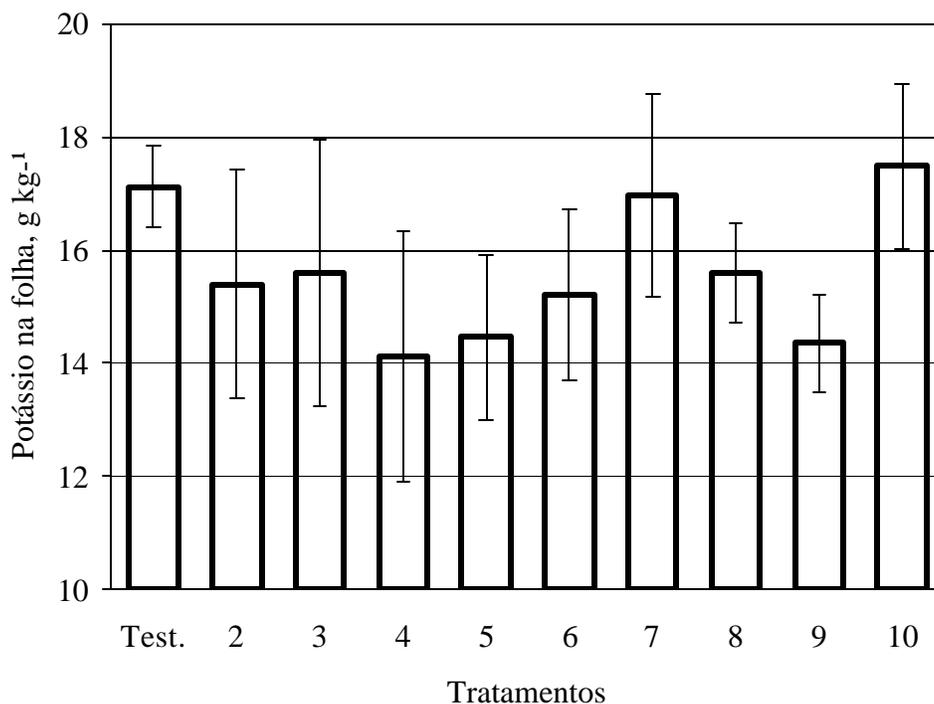


Figura 31 - Teor de K nas folhas do algodoeiro aos 88 dias após a emergência, em função dos tratamentos com  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Montanha, Boracéia-SP (1999-2000).

Os teores de K nas folhas e nas maçãs do algodoeiro, uma semana após cada tratamento com  $\text{KNO}_3$  via foliar podem ser observados nas Figuras 32 a 35.

Na comparação dos tratamentos que receberam  $16 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  com a parcela testemunha, nota-se que não houve influência significativa com nenhum contraste (Figura 32). Com a dose de  $32 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$ , plantas que receberam o tratamento 6 ( $15,2 \text{ g kg}^{-1} \text{ K}$ ) foram significativamente menores que a testemunha ( $17,1 \text{ g kg}^{-1} \text{ K}$ ), e as que receberam o tratamento 10 ( $11,6 \text{ g kg}^{-1} \text{ K}$ ) foram maiores que a testemunha ( $9,2 \text{ g kg}^{-1} \text{ K}$ ), e os demais tratamentos não apresentaram alterações.

Para todos os tratamentos e datas de avaliação, as concentrações de potássio nas folhas foram consideradas adequadas, baseadas nos parâmetros indicados por Cassman (1993), Malavolta et al. (1989), Silva et al. (1995) e Silva (1998).

Na maçã, o teor de K mostrou-se estar sempre abaixo do encontrado na testemunha, nos tratamentos que receberam  $16 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  (Figura 34), entretanto, tais diferenças não foram significativas. Com a dose de  $32 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$ , a concentração de K na maçã também não revelou diferenças quando comparadas às testemunhas (Figura 35). Nota-se, porém, que o teor de K na maçã da testemunha decresceu a partir dos 95 D.A.E.

Neste local de experimentação houve o aparecimento, embora leve, do sintoma clássico de deficiência de potássio, com amarelamento entre as nervuras, limbo mosqueado e necrose das margens das folhas da parte mais baixa da planta, mas só acontecendo entre o meio e o final do ciclo, sem haver queda acentuada de folhas. As condições climáticas foram favoráveis ao crescimento do algodoeiro como em Pederneiras. As chuvas ocorreram com grande frequência, e algumas vezes elas aconteceram cerca de poucas horas após a pulverização. Porém, as plantas em Boracéia não cresceram como em Pederneiras, e o maior ataque de insetos (curuquerê e bicudo após os 80 D.A.E.), causaram perda foliar e queda excessiva de estruturas reprodutivas. O teor de K no solo ( $1,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) está no limite inferior da classe média de fertilidade, como apontado por Silva e Raij (1996). Estes motivos

parecem ter levado a um crescimento vegetativo menos vigoroso neste local.

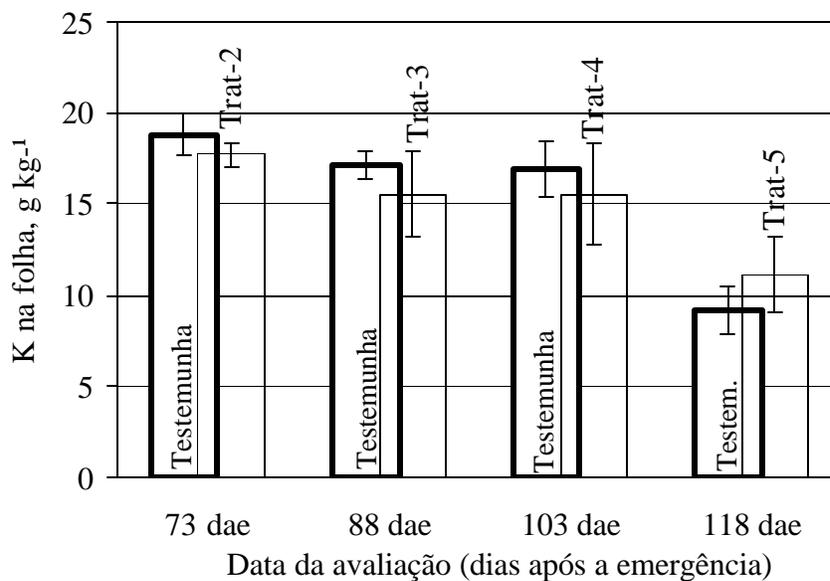


Figura 32 - Teor de K nas folhas do algodoeiro uma semana após o término dos tratamentos com 16 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Montanha, Boracéia-SP (1999-2000).

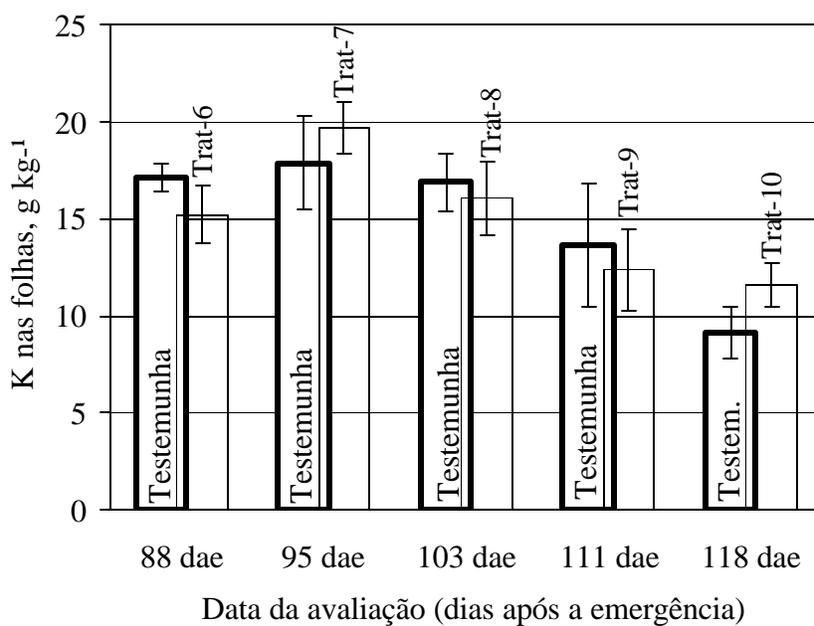


Figura 33 - Teor de K nas folhas do algodoeiro uma semana após o término dos tratamentos com 32 kg ha<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> via foliar. Faz. Montanha, Boracéia-SP (1999-2000).

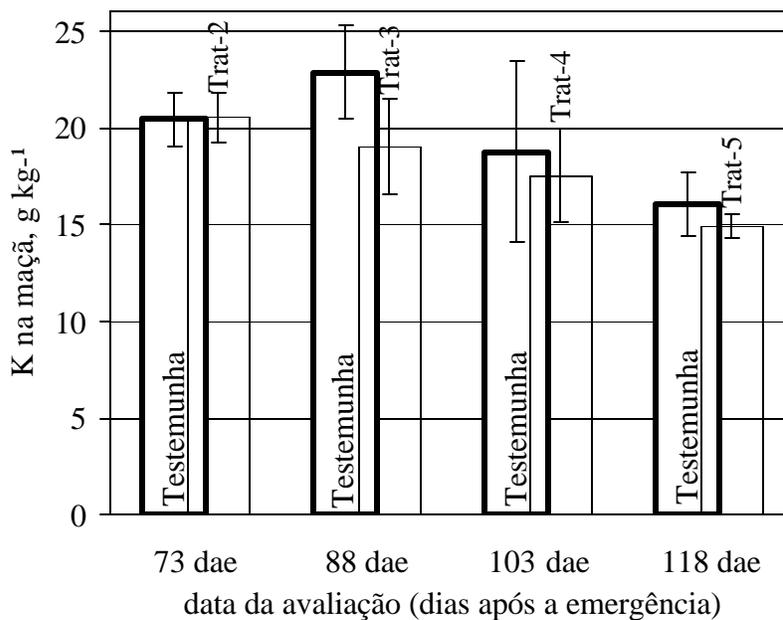


Figura 34 - Teor de K nas maçãs do algodoeiro uma semana após o término dos tratamentos com  $16 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Montanha, Boracéia-SP (1999-2000).

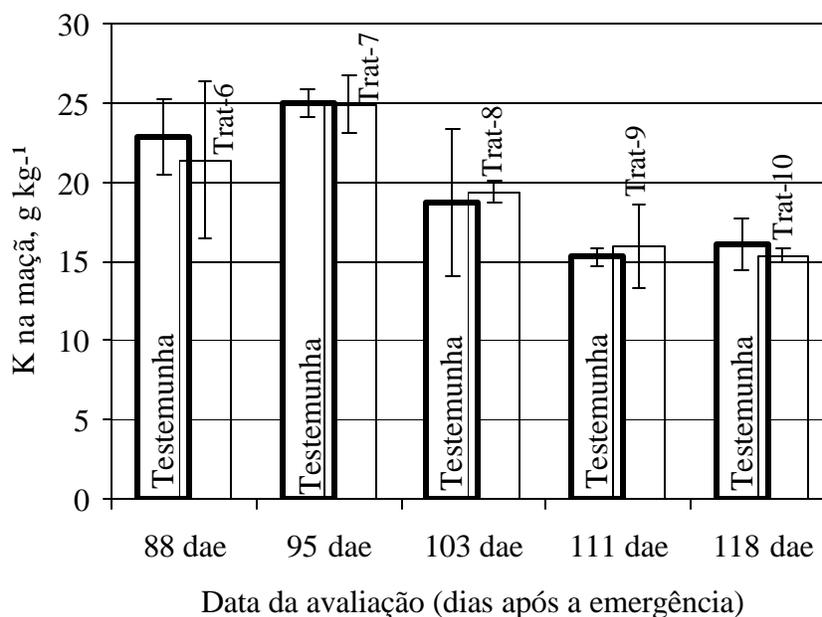


Figura 35 - Teor de K nas maçãs do algodoeiro uma semana após o término dos tratamentos com  $32 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  via foliar. Faz. Montanha, Boracéia-SP (1999-2000).

## 6.2 Segundo ano de experimentação (2000-2001)

A produtividade do algodão em caroço ( $1190 \text{ kg ha}^{-1}$ ) embora baixa, comparada com a produtividade média de  $2458 \text{ kg ha}^{-1}$  registrada no Estado de São Paulo no ano de 2001, segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2003), não foi significativamente alterada pela adubação potássica (foliar ou em cobertura) (Figura 36).

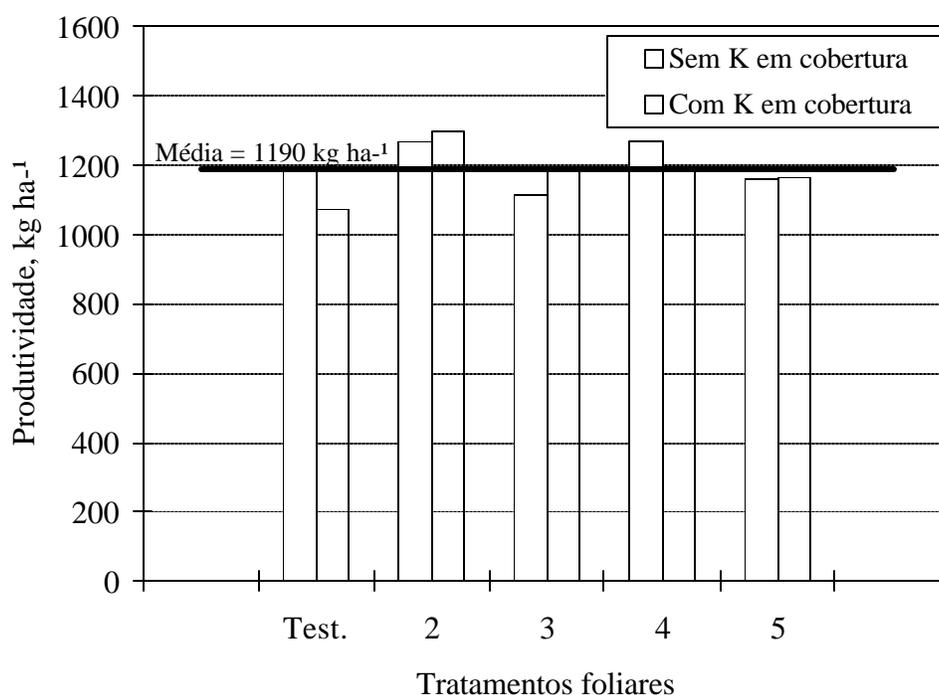


Figura 36 - Produtividade do algodão em caroço, em função das adubações potássicas foliares e em cobertura. Faz. Santa Catarina, Boracéia-SP (2000-2001).

A lavoura de algodão neste ano de experimentação não se desenvolveu adequadamente. A semeadura tardia (09/01/00) foi um fator que influenciou muito o desenvolvimento da lavoura, como já foi observado por Bolonhezi et al. (1999) e Gormus e Yucel (2002). Além disso, o clima seco em boa parte do ciclo do algodoeiro, e o estresse hídrico contribuíram para a redução do porte das plantas, afetando a produtividade.

O rendimento de benefício das fibras do algodão foi significativamente alterado pela adubação potássica em cobertura. O algodoeiro que não recebeu K em cobertura obteve rendimento de fibra superior ao que recebeu (Tabela 22), concordando com os resultados encontrados por Bennett et al. (1965) e Pettigrew e Meredith (1992).

Tabela 22 - Rendimento de fibra do algodão em função da adubação potássica foliar e em cobertura. Faz. St<sup>a</sup> Catarina, Boracéia-SP (2000-2001).

Tratamento foliar	Rendimento de fibra, %	
	Sem K em cobertura	Com K em cobertura
Testemunha	43,28 a*	41,95 a
2	43,90 a	42,53 a
3	43,48 a	43,05 a
4	42,90 a	42,18 a
5	43,53 a	42,15 a
média	43,42 A	42,37 B
CV (%)	1,18	1,74
DMS	1,15	1,66

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula (na linha) ou minúscula (na coluna), não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (Probabilidade < 0,05).

Os parâmetros do peso de um capulho e peso de 100 sementes (Tabela 23) estão adequados para a variedade estudada, mas não foram alterados pela adubação potássica (foliar ou cobertura). Autores como Carvalho et al. (2001), Oosterhuis et al. (1990), Coker et al. (2001a), Coker e Oosterhuis (2001), também não observaram influência significativa da adubação potássica sobre os mesmos parâmetros produtivos.

Tabela 23 - Características produtivas do algodoeiro sem influência significativa da aplicação de potássio em cobertura e foliar. Fazenda Santa Catarina, Boracéia-SP (2000-2001).

Característica	Unidade	variação		média
		menor valor	maior valor	
Produtividade	kg ha <sup>-1</sup>	1073,84	1297,92	1190,30
Peso de um capulho	g	5,08	5,69	5,33
Peso de 100 sementes	g	8,90	9,60	9,22

Dentre as características da qualidade da fibra analisadas, as únicas que sofreram alteração significativa em função dos tratamentos de adubação potássica foram o alongamento, o índice de fiabilidade, o grau de reflexão (ou brilho) e o grau de amarelamento (ou cor).

A Tabela 24 mostra o resultado da análise do alongamento à ruptura da fibra. Nota-se que as diferenças ocorreram somente dentro dos tratamentos que receberam adubação potássica em cobertura, indicando significativamente a superioridade do tratamento foliar 3 em relação ao 4. Segundo a Bolsa de Mercadorias e Futuros [199-], os valores do alongamento da fibra são classificados como altos.

Tabela 24 - Alongamento à ruptura da fibra do algodão, analisado por instrumento HVI, em função da adubação potássica foliar e em cobertura. Fazenda St<sup>a</sup> Catarina, Boracéia-SP (2000-2001).

Tratamento foliar	Alongamento, %	
	Sem K cobertura	Com K cobertura
Testemunha	6,85 a*	6,98 ab
2	6,93 a	7,00 ab
3	6,88 a	7,03 a
4	6,93 a	6,93 b
5	6,93 a	7,00 ab
média	6,90 A	6,99 A
CV (%)	0,79	0,54
DMS	0,12	0,08

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula (na linha) ou minúscula (na coluna), não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (Probabilidade < 0,05).

O índice de fiabilidade da fibra do algodão, que mostra a resistência do fio, está representado na Tabela 25. Todos os índices são considerados médios segundo a Bolsa de Mercadorias e Futuros [199-]. No tratamento que não recebeu K em cobertura, o índice de fiabilidade foi superior ao que recebeu. Não houve alteração do índice para os tratamentos foliares dentro de cada parcela de adubação em cobertura mas, numericamente, o maior índice foi encontrado para o tratamento 4, tanto na parcela com uso de potássio em cobertura, quanto na parcela sem cobertura.

Tabela 25 - Índice de fiabilidade da fibra do algodão, analisado por instrumento HVI, em função da adubação potássica foliar e em cobertura. Fazenda St<sup>a</sup> Catarina, Boracéia-SP (2000-2001).

Tratamento foliar	Índice de fiabilidade, CSP	
	Sem K cobertura	Com K cobertura
Testemunha	2097 a*	2001 a
2	2050 a	2003 a
3	2090 a	2007 a
4	2098 a	2029 a
5	2066 a	2006 a
média	2080 A	2009 B
CV (%)	1,47	1,78
DMS	69,11	80,74

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula (na linha) ou minúscula (na coluna), não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (Probabilidade < 0,05).

O grau de reflexão ou brilho (Tabela 26) das fibras do algodão proveniente das plantas que não receberam K em cobertura foram maiores do que as que receberam cobertura. Porém nenhuma diferença significativa foi notada entre os tratamentos foliares dentro de cada parcela de adubação de cobertura.

Tabela 26 - Grau de reflexão (brilho) da fibra do algodão, analisado por instrumento HVI, em função da adubação potássica foliar e em cobertura. Fazenda St<sup>a</sup> Catarina, Boracéia-SP (2000-2001).

Tratamento foliar	Grau de reflexão (Rd), %	
	Sem K cobertura	Com K cobertura
Testemunha	72,63 a*	69,80 a
2	72,78 a	70,88 a
3	72,25 a	70,65 a
4	73,63 a	71,33 a
5	72,38 a	70,35 a
média	72,73 A	70,60 B
CV (%)	1,14	1,31
DMS	1,88	2,08

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula (na linha) ou minúscula (na coluna), não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (Probabilidade < 0,05).

O grau de amarelamento (Tabela 27) das fibras produzidas sem adubação potássica em cobertura foi significativamente menor do que as que receberam cobertura. E dentro de cada tratamento de cobertura, os tratamentos foliares não alteraram esta característica da fibra do algodão.

Tabela 27 - Grau de amarelamento da fibra do algodão, analisado por instrumento HVI, em função da adubação potássica foliar e em cobertura. Fazenda St<sup>a</sup> Catarina, Boracéia-SP (2000-2001).

Tratamento foliar	Grau de amarelamento, +b	
	sem K cobertura	com K cobertura
Testemunha	10,08 a*	10,15 a
2	10,13 a	10,70 a
3	9,93 a	10,78 a
4	9,88 a	10,58 a
5	10,18 a	10,58 a
média	10,04 B	10,56 A
CV (%)	2,18	4,36
DMS	0,49	1,04

- \* Médias seguidas de mesma letra maiúscula (na linha) ou minúscula (na coluna), não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (Probabilidade < 0,05).

As demais características da qualidade da fibra analisadas que não tiveram influência significativa dos tratamentos de adubação foliar ou em cobertura com potássio encontram-se na Tabela 28.

Conforme Bolsa de Mercadorias e Futuros [199-], as características da qualidade da fibra descritas na Tabela 28 podem ser classificadas como: curta para comprimento da fibra, uniforme para uniformidade de comprimento, regular para índice de fibras curtas, média para tenacidade, média para micronaire, madura abaixo da média para maturidade, média para finura e média para conteúdo de açúcar.

Tabela 28 - Características da fibra do algodão analisadas por instrumento HVI, sem influência significativa da adubação potássica (foliar ou em cobertura). Fazenda Stª Catarina, Boracéia-SP (2000-2001).

Característica	Unidade	variação		média
		menor valor	maior valor	
Comprimento	mm	25,58	26,73	26,03
Uniformidade comprimento	%	46,28	47,45	47,11
Índice de fibras curtas	%	8,58	10,15	9,54
Tenacidade	g tex <sup>-1</sup>	26,95	28,73	27,92
Micronaire (índice)	µg pol <sup>-1</sup>	3,83	4,03	3,93
Maturidade	%	70,15	74,80	73,03
Finura	mtex	176,25	189,00	181,48
Conteúdo de açúcar	%	0,20	0,28	0,25

A concentração de K na folha e na maçã, avaliada aos 94 dias após a emergência, encontram-se na Tabela 29. Observa-se que os teores de K nas folhas do algodoeiro não foram alterados pelo uso de K suplementar em cobertura. Entretanto, na parcela sem uso de potássio em cobertura, os teores de K nas folhas que receberam tratamentos foliares 3, 4 e 5, foram estatisticamente superiores à

testemunha e tratamento 2, e na parcela com adubação de cobertura, só os tratamentos 3 e 4 foram superiores à testemunha.

O teor de K nas folhas já se apresentava baixo aos 94 dias da emergência, comparado com a faixa adequada (15 a 25 mg kg<sup>-1</sup> de K) indicada por Silva et al. (1995), Silva (1998) e Cassman (1993), para as folhas de algodão entre 80 e 90 dias após emergência. Entretanto, o teor de K nas folhas pode cair progressivamente com o ciclo da planta (BEDNARZ e OOSTERHUIS, 1996; KERBY e ADAMS, 1985; REDDY et al., 2000)

O teor de K na maçã, aos 94 dias após a emergência, permaneceu constante perante os tratamentos de adubação potássica (cobertura ou foliar), sem diferenças significativas, apesar de numericamente, o tratamento 3 mostrar maior valor dentro da parcela sem adubação de cobertura, e o tratamento 5 na parcela com cobertura potássica (Tabela 29).

Tabela 29 - Teor de K na folha e maçã do algodoeiro, aos 94 dias após emergência. Fazenda St<sup>a</sup> Catarina, Boracéia-SP (2000-2001).

Tratamento foliar	K na folha, g kg <sup>-1</sup>		K na maçã, g kg <sup>-1</sup>	
	sem K cobertura	com K cobertura	sem K cobertura	com K cobertura
Testemunha	10,23 b*	10,88 b	12,08 a	13,08 a
2	11,50 b	12,05 ab	12,25 a	13,25 a
3	14,18 a	13,85 a	15,43 a	13,58 a
4	15,93 a	13,55 a	15,25 a	11,95 a
5	14,95 a	12,23 ab	13,85 a	13,93 a
média	13,36 A	12,51 A	13,77 A	13,16 A
CV (%)	9,24	6,56	12,40	7,97
DMS	2,78	1,85	3,85	2,37

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula (na linha) ou minúscula (na coluna), não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (Probabilidade < 0,05).

O teor de K na folha aos 108 D.A.E. (Tabela 30) não foi alterado pelo uso de K em cobertura. Entretanto, dentro de uma mesma parcela de tratamento em cobertura potássica (com ou sem cobertura), o teor de K na folha do

algodoeiro, variou significativamente conforme o tratamento foliar. O maior teor de K foi encontrado nas folhas que receberam o tratamento foliar 5 (aplicação tardia de  $\text{KNO}_3$ ), tanto na parcela sem cobertura quanto na parcela com cobertura de K, isto era previsto, pois o tempo decorrido da última aplicação até a análise foi menor que nos outros tratamentos, além da planta estar em fase mais adiantada de seu ciclo de vida, incorrendo em menor taxa de translocação do K (menor atividade metabólica) e menor demanda (frutos já formados).

O teor de K na maçã, aos 108 D.A.E. apresentou-se equivalente para todos os tratamentos de adubação potássica, não revelando qualquer diferença significativa, como observado anteriormente aos 94 D.A.E., porém com valores menores (Tabela 30).

Tabela 30 - Teor de K na folha e maçã do algodoeiro aos 108 dias após emergência, em função da adubação potássica foliar e em cobertura. Fazenda St<sup>a</sup> Catarina, Boracéia-SP (2000-2001).

Tratamento foliar	K na folha, g kg <sup>-1</sup>		K na maçã, g kg <sup>-1</sup>	
	sem K cobertura	com K cobertura	sem K cobertura	com K cobertura
Testemunha	5,63 b*	7,78 b	12,03 a	12,60 a
2	7,63 b	6,55 b	12,00 a	10,90 a
3	8,15 b	7,13 b	12,58 a	12,68 a
4	9,53 ab	9,70 ab	13,18 a	13,23 a
5	13,53 a	12,48 a	13,55 a	12,68 a
média	8,89 A	8,73 A	12,67 A	12,42 A
CV (%)	20,69	20,99	12,67	13,22
DMS	4,15	4,13	3,62	3,70

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula (na linha) ou minúscula (na coluna), não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (Probabilidade < 0,05).

Devido o teor de K no solo ( $1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) estar em nível baixo conforme padrões de Silva e Raij (1996), e, aliado à época tardia de instalação da lavoura e ao clima desfavorável durante seu desenvolvimento, o algodoeiro não se desenvolveu adequadamente neste ano de experimentação. Assim, não conseguiu adquirir os mesmos teores de K nos tecidos como verificado no primeiro ano de

estudo. Entretanto, os teores de K nas maçãs não foram considerados deficientes e permaneceram constantes durante as duas épocas de avaliação (94 e 108 dae) perante todos os tratamentos potássicos. Isto mostra, portanto, que o K foi translocado da folha, e provavelmente de outras partes da planta, para o fruto, que é o maior dreno para o potássio nesta fase. A maior concentração de K na folha, conseguido às expensas da adubação foliar, não foi traduzido no aumento do teor de K no fruto, nem na melhoria de qualquer parâmetro de produtividade ou alteração dos parâmetros mais importantes da qualidade da fibra, significando que houve consumo de luxo de K.

Fica claro, nos anos de experimentação, que o declínio de potássio na folha é um processo normal durante a senescência da planta, que não se reverte com uso suplementar de K em cobertura ou via foliar. A aquisição de luxo de potássio propiciado pela pulverização foliar com  $\text{KNO}_3$  não reverteu os parâmetros de produção neste estudo, nem tampouco alterou as principais características da qualidade da fibra do algodão, ambos tão influenciadas por importantes fatores do ambiente (CHIAVEGATO et al. 1999), como o sombreamento (ZHAO e OOSTERHUIS, 1998), o sistema de cultivo (VARCO, 2000), a temperatura (OOSTERHUIS e BOURLAND, 2001), a disponibilidade hídrica (COKER e OOSTERHUIS, 1999; COKER et al., 2000, 2001b e 2001c), a compactação do solo (ROSOLEM et al. 1998); e fatores como data de semeadura (BOLONHEZI et al., 1999; GORMUS e YUCEL, 2002), além dos fatores nutricionais já discutidos.

## 7. CONCLUSÕES

O uso da adubação foliar com nitrato de potássio, com até 32 kg ha<sup>-1</sup>, durante o período de florescimento do algodoeiro (variedade “DeltaOpal”) não alterou a produtividade do algodão em caroço, nos dois anos de experimentação.

As características da qualidade da fibra do algodão como finura, resistência, comprimento, micronaire e maturidade, não foram alteradas pelo uso da adubação foliar com KNO<sub>3</sub>.

O teor de potássio na folha foi alterado pelo uso do KNO<sub>3</sub> via foliar, mas não houve modificação no teor de K nas maçãs no segundo ano de experimentação.

No segundo ano de experimentação, sob condições de clima seco e baixa produtividade, a adubação de potássio no solo, em cobertura, não alterou o rendimento de algodão em caroço, diminuiu o rendimento (%), o índice de fiabilidade (CSP) o brilho (Rd) e aumentou o grau de amarelamento (+b) da fibra de algodão.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS\*

ABAYE, A. O. Effect of method and time of potassium application on cotton lint yield. **Better Crops with Plant Food**, Norcross, v. 82, n. 2, p. 25-27, 1998.

ALBERS, D. W.; HEFNER, S.; KLOBE, D. **Fertility management of cotton**. Columbia: University of Missouri: University Extension, 1993. (Agricultural publication, G4256). Disponível em: <<http://muextension.missouri.edu/xplor/agguides/crops/g04256.htm>>. Acesso em: 11 mar. 2003.

ARMSTRONG, D. L. (Ed.). Potassium for agriculture. **Better Crops with Plant Food**, Norcross, v. 82, n. 3, 1998. Disponível em: <<http://www.ppi-ppic.org/ppiweb/bcrops.nsf>>. Acesso em: 11 mar. 2003.

BARBOSA, M. Z.; NOGUEIRA JÚNIOR, S. Aspectos quali-quantitativos do consumo recente de algodão no Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 37-39, abr. 2001.

BEDNARZ, C. W.; OOSTERHUIS, D. M. Partitioning of potassium in the cotton plant during development of a potassium deficiency. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 19, n. 12, p. 1629-1638, 1996.

---

\*Conforme ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002. NBR 6023.

BEDNARZ, C. W.; OOSTERHUIS, D. M.; EVANS, R. D. Leaf photosynthesis and carbon isotope discrimination of cotton in response to potassium deficiency. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 39, n. 2, p. 131-139, abr. 1998.

BEDNARZ, C. W.; HOPPER, N. W.; HICKEY, M. G. Effects of foliar fertilization of Texas southern high plains cotton: leaf phosphorus, potassium, zinc, iron, manganese, boron, calcium, and yield distribution. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 22, n. 6, p. 863-875, 1999.

BENNETT, O. L.; ROUSE, R. .; ASHLEY, D. A.; DOSS, B. D. Yield, fiber quality and potassium content of irrigated cotton plants as affected by rates of potassium. **Agronomy Journal**, Madison, v. 57, p. 296-299, 1965.

BOLAN, N. S.; NAIDU, R.; SYERS, J. K.; TILLMAN, R. W. Surface charge and solute interactions in soils. **Advances in Agronomy**, Newark, v. 67, cap. 2, p.87-140, may 1999.

BOLONHEZI, D.; ATHAYDE, M. L. F.; SABINO, N. P.; KONDO, J. I.; FUZATTO, M. G.; BOLONHEZI, A. C.; BORTOLETTO, N.; CASTRO, J. L. Efeito da época de semeadura sobre as características tecnológicas das fibras de três variedades de algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2, 1999, Ribeirão Preto. **Anais...** Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1999. p. 709-712.

BOLDA DE MERCADORIAS E FUTUROS. **Resultados de testes no HVI e sua interpretação**. São Paulo, [199-]. 26 p.

BOQUET, D. J.; MOSER, E. B.; BREITENBECK, G. A. Boll weight and within-plant yield distribution in field-grown cotton given different levels of nitrogen. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, p. 20-26, 1994.

BRADOW, J. M.; DAVIDONIS, G. H. Quantitation of fiber quality and the cotton production-processing interface: a physiologist's perspective. **Journal of Cotton Science**, Memphis, v. 4, p. 34-64, 2000. Review. Disponível em: <<http://www.jcotsoci.org>>. Acesso em: 10 mar. 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 110**, de 30 de setembro de 2002. Relação das cultivares de algodão habilitadas para inclusão no Zoneamento Agrícola, para o ano-safra 2002/2003. Disponível em <<http://masrv54.agricultura.gov.br/Zoneamento/20022003.htm>>. Acesso em: 20 ago. 2003.

BROUDER, S. M.; CASSMAN, K. G. Cotton root and shoot response to localized supply of nitrate, phosphate and potassium: split-pot studies with nutrient solution and vermiculitic soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 161, p. 179-193, 1994.

BROUDER, S. M.; CASSMAN, K. G. Root development of two cotton cultivars in relation to potassium uptake and plant growth in a vermiculitic soil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 23, p. 187-203, 1990.

BUENDIA, J. P. L.; NEPTUNE, A. M. L. Adubação foliar do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*, L., var. I.A.C.12), com nitrogênio, fósforo e potássio avaliada pela produção e diagnose foliar. **Anais da Esalq**, Piracicaba, v. 28, p.5-30, 1971.

CARVALHO, M. A. de; PAULINO, H. B.; FURLANI JÚNIOR, E.; BUZETTI, S.; SÁ, M. E. de; ATHADE, L. F. de. Uso da adubação nitrogenada e potássica no algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 2, 2001.

CASSMAN, K. G. Cotton. In: BENNETT, W. F. (Ed). **Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants**. Saint Paul: APS Press, 1993. Cap. 10, p. 111-119.

CASSMAN, K. G.; KERBY, T. A.; ROBERTS, B. A.; BRYANT, D. C.; BROUDER, S. M. Differential response o two cotton cultivars to fertilizer and soil potassium. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, p. 870-876, 1989.

CASSMAN, K. G.; KERBY, T. A.; ROBERTS, B. A.; BRYANT, D. C.; HIGASHI, S. L. Potassium nutrition effects on lint yield and fiber quality of Acala cotton. **Crop Science**, Madison, v. 30, p. 672-677, 1990.

CHANG, M. A.; OOSTERHUIS, D. M. Cotton response to foliar application of potassium compounds at different pH levels. **Better Crops with Plant Food**, Norcross, v. 79, n. 2, p. 20-22, 1995.

CHIAVEGATO, E. J.; FUZATTO, M. G.; ABRAHÃO, J. T. M.; KONDO, J. I. Efeito do ambiente e de cultivares em componentes da produção e características tecnológicas da fibra e do fio de algodão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2, 1999, Ribeirão Preto. **Anais...** Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1999. p. 578-581.

COKER, D. L.; OOSTERHUIS, D. M. Water deficit and potassium partitioning in cotton. In: COTTON RESEARCH MEETING, 1999. **Proceedings...** Fayetteville: Arkansas Agricultural Experiment Station, 1999. p. 97-102. (Special Report, n. 193). Disponível em: <<http://www.uark.edu/depts/agripub/publications/specialreports>>. Acesso em: 11 mar. 2003.

COKER, D. L.; OOSTERHUIS, D. M. Yield response to soil and foliar potassium fertilization of water-deficit-stressed cotton. In: NORMAN, R. J.; CHAPMAN, S. L. (Eds.). **Arkansas soil fertility studies 2000**. Fayetteville: Arkansas Agricultural

Experiment Station, march 2001. p. 78-83. (Research Series, n. 480). Disponível em: <<http://www.uark.edu/depts/agripub/publications/researchseries>>. Acesso em: 11 mar. 2003.

COKER, D. L.; OOSTERHUIS, D. M.; BROWN, R. S. Effect of soil and foliar potassium fertilization on yield of water-deficit stressed cotton. In: COTTON RESEARCH MEETING, 2001. **Proceedings...** Fayetteville: Arkansas Agricultural Experiment Station, 2001c. p. 38-43. (Special Report, n. 204). Disponível em: <<http://www.uark.edu/depts/agripub/publications/specialreports>>. Acesso em: 11 mar. 2003.

COKER, D. L.; OOSTERHUIS, D. M.; BROWN, R. S. Field evaluation of foliar-applied fertilizers on the growth and yield of cotton. In: ARKANSAS COTTON RESEARCH, 2001. **Summaries...** Fayetteville: Arkansas Agricultural Experiment Station, 2001a. p. 108-116. (Research Series, n. 497). Disponível em: <<http://www.uark.edu/depts/agripub/publications/researchseries>>. Acesso em: 11 mar. 2003.

COKER, D. L.; OOSTERHUIS, D. M.; BROWN, R. S. Potassium partitioning in the cotton plant as influenced by soil and foliar potassium fertilization under water deficit stress. In: COTTON RESEARCH MEETING, 2000. **Proceedings...** Fayetteville: Arkansas Agricultural Experiment Station, 2000. p. 81-88. (Special Report, n. 198). Disponível em: <<http://www.uark.edu/depts/agripub/publications/specialreports>>. Acesso em: 11 mar. 2003.

COKER, D. L.; OOSTERHUIS, D. M.; BROWN, R. S. Response of dryland and irrigated cotton to potassium fertilization. In: ARKANSAS COTTON RESEARCH, 2001. **Summaries...** Fayetteville: Arkansas Agricultural Experiment Station, 2001b. p. 103-107. (Research Series, n. 497). Disponível em: <<http://www.uark.edu/depts/agripub/publications/researchseries>>. Acesso em: 11 mar. 2003.

DHINDSA, R. S.; BEASLEY, C. A.; TING, I. P. Osmoregulation in cotton fiber: Accumulation of potassium and malate during growth. **Plant Physiology**, Rockville, v. 56, n.3, p. 394-398, sept. 1975.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. Cotton. In: \_\_\_\_\_. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2. ed. New York: Marcel Dekker Inc., 1997. cap. 17. p. 561-582.

FUZATTO, M.G. Melhoramento genético do algodoeiro. In: CIA, E., FREIRE, E.C., SANTOS, W. J. Dos (Eds.). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: POTAFÓS, 1999. Cap. 3, p. 15-34.

GORMUS, O.; YUCEL, C. Different planting date and potassium fertility effects on cotton yield and fiber properties in the Çukurova region, Turkey. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 78, n. 2-3, p. 141-149, 2002.

GRASSI FILHO, H. **Nutrição mineral de plantas**. Botucatu, 2000. (Apostila da disciplina Nutrição Mineral das Plantas do Curso de Pós-Graduação em Agronomia/UNESP/Botucatu-SP).

GWATHMEY, C. O.; HOWARD, D. D. Potassium effects on canopy light interception and earliness of no-tillage cotton. **Agronomy Journal**, Madison, v. 90, n. 2, p. 144-149, mar-apr. 1998.

HARRIS, G. Deficiência de potássio em algodoeiro relacionada à mancha foliar. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 96, p. 1-2, dez. 2001.

HODGES, S. C. Fertilization. In: NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY. **Cotton production guide**. North Carolina, 2002. cap. 7. Disponível em: <[http://ipm.ncsu.edu/Production\\_Guides/Cotton/chptr7.html](http://ipm.ncsu.edu/Production_Guides/Cotton/chptr7.html)>. Acesso em: 11 mar. 2003.

HOWARD, D. D.; ESSINGTON, M. E.; GWATHMEY, C. O.; PERCELL, W. M. Buffering of foliar potassium and boron solutions for no-tillage cotton production. **Journal of Cotton Science**, Memphis, v. 4, p. 237-244, 2000. Disponível em: <<http://www.jcotsci.org>>. Acesso em: 10 mar. 2003.

HOWARD, D. D.; ESSINGTON, M. E.; HAYES, R. M.; PERCELL, W. M. Potassium fertilization of conventional- and no-till cotton. **Journal of Cotton Science**, Memphis, v. 5, p. 197-205, 2001. Disponível em: <<http://www.jcotsci.org>>. Acesso em: 10 mar. 2003.

HOWARD, D. D.; GWATHMEY, C. O.; SAMS, C. E. Foliar feeding of cotton: evaluating potassium sources, potassium solution buffering, and boron. **Agronomy Journal**, Madison, v.90, n. 6, p. 740-746, nov.-dec. 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados da agricultura**. Brasília, DF, 2003. Disponível em:

<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric>>. Acesso em: 20 ago. 2003.

KAFKAFI, U. Foliar feeding of potassium nitrate in cotton. **Better Crops with Plant Food**, Norcross, v. 76, p. 16-17, spring 1992.

KERBY, T. A.; ADAMS, F. Potassium nutrition of cotton. In: MUNSON, R. D. (Ed.). **Potassium in agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1985. cap. 36, p.843-860.

KIM, H. J.; TRIPLETT, B. A. Cotton fiber growth in planta and in vitro. Models for plant cell elongation and cell wall biogenesis. **Plant Physiology**, Rockville, v. 127, p. 1361-1366, dec. 2001. Disponível em: <<http://www.plantphysiol.org>>. Acesso em: 20 ago 2003.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

MALIK, M. N. A.; EVENSON, J. P.; EDWARDS, D. G. The effect of level of nitrogen nutrition on earliness in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Australian Journal of Agricultural Research**. Victoria, v. 29, p. 1213-1221, 1978.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

McCONNELL, J. S., BAKER, W. H., FRIZZELL, B. S., SNYDER, C. S. Foliar nitrogen fertilization of cotton in southeast Arkansas. In: COTTON RESEARCH MEETING, 1999. **Proceedings...** Fayetteville: Arkansas Agricultural Experiment Station, 1999. p. 171-177. (Special Report, n. 193). Disponível em: <<http://www.uark.edu/depts/agripub/publications/specialreports>>. Acesso em 11 mar. 2003.

McCONNELL, J. S., BAKER, W. H., KIRST JR, R. C. Varietal responses of cotton to nitrogen fertilization. In: COTTON RESEARCH MEETING, 2001. **Proceedings...** Fayetteville: Arkansas Agricultural Experiment Station, 2001. p. 44-46. (Special Report, n. 204). Disponível em: <<http://www.uark.edu/depts/agripub/publications/specialreports>>. Acesso em 11 mar. 2003.

MENDES, H. C. Nutrição do algodoeiro. II - Absorção mineral por plantas cultivadas em soluções nutritivas. **Bragantia**, Campinas, v. 19, n. 28, p.435-458, maio 1960.

MINTON, E. B.; EBELHAR, M. W. Potassium and aldicarb-disulfoton effects on verticillium wilt, yield, and quality of cotton. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 209-212, 1991.

MULLINS, G. L.; BURMESTER, C. H.; REEVES, D. W. Cotton response to in-row subsoiling and potassium fertilizer placement in Alabama. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 40, n. 3 e 4, p. 145-154, january 1997.

MULLINS, G. L.; REEVES, D. W.; BURMESTER, C. H.; BRYANT, H. H. In-row subsoiling and potassium placement effects on root growth and potassium content of cotton. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, p.136-139, 1994.

OOSTERHUIS, D. M. Cotton yield enhancement using foliar applied potassium nitrate and PGR-IV. **Better Crops with Plant Food**, Norcross, v. 76, p. 10-11, winter 1992.

OOSTERHUIS, D. M. Growth and development of a cotton plant. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. dos (Eds). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafós, 1999. p. 35-55.

OOSTERHUIS, D. M. Physiology and nutrition of high yielding cotton in the USA. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 95, p. 18-24, set. 2001. (Encarte Técnico).

OOSTERHUIS, D. M.; BOURLAND, F. M. Management to reduce stress. In: COTTON RESEARCH MEETING, 2001. **Proceedings...** Fayetteville: Arkansas Agricultural Experiment Station, 2001. p. 13-19. (Special Report, n. 204). Disponível em: <<http://www.uark.edu/depts/agripub/publications/specialreports>>. Acesso em: 11 mar. 2003.

OOSTERHUIS, D. M.; WULLSCHLEGER, S. D.; MAPLES, R. L.; MILEY, W. N. Foliar-feeding of potassium nitrate in cotton. **Better Crops with Plant Food**, Norcross, v. 74, n. 3, p. 8-9, summer 1990.

PETTIGREW, W. T.; HEITHOLD, J. J.; MEREDITH JR., W.R. Genotypic interactions with potassium and nitrogen in cotton of varied maturity. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, p. 89-93, 1996.

PETTIGREW, W. T.; MEREDITH JR.; W. R. Dry matter production, nutrient uptake, and growth of cotton as affected by potassium fertilization. **Journal of Plant**

**Nutrition**, Athens, v. 20, n. 4&5, p. 531-548, 1997.

PETTIGREW, W. T.; MEREDITH JR.; W. R. Potassium fertilization influences cotton dry matter and yield. **Better Crops with Plant Food**, Norcross, v. 76, p. 22-23, winter 1992.

POTAFÓS. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1998. 177 p.

REDDY, K. R.; HODGES, H. F.; VARCO, J. **Potassium nutrition of cotton**. Mississippi: Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station, 2000. 10p. (Bulletin, n. 1094). Disponível em: <<http://msucares.com/pubs/bulletins/b1094.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2003.

ROSOLEM, C. A. Ecofisiologia e manejo da cultura do algodoeiro. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.95, p.1-9, set. 2001a. (Encarte Tec.).

ROSOLEM, C. A. Problemas em nutrição mineral, calagem e adubação do algodoeiro. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 95, p. 10-17, set. 2001b. (Encarte Técnico).

ROSOLEM, C. A.; BASTOS, G. B. Deficiências minerais no cultivar de algodão IAC 22. **Bragantia**, Campinas, v.2, n.56, p.377-387, 1997.

ROSOLEM, C. A.; MIKKELSEN, D. S. Nitrogen source-sink relationship in cotton. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 12, n. 12, p. 1417-1433, 1989.

ROSOLEM, C. A.; MIKKELSEN, D. S. Potassium absorption and partitioning in cotton as affected by periods of potassium deficiency. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 14, n. 9, p. 1001-1016, 1991.

ROSOLEM, C. A.; SCHIOCHET, M. A.; SOUZA, L. S.; WHITAKER, J. P. T. Root growth and cotton nutrition as affected by liming and soil compaction. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Athens, v. 29, n. 1 e 2, p. 169-177, 1998.

ROSOLEM, C. A.; WHITAKER, J. P. T.; VANZOLINI, S.; RAMOS, V. J. The significance of root growth on cotton nutrition in acidic low-P soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 212, n. 2, p. 183-188, 1999.

SABINO, N. P.; SILVA, N. M. da; KONDO, J. I. Componentes da produção e qualidade da fibra do algodoeiro em função do potássio e gesso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2, 1999, Ribeirão Preto. **Anais...** Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1999. p. 703-705.

SEAGULL, R. W.; OLIVERI, V.; MURPHY, K.; BINDER, A.; KOTHARI, S. Cotton fiber growth and development 2: Changes in cell diameter and wall birefringence. **Journal of Cotton Science**, Memphis, v.4, p. 97-104, 2000. Disponível em: <<http://www.jcotsoci.org>>. Acesso em: 11 mar. 2003.

SILVA, N. M. da. Nutrição mineral e adubação de algodoeiro no Brasil. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 81, p. 7, mar. 1998.

SILVA, N. M. da. Nutrição mineral e adubação de algodoeiro no Brasil. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. Dos (Eds). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafós, 1999. p. 57-92.

SILVA, N. M. da; CARVALHO, L. H.; CIA, E.; FUZZATTO, M. G.; CHIAVEGATO, E. J.; ALLEONI, L. R. F. Seja doutor do seu algodoeiro. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 69, mar. 1995. Encarte, Arquivo do Agrônomo n. 8.

SILVA, N. M. da; CARVALHO, L. H.; KONDO, J. I.; SABINO, J. C.; PETTINELLI JR., A.; LANDELL, M. G. A. Efeitos da adubação nitrogenada e de regulador de crescimento na cultura algodoeira. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 7, Cuiabá, 1993. **Resumos...** Cuiabá: EMPAER-MT/EMBRAPA/CNPA, 1993. p. 215.

SILVA, N. M. da; FERRAZ, C. A. M.; GRIDI-PAPP, I. L.; CIA, E. Efeitos da aplicação de N e de K sobre características gerais do algodoeiro cultivado em latossolos não deficientes em potássio. **Bragantia**, Campinas, v. 33, n. 13, p. 129-138, nov. 1974.

SILVA, N. M. da; KONDO, J. I.; SABINO, N. P. Importância da adubação na qualidade do algodão e outras plantas fibrosas. In: EUSTÁQUIO, M de S.; BUZZETI, S. (Coord.). **Importância da adubação na qualidade de produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 189-215.

SILVA, N. M. da; RAIJ, B. Van. Fibrosas. In: RAIJ, B. Van, CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A., FURLANI, A.M.C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1996. cap. 16, p. 107-111. (Boletim 100).

SNYDER, C. S. Adubação da cultura do algodoeiro nos Estados Unidos. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 79, set. 1997.

SNYDER, C. S. Foliar nitrogen and potassium fertilization of cotton. **News & Views**: a regional newsletter of Potash & Phosphate Institute, Norcross, June 1998. Disponível em: <<http://www.ppi-ppic.org>>. Acesso em: 10 mar. 2003.

STAUT, L. A.; KURIHARA, C. H. Calagem e adubação. In: Embrapa Agropecuária Oeste. **Algodão**: tecnologia de produção. Dourados: Embrapa, Algodão e Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. p. 103-123.

STEWART, W. M. Fertilize cotton for optimum yield and quality. **News & Views**: a regional newsletter of Potash & Phosphate Institute, Norcross, 2000 (Beltwide Edition). Disponível em: <<http://www.ppi-ppic.org>>. Acesso em: 10 mar. 2003.

TAYLOR, H. M.; KLEPPER, B. The role of rooting characteristics in supply of water to plants. **Advances in Agronomy**, Newark, v. 30, p. 99-128, 1978.

THOMPSON, W. R. Fertilization of cotton for yields and quality. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. dos (Eds). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafós, 1999. p. 93-99.

VARCO, J. J. No-tillage cotton responds to potassium fertilization on high CEC soils. **Better Crops with Plant Food**, Norcross, v. 84, n. 4, p. 21-23, 2000.

WEIR, B. L., MILLER, R., ROBERTS, B. Foliar applied potassium benefits cotton in the San Joaquin Valley. **Better Crops with Plant Food**, Norcross, v. 79, n. 4, p. 18-20, 1995.

WULLSCHLEGER, S. D.; OOSTERHUIS, D. M. Canopy development and photosynthesis of cotton as influenced by nitrogen nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 13, n. 9, p. 1141-1154, 1990.

YAMADA, T. Melhoria na eficiência da adubação aproveitando as interações entre os nutrientes. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 100, p. 1-5, set. 2002. Encarte Técnico.

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D. M. Dynamics of mineral nutrient element concentration in developing cotton leaves, bracts and floral buds in relation to position in the canopy. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 22, n. 7, p. 1107-1122, 1999.

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D. M. Influence of shade on mineral nutrient status of field-grown cotton. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 21, n. 8, p. 1681-1695, 1998.

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D. M. Nitrogen application effect on leaf photosynthesis, nonstructural carbohydrate concentrations and yield of field-grown cotton. In: COTTON RESEARCH MEETING, 2000. **Proceedings...** Fayetteville: Arkansas Agricultural Experiment Station, 2000. p. 69-71. (Special Report, n. 198). Disponível em: <<http://www.uark.edu/depts/agripub/publications/specialreports>>. Acesso em: 11 mar. 2003.

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D. M. BEDNARZ, C.W. Influence of potassium deficiency on photosynthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultrastructure of cotton plants. **Photosynthetica**, Prague, v. 39, n. 1, p. 103-109, 2001.