



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM AGRONOMIA**

PATRÍCIA RAFAELLA DE MELLO

**CRESCIMENTO RADICULAR DO ALGODOEIRO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO
DE CLORETO DE MEPIQUATE**



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM AGRONOMIA**

PATRÍCIA RAFAELLA DE MELLO

**CRESCIMENTO RADICULAR DO ALGODOEIRO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO
DE CLORETO DE MEPIQUATE**

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Rafael Echer

572.1
M527c

Mello, Patrícia Rafaella de.
Crescimento radicular do algodoeiro em função da aplicação de cloreto de mepiquate / Patrícia Rafaella de Mello. – Presidente Prudente, 2019.
55f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) -
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2019.

Bibliografia.

Orientador: Fábio Rafael Echer

1. Área Foliar. 2. Comprimento Radicular. 3. Acúmulo de Carboidratos na Raiz. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "CRESCIMENTO RADICULAR DO ALGODOEIRO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CLORETO DE MEPIQUATE"

AUTOR(A): PATRÍCIA RAFAELLA DE MELLO

ORIENTADOR(A): FÁBIO RAFAEL ECHER

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em AGRONOMIA

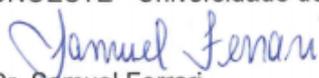
Área de Concentração PRODUÇÃO VEGETAL, pela Comissão Examinadora:


Dra. Ana-Claudia Pacheco Santos

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)


Dr. Fábio Rafael Echer

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)


Dr. Samuel Ferrari

UNESP - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho / Dracena (SP)

Data da realização: Presidente Prudente, 30 de maio de 2019.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Sueli Elisabete de Mello e José Carlos de Mello, por minha existência, por me ensinarem a sempre trilhar o caminho certo e por todo sacrifício que fizeram por mim durante todo esse processo. Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por ter cuidado de mim e ter manifestado sua presença mesmo nos pequenos detalhes.

A toda minha família, em especial, meus pais por todo apoio e suporte, e meus irmãos, Priscila Fernando de Mello Oliveira e José Carlos de Mello Júnior, com vocês foi que eu aprendi sobre amor fraterno e vos levo sempre em meu coração. Amo você!

Ao meu amor e companheiro de vida, José Duarte Neto, obrigada por mesmo à distância ter se feito presente em todo esse processo, por me apoiar e aguentar os momentos difíceis que surgiram. Amo você!

Ao meu orientador Prof. Dr. Fábio Rafael Echer pela confiança, pelos ensinamentos, pela dedicação e por estar sempre pronto para ajudar em todos momentos.

Aos membros da banca examinadora por aceitarem o convite e colaborarem com suas sugestões.

A todos os professores dos quais precisei de ajuda durante a realização deste trabalho e que sempre me atenderam muito bem.

Aos alunos de graduação que me deram suporte e ajuda com a manipulação dos equipamentos utilizados e com as avaliações realizadas durante a condução do experimento.

A todos colegas e amigos da Pós Graduação, pelo companheirismo neste tempo que estivemos juntos. Em especial, Alline, Flávia e Fernando, que me ajudaram muito e foram acolhedores quando precisei.

A Universidade do Oeste Paulista, pela oportunidade oferecida em aprimorar meus estudos.

A todos os funcionários do *campus* que de uma forma ou de outra me ajudaram em alguma etapa desse processo.

A todos que embora não tenha mencionado fizeram parte desse momento, fizeram sua contribuição e estiveram comigo em algum momento.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”

(Theodore Roosevelt)

RESUMO

Crescimento radicular do algodoeiro em função da aplicação de cloreto de mepiquate

Na cultura do algodoeiro, uma das tecnologias recomendadas é o uso de reguladores vegetais para manipulação da arquitetura das plantas, sendo o cloreto de mepiquate (CM), um dos mais utilizados. Os principais efeitos dele sobre a cultura são a redução no crescimento, no número e no tamanho dos ramos reprodutivos e uma melhoria das proporções entre as partes vegetativas e reprodutivas. Neste trabalho, estudou-se a resposta de diferentes doses de cloreto de mepiquate sobre o crescimento radicular de plantas de algodão e sua relação com o crescimento vegetativo e reprodutivo. O experimento foi realizado em casa de vegetação, em tubos de PVC adaptados com uma parede frontal de vidro (rizotrons). O experimento foi dividido em duas partes, pois trabalhou-se com dois estádios diferentes, B3 e F1. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados e os tratamentos foram constituídos por quatro doses de cloreto de mepiquate: 0, 10, 20 e 40 g i.a ha⁻¹ e três repetições. A aplicação foliar nos estádios B3 e F1 ocorreu aos 30 e 50 dias após a emergência das plantas, respectivamente. Foram avaliados altura de plantas e número de folhas aos 0, 7, 10, 14, 17 e 21 dias após aplicação (DAA). O crescimento radicular, foi avaliado aos 0, 7, 14 e 21 DAA, após isso, as plantas foram cortadas à altura do colo, as raízes foram lavadas e analisadas quanto ao comprimento, diâmetro e volume através do software WinRhizo. O peso específico da folha, área foliar, massa de matéria seca de folhas, de estruturas reprodutivas e de raiz e o teor e acúmulo de carboidratos da raiz foram avaliados aos 21 dias após a aplicação para cada estádio. A aplicação de cloreto de mepiquate em B3 e F1 reduziu a altura de plantas e o número de nós, conforme houve aumento da dose, porém, a altura em B3 e o número de nós em F1 só foi controlada até os 17 DAA. A área foliar, em F1, diminui à medida que se aumenta as doses de CM. Em B3 a massa de matéria seca das folhas, estruturas reprodutivas, radicular e total, diminui conforme aumento na dose de regulador. Já em F1, estas massas de matéria seca apresentaram aumento até a dose de 20 g i.a. ha⁻¹ e depois houve queda nos valores. O teor e acúmulo de carboidratos na raiz aumenta no estádio B3, conforme há aumento nas doses de CM. O comprimento radicular total diminui com a aplicação de 40 g i.a ha⁻¹ no estádio B3, como também diminui o comprimento da raiz principal e lateral. Por outro lado, a aplicação de cloreto de mepiquate em F1, aumenta o comprimento radicular total, da raiz principal e raízes laterais. Concluiu-se que a aplicação de cloreto de mepiquate no estádio B3 equilibra o crescimento entre as partes vegetativa e reprodutiva, porém doses mais elevadas como 20 e 40 g i.a. ha⁻¹ podem reduzir o comprimento radicular, e isso requer um cuidado especial em áreas de solos arenosos, déficit hídrico no final do ciclo, ocorrência de nematoides, pois o comprometimento do sistema radicular pode limitar a produtividade.

Palavras-chave: Altura. Área Foliar. Acúmulo de Carboidratos na Raiz. Arquitetura da Planta. Comprimento Radicular.

ABSTRACT

Radicular growth of cotton in the function of mepiquat chloride application

In the cotton crop, one of the recommended technologies is the use of plant regulators to manipulate plant architecture, with mepiquate chloride (CM) being one of the most used. Its main effects on culture are the reduction in growth, number and size of reproductive branches and an improvement in the proportion between vegetative and reproductive parts. In this work, the response of different doses of mepiquate chloride on the root growth of cotton plants and its relationship with vegetative and reproductive growth was studied. The experiment was carried out in greenhouse, in PVC pipes adapted with a glass front wall (rizotrons). The experiment was divided into two parts, because it worked with two different stages, B3 and F1. The experimental design was a randomized complete block design and the treatments consisted of four doses of mepiquate chloride: 0, 10, 20 and 40 g i.a ha⁻¹ and three replicates. The foliar application in the B3 and F1 stages occurred 30 and 50 days after plant emergence, respectively. Plant height and number of leaves were evaluated at 0, 7, 10, 14, 17 and 21 days after application (DAA). Root growth was evaluated at 0, 7, 14 and 21 DAA, after which the plants were cut at the height of the colon, the roots were washed and analyzed for length, diameter and volume using WinRhizo software. The specific weight of leaf, leaf area, leaf dry mass, reproductive and root structures, and root content and carbohydrate accumulation were evaluated at 21 days after application for each stage. The application of mepiquat chloride in B3 and F1 reduced plant height and number of nodes as dose increased, but the height in B3 and the number of nodes in F1 was only controlled until 17 DAA. The leaf area, in F1, decreases as CM doses increase. In B3 the leaf dry matter mass, reproductive structures, root and total, decreases as the dose of regulator increases. In F1, these masses of dry matter showed increase up to the dose of 20 g i.a. ha⁻¹ and then there was decrease in the values. The content and accumulation of carbohydrates in the root increases in the B3 stage, as there is an increase in CM doses. The total root length decreases with the application of 40 g i.a ha⁻¹ in the B3 stage, but also decreases the length of the main and lateral roots. On the other hand, the application of mepiquate chloride in F1 increases the total root length of the main root and lateral roots. It was concluded that the application of mepiquate chloride in the B3 stage balances the growth between the vegetative and reproductive parts, but higher doses such as 20 and 40 g ai ha⁻¹ can reduce root length, and this requires special attention in areas of sandy soils, water deficit at the end of the cycle, occurrence of nematodes, as root system compromise may limit productivity.

Keywords: Height. Leaf Area. Carbohydrate Accumulation at Root. Plant Architecture. Root Length.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Estádios vegetativos do algodoeiro: V0, V1, V2, V3, V4 e V5.	16
FIGURA 2. Estádios reprodutivos do algodoeiro: B1, B3, B5 e B7.	17
FIGURA 3. Estádios reprodutivos do algodoeiro: F1 e F3.	18
FIGURA 4. Estádios reprodutivos do algodoeiro: C1 e C5.....	18
FIGURA 5. Unidades experimentais: rizotrons.....	24
FIGURA 6. Temperatura média e umidade relativa registrados no período experimental.....	25
FIGURA 7. Lavagem das raízes.....	27
FIGURA 8. Altura das plantas de algodoeiro em função das doses de 0, 10, 20 e 40 g i.a. ha ⁻¹ cloreto de mepiquate, nos estádios B3 (a) e F1 (b).....	33
FIGURA 9. Número de nós emitidos após a aplicação de cloreto de mepiquate nas plantas de algodoeiro em função das doses de 0, 10, 20, 40 g de i.a. ha ⁻¹ , nos estádios B3 (a) e F1 (b).....	35
FIGURA 10. Área foliar do algodoeiro em função das doses de cloreto de mepiquate, nos estádios B3 e F1.....	37
FIGURA 11. Comprimento radicular total do algodoeiro, em função das doses de 0, 10, 20 e 40 g i.a. ha ⁻¹ de cloreto de mepiquate, nos estádios B3 (a) e F1 (b), avaliado via WhinRizo.....	44
FIGURA 12. Comprimento da raiz principal do algodoeiro, em função das doses de 0, 10, 20 e 40 g i.a. ha ⁻¹ de cloreto de mepiquate, nos estádios B3 (a) e F1 (b), avaliado pelo método de Tennant.....	46
FIGURA 13. Comprimento da raiz lateral do algodoeiro, em função das doses de 0, 10, 20 e 40 g i.a. ha ⁻¹ de cloreto de mepiquate, nos estádios B3 (a) e F1 (b), avaliado pelo método de Tennant.....	47

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Cronograma do experimento	26
TABELA 2. Probabilidades para as variáveis de crescimento, emissão de nós, CRP: Comprimento da raiz principal, CRL: Comprimento da raiz lateral, CRT: Comprimento radicular total, nos estádios B3 e F1.....	31
TABELA 3. Probabilidades nos estádios B3 e F1 para as variáveis MMSF: Massa de matéria seca de folhas, MMSE: Massa de matéria seca de estruturas reprodutivas, MMSR: Massa de matéria seca radicular, MMST: Massa de matéria seca total, R/PA: Relação Raiz/Parte aérea, TCR: Teor de carboidratos na raiz, ACR: Acúmulo de carboidratos na raiz, CR: Comprimento radicular, DR: Diâmetro radicular, VR: Volume radicular.	31
TABELA 4. Peso específico das folhas de algodoeiro, em função das doses de cloreto de mepiquate, nos estádios B3 e F1.	37
TABELA 5. Massa de matéria seca de folhas, estruturas reprodutivas, raiz e total do algodoeiro em função das doses de cloreto de mepiquate, nos estádios B3 e F1.....	39
TABELA 6. Relação entre os pesos de massa de matéria seca de raiz e massa de matéria seca de parte aérea do algodoeiro.....	40
TABELA 7. Teor e acúmulo de carboidratos na raiz do algodoeiro em função das doses de cloreto de mepiquate, nos estádios B3 e F1.....	41
TABELA 8. Comprimento, diâmetro e volume radicular do algodoeiro, em função das doses de cloreto de mepiquate, nos estádios B3 e F1, avaliados via WhinRizo.....	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	Cultivo do algodoeiro.....	14
2.2	Estádios fenológicos do algodoeiro	15
2.2.1	Vegetativo	15
2.2.2	Botão floral	16
2.2.3	Flor	17
2.2.4	Capulho	18
2.3	Reguladores de crescimento	19
2.4	Cloreto de mepiquate	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1	Caracterização do experimento	24
3.2	Delineamento experimental e tratamentos	25
3.3	Instalação e condução do experimento	26
3.4	Avaliações	26
3.4.1	Comprimento da raiz principal e lateral, diâmetro e volume de raízes	26
3.4.2	Altura de plantas e número de nós.....	28
3.4.3	Área foliar	28
3.4.4	Peso específico das folhas.....	28
3.4.5	Massa de matéria seca de folhas, estruturas reprodutivas e raiz.....	29
3.4.6	Relação raiz parte aérea	29
3.4.7	Teor e acúmulo de carboidratos na raiz	29
3.4.8	Análise estatística	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1	Altura de plantas e número de nós	32
4.2	Área foliar e peso específico das folhas	36
4.3	Massa de matéria seca de folhas, estruturas reprodutivas, raiz e total	38
4.4	Relação raiz/parte aérea	40
4.4	Teor e acúmulo de carboidratos	40
4.5	Comprimento, diâmetro e volume radicular	41
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
6	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é uma cultura de grande importância, pois além de seu valor comercial, há diversos produtos que dele se originam. Nos últimos anos, o Brasil tem se mantido entre os cinco maiores produtores mundiais, seguido da China, Índia, EUA e Paquistão (ABRAPA, 2018).

A expectativa para a safra 2018/19, segundo a Conab (2019), é de incremento na área destinada à cotonicultura nacional, com estimativa de crescimento de 33,6% em comparação à temporada anterior, chegando assim a 1.569 mil hectares cultivados. E, de acordo com o USDA (2019), o Brasil deve ultrapassar a Índia e se tornar o segundo maior exportador de algodão do mundo, abaixo apenas dos EUA, visto que a previsão para as exportações é de 7 milhões de fardos, 56% da produção total, e também recorde acima da safra passada.

O cultivo do algodoeiro no Brasil fica concentrado nos estados de Mato Grosso e Bahia, totalizando em 67% e 20%, respectivamente, a participação do cultivo, segundo a Conab (2019). Mas os estados de Mato Grosso do Sul, Goiás e Maranhão, também possuem áreas de produção, pois são estados que apresentam condições edafoclimáticas favoráveis à tecnificação.

O algodoeiro, por apresentar crescimento indeterminado, é uma planta que possui uma das mais complexas morfologias (SILVA, 2011), portanto é fundamental que haja um equilíbrio entre os fatores climáticos e de manejo, para se obter um balanço adequado entre o crescimento vegetativo e o reprodutivo. Tal equilíbrio é importante para a planta pois, um excesso no desenvolvimento vegetativo gera um retardo na maturação e aumenta problemas com pragas, doenças e podridões de fruto no terço médio e inferior das plantas. Já o excesso de frutificação pode antecipar o ciclo da cultura, diminuindo a produção (menor peso dos capulhos) e a qualidade da fibra (fibras imaturas).

Segundo Azevedo *et al.* (2004), uma das tecnologias recomendadas é o uso de reguladores vegetais para manipulação da arquitetura das plantas do algodoeiro. Os reguladores de crescimento são substâncias sintéticas que alteram o balanço hormonal da planta de algodão, interferindo em seu crescimento (FERREIRA, 2014).

Na cultura do algodão é utilizado, tradicionalmente, o cloreto de mepiquate (1,1- dimethylpiperidinium chloride). Este, é um produto que inibe a ação

da enzima envolvida na síntese de giberelina, reduzindo, assim, a estatura da planta (NAGASHIMA *et al.*, 2007).

Os principais efeitos do cloreto de mepiquate sobre o algodoeiro são a redução no crescimento, no número e no tamanho dos ramos reprodutivos e uma melhoria da arquitetura e das proporções entre as partes vegetativas e reprodutivas (REDDY *et al.*, 1990; ATHAYDE; LAMAS, 1999; SOARES, 1999; STEWART *et al.*, 2001).

Porém, a maioria das pesquisas que estudam o efeito do cloreto de mepiquate sobre o crescimento do algodoeiro priorizam apenas órgãos aéreos das plantas, sabendo-se muito pouco sobre o efeito do mesmo no sistema radicular do algodoeiro. E tal efeito é particularmente importante em relação ao desempenho das plantas de algodão sob fornecimento limitado de água (FERNANDEZ *et al.*, 1991).

Por isso é importante estabelecer se ocorre uma interação entre a aplicação de cloreto de mepiquate e o crescimento radicular, pois havendo uma diminuição do crescimento radicular, isso resultaria numa menor concentração de raízes, dificultando uma busca por água em profundidades maiores, caso o algodoeiro passei por um período de déficit hídrico no final do ciclo.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a resposta de diferentes doses de cloreto de mepiquate sobre o crescimento do sistema radicular do algodoeiro e sua relação com o crescimento vegetativo e reprodutivo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultivo do algodoeiro

O algodão é uma das fibras vegetais cultivadas mais antigas que se tem registro e atualmente é produzido em quase todos os continentes. Do algodoeiro quase tudo é aproveitado, principalmente, da fibra e da semente (MELO; RICHETTI, 2003).

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch.) é uma das culturas mais exploradas no Brasil, sendo cultivada em mais de quinze estados. Ao decorrer dos anos, o Brasil passou de importador para exportador de algodão, ocupando a quinta colocação dentre os países que mais produzem a cultura no mundo, respondendo por 5,7% da produção (COSTA *et al.*, 2008).

O algodoeiro é uma espécie originalmente perene, de crescimento indeterminado e contínuo, que emite sucessivas gemas terminais, a não ser que seja interrompido por fatores externos (BELTRÃO; SOUZA, 2001). Entretanto, atualmente, segundo Bogiani e Rosolem (2009), o mesmo vem sendo cultivado como cultura anual na maioria dos países produtores.

O cultivo de algodão ocorre em mais de 60 países, porém apenas cinco deles: China, Índia, Estados Unidos, Paquistão e Brasil, são responsáveis por aproximadamente 80% da produção mundial. As sementes possuem alta qualidade e multiplicidade de uso (proteína, óleo, celulose, fertilizante), mas essencialmente o seu cultivo se deve à produção de fibras (CHIAVEGATO *et al.*, 2009).

A produção de algodão do Brasil deve avançar 5 por cento e bater recorde histórico de 12,5 milhões de fardos na temporada 2019/20, com mais da metade deles destinados para exportação, avaliou o adido do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). A área plantada com a fibra será de 1,65 milhão de hectares, um aumento de 5 por cento em relação à estimativa de 2018/19 e maior área dedicada ao algodão desde 1991/92, quando quase 2 milhões de hectares foram utilizados (USDA).

Oliveira *et al.* (2012), relataram que a cultura do algodoeiro tem se destacado como uma importante atividade agrícola para o agronegócio brasileiro, principalmente devido ao aumento do desenvolvimento de pesquisas que visam a eficiência produtiva, destacando-se estudos envolvendo a fisiologia das plantas.

O algodoeiro apresenta um complexo desenvolvimento no tempo e no espaço, portanto é fundamental que haja um equilíbrio entre os fatores climáticos e de manejo, para que seja obtido um adequado balanço entre o crescimento vegetativo e o reprodutivo. Este equilíbrio, segundo Chiavegato *et al.* (2009), é diretamente influenciado pelas condições do ambiente (temperatura, luminosidade, umidade e fertilidade do solo) e de manejo (densidade de plantas, espaçamento entre linhas, nutrientes, reguladores de crescimento, etc).

Ainda de acordo com Chiavegato *et al.* (2009), um excesso no desenvolvimento vegetativo gera retardo na maturação e aumenta problemas com pragas, doenças e podridões de fruto no terço médio e inferior das plantas. Já o excesso de frutificação pode antecipar o ciclo da cultura, diminuindo a produção (menor peso dos capulhos) e a qualidade da fibra (fibras imaturas).

Portanto, altas produtividades com qualidade dependem rigorosamente da adoção de estratégias de manejo que proporcionem, de forma equilibrada, o crescimento e o desenvolvimento das plantas (mudanças de fases fenológicas) até o final do ciclo da cultura (“cut out”).

2.2 Estádios fenológicos do algodoeiro

Os estádios de crescimento e desenvolvimento do algodoeiro são caracterizados basicamente em função de suas fases fenológicas, ou seja: vegetativa (V), formação de botões florais (B), abertura da flor (F) e abertura do capulho (C) (MARUR; RUANO, 2011).

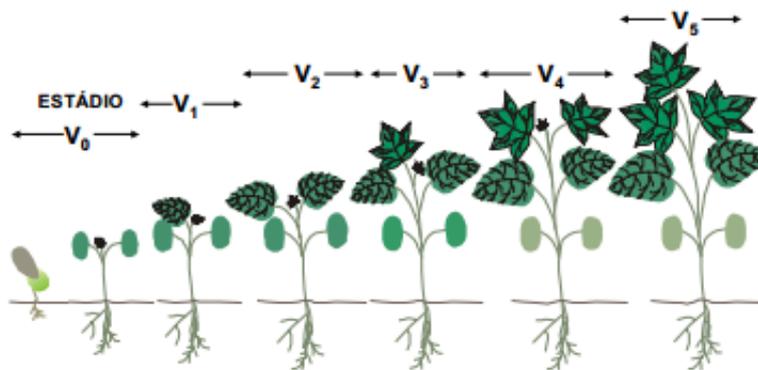
2.2.1 Vegetativo

Após a emergência, o algodoeiro inicia o desenvolvimento vegetativo com formação de folhas, que possuem como funções principais a interceptação da luz solar e a produção de fotoassimilados (BELTRÃO *et al.*, 2008).

No período vegetativo, entre a emergência da plântula e até que a primeira folha verdadeira tenha o comprimento de 2,5 centímetros de nervura principal, o estágio é denominado V0 (Figura 1). A partir de 2,5 centímetros de nervura principal

na primeira folha verdadeira e até que a segunda folha verdadeira tenha a sua nervura principal com comprimento de 2,5 centímetros, o estágio será V1. E assim, sucessivamente, aplicando-se o mesmo critério, a planta avançará para os estádios V2, V3, V4, V5, etc (Figura 1). Nesta fase, considera-se folha verdadeira expandida quando a nervura principal de seu limbo foliar for maior que 2,5 centímetros (MARUR; RUANO, 2001).

FIGURA 1. Estádios vegetativos do algodoeiro: V0, V1, V2, V3, V4 e V5.

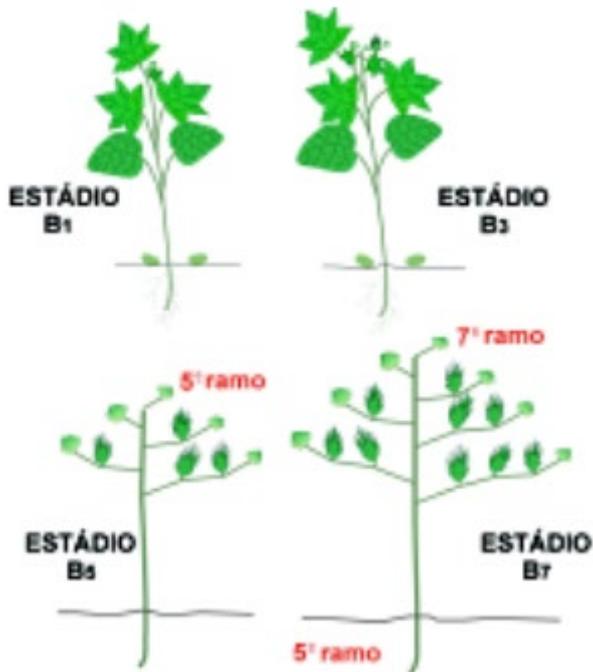


Fonte: Marur e Ruano (2001).

2.2.2 Botão floral

O início da fase reprodutiva é caracterizado pelo surgimento do primeiro botão floral, passando o estágio a denominar-se B1 (Figura. 2). Quando o primeiro botão floral do terceiro ramo reprodutivo estiver visível, a planta estará no estágio B3 (Figura. 2). Neste momento, também estará sendo formado, o segundo botão floral no primeiro ramo frutífero. À medida em que o primeiro botão floral de um novo ramo frutífero estiver visível, sucessivamente, o estágio passará a ser Bn. O ramo frutífero onde surge o botão floral na primeira posição caracteriza o estágio a que ele corresponde (MARUR; RUANO, 2001).

FIGURA 2. Estádios reprodutivos do algodoeiro: B1, B3, B5 e B7.

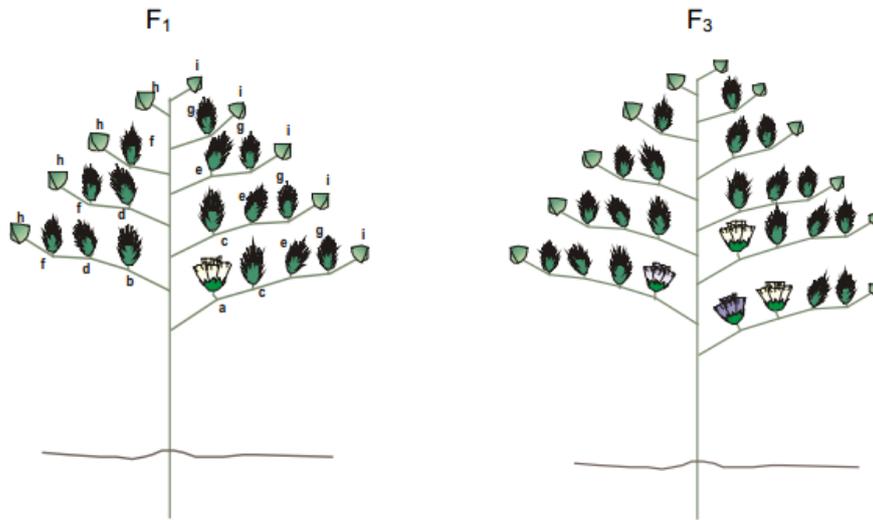


Fonte: Marur e Ruano (2001).

2.2.3 Flor

À partir do momento em que o primeiro botão floral do primeiro ramo frutífero transforma-se em flor, a denominação do estágio passa a ser F1. Na abertura da primeira flor no terceiro ramo frutífero, o estágio é considerado F3. Também acontece, simultaneamente, abertura de flor na segunda estrutura do primeiro ramo frutífero. O estágio é denominado Fn, à medida que ocorre a abertura da primeira flor no ramo frutífero n (MARUR; RUANO, 2001).

FIGURA 3. Estádios reprodutivos do algodoeiro: F1 e F3.

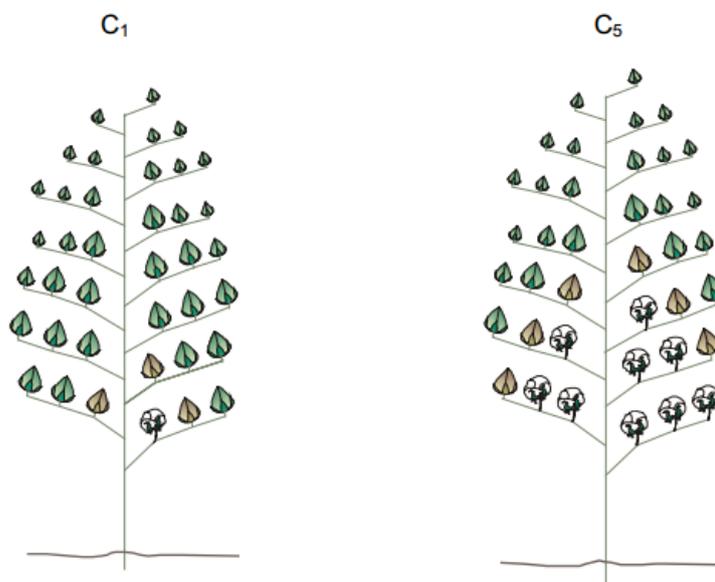


Fonte: Marur e Ruano (2001).

2.2.4 Capulho

O estágio passa a denominar-se de capulho, quando a primeira bola do primeiro ramo transforma-se em capulho, sendo então nomeado de C1 (Figura 4). À medida em que ocorre abertura da primeira bola do ramo reprodutivo n , o estágio passa a ser C_n (MARUR; RUANO, 2001).

FIGURA 4. Estádios reprodutivos do algodoeiro: C1 e C5.



Fonte: Marur e Ruano (2001).

2.3 Reguladores de crescimento

Segundo Azevedo *et al.* (2004), para evitar a queda de produtividade, uma das tecnologias recomendadas é o uso de reguladores vegetais para manipulação da arquitetura das plantas do algodoeiro. Os reguladores de crescimento são substâncias sintéticas que alteram o balanço hormonal da planta de algodão, interferindo em seu crescimento (FERREIRA, 2014).

A utilização de reguladores de crescimento é uma tecnologia eficaz no estabelecimento de culturas rentáveis. Tal fato é importante pois o hábito de crescimento do algodoeiro, originalmente do tipo perene, foi alterado para propiciar elevada produtividade e o mesmo sob condições sem limitação de umidade do solo e com disponibilidade de nutrientes adequada, produz vegetação excessiva, o que irá interferir negativamente na produção final, pois irá resultar em baixa fixação de botões forais e abortamento prematuro de frutos. Sendo assim, torna-se inevitável o uso de regulador de crescimento (ZANQUETA *et al.*, 2004; BOGIANI; ROSOLEM, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2012).

O crescimento do algodoeiro, inicialmente, é lento porque nessa fase, há um maior crescimento de raízes do que da parte aérea, uma vez que boa parte dos carboidratos produzidos pela fotossíntese são investidos no crescimento radicular. Essa fase de alongação radicular ocorre simultaneamente ao período reprodutivo, com a emissão dos primeiros botões florais, aproximadamente de 30 a 35 dias após a emergência. Nesse período, a planta estará com 5 ou 6 folhas verdadeiras e, dependendo da condição de desenvolvimento da planta, o controle do crescimento deve ser iniciado (ECHER *et al.*, 2014).

Dentre os principais reguladores de crescimento que são utilizados no algodoeiro, estão o cloreto de mepiquate e o cloreto de clormequate. Estes inibem a síntese de ácido giberélico, que atua na alongação da célula, diminuindo assim, o porte da planta.

Por outro lado, é necessário que a planta cresça, não devendo a síntese de giberelina ser totalmente inibida, sendo assim, a dose de regulador de crescimento deve ser ajustada ao estágio de desenvolvimento da planta, a fim de não comprometer sua eficiência. Sob temperaturas extremas (25-15°C e 39-29°C diurna/noturna) há perda na eficácia dos reguladores e o aumento da dose não é

eficiente no controle do crescimento nesses regimes de temperatura (SOUZA; ROSOLEM, 2007).

Com relação à época de aplicação do regulador, é importante que ele seja aplicado quando a planta encontra-se em condição favorável de crescimento, ou seja, com boa fertilidade do solo, sem injúrias severas por pragas e doenças e livre de estresse hídrico ou térmico (excesso de calor ou frio). Sob boas condições de crescimento, o regulador pode começar a ser aplicado por ocasião do aparecimento do primeiro botão floral, dependendo da altura da planta. A época de maior necessidade de controle da altura da planta vai do aparecimento do primeiro botão floral ao florescimento pleno (ECHER *et al.*, 2014).

Ainda segundo Echer *et al.* (2014), a aplicação do regulador de crescimento demanda ajuste quanto ao porte da planta, pois a falta ou o excesso do mesmo podem prejudicar o desenvolvimento do algodoeiro. Sob aplicações em doses maiores que o necessário, além de aumentar o custo e de ter a eficiência reduzida, a planta pode ficar com porte muito baixo. Por outro lado, se a dose for insuficiente para controlar o crescimento, doses maiores de regulador serão necessárias nas próximas aplicações para que a altura final máxima desejada seja de 1,25 m para propiciar uma colheita mecânica eficiente para espaçamentos entre 0,80 e 0,90 m, sem a garantia de que isso ocorra.

Ferreira (2014) cita como principais vantagens no uso dos reguladores de crescimento o controle do crescimento excessivo do algodoeiro, a melhora do equilíbrio entre as partes vegetativas e reprodutivas, a redução da altura e do comprimento dos ramos (facilitando assim o manejo e os tratos culturais), a redução da abscisão e do apodrecimento de estruturas reprodutivas (que podem refletir negativamente na produtividade), a diminuição do ciclo por meio da redução do número excessivo de nós, a facilidade na colheita, a melhora da qualidade da fibra por meio da redução de impurezas como galhos, folhas e cascas dos ramos, gerando também uma redução nos custos com a limpeza no momento do beneficiamento.

A manipulação do crescimento e da estrutura da planta se torna relevante tanto para culturas irrigadas, como também para culturas de sequeiro. O crescimento de plantas que se desenvolvem sob o abastecimento limitado de água também depende de como a biomassa vegetal é dividida nos vários órgãos da planta. Por exemplo, a partição para as folhas controla as taxas de transpiração e

fotossíntese, enquanto a partição em raízes controla a absorção de nutrientes e água (FERNANDEZ *et al.*, 1991).

Segundo Cothren (2010), a produção floral precoce e o aumento da retenção de frutos tornaram-se cada vez mais importantes com a adoção generalizada de cultivares de algodão de ciclo mais rápido. Com uma janela de produção mais estreita, pois em muitas condições a semeadura é realizada em janeiro após a soja, existe menos tempo para a recuperação da perda de frutos devido ao meio ambiente, práticas culturais ou pragas. Grande porcentagem (66 a 75%) da produtividade é produzida em capulhos de primeira posição (JENKINS *et al.*, 1990a), por isso, a retenção e a maturação desses capulhos são críticos. O uso de reguladores pode aumentar a retenção dos mesmos nos primeiros locais de frutificação, aprimorar e acelerar a maturidade das culturas, promover uma colheita antecipada e melhorar a qualidade da fibra.

O aumento da produtividade e da taxa de frutificação não podem ser obtidos a menos que a planta tenha a capacidade de fornecer os nutrientes necessários para atender às demandas de maior floração e retenção de capulhos. Uma alteração da relação raiz-parte aérea (ou seja, raiz maior que parte aérea) pode potencialmente beneficiar a planta, fornecendo uma maior massa radicular necessária para atender às necessidades da biomassa da parte aérea (COTHREN, 2010).

2.4 Cloreto de mepiquate

Na cultura do algodão, tradicionalmente, é utilizado o cloreto de mepiquate (cloreto 1,1- dimetil piperidíneo) que inibe a ação da enzima envolvida na síntese do hormônio giberelina, reduzindo, ao final, a estatura da planta (NAGASHIMA *et al.*, 2007). A biossíntese de ácido giberélico ocorre através da enzima caureno sintase, que através da aplicação de cloreto de mepiquate sofre uma inibição na sua síntese, gerando bloqueio na expansão das células. (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Reddy *et al.* (1992) ao avaliarem o efeito do cloreto de mepiquate na fotossíntese e crescimento das plantas de algodão, admitiram que o regulador é translocado de forma ascendente e descendente através do xilema e floema e distribuído uniformemente por todas as partes da planta.

Segundo Lamas (2001), a absorção do cloreto de mepiquate ocorre, principalmente, pelas partes verdes da planta e pode ser incluído no grupo de inibidores da biossíntese do ácido giberélico, o que o torna, portanto, um inibidor do alongamento celular (MARUR, 1998; LAMAS *et al.*, 2000).

A aplicação no algodoeiro visa reduzir a altura da planta, para torná-la mais compacta e facilitar o uso de defensivos e a colheita mecânica. Os inibidores da síntese de giberelina atuam dentro das células da planta, reduzindo a produção natural deste hormônio, modificando a morfologia da planta e resultando em plantas mais baixas, pois tem um efeito na formação de células e no alongamento de entrenós abaixo do meristema. O encolhimento dos entrenós é causado pelos efeitos inibitórios dos reguladores de crescimento na divisão e alongamento do meristema subapical sem restringir a função do meristema apical, que é responsável pelo crescimento e extensão do caule (TAIZ; ZEIGER, 2017).

A redução do alongamento das células após a aplicação do cloreto de mepiquate pode ainda resultar na redução do número de ramos vegetativos e reprodutivos, como também na diminuição da área foliar (REDDY *et al.*, 1992; YORK, 1983).

Os principais efeitos do cloreto de mepiquate no algodoeiro são: redução no crescimento das plantas, do tamanho dos ramos vegetativos e reprodutivos, do número e comprimento dos internódios, do número de folhas quando da colheita, melhoria na arquitetura, aumento da retenção de frutos nas primeiras posições dos ramos frutíferos, do peso dos capulhos e de 100 sementes, maior precocidade de abertura dos frutos, melhoria na eficiência na colheita e na qualidade do produto colhido (BOGIANI; ROSOLEM, 2009).

De acordo com Fernandez *et al.* (1991), o cloreto de mepiquate não afeta a produção de biomassa, mas afeta sua partição, inibindo o crescimento de ramos e a expansão dos internódios e aumentando o tamanho das raízes secundárias.

A modificação da arquitetura das plantas pode também contribuir para melhorar a eficiência na aplicação dos inseticidas, gerando, assim, uma melhor distribuição dos produtos, melhorando o controle de insetos-pragas que atacam a planta e os frutos, além de permitir uma melhor penetração da radiação solar, criando assim um microclima menos favorável ao desenvolvimento de agentes causais de apodrecimento de frutos (LAMAS, 2000).

A maioria das pesquisas que investigam o efeito do cloreto de mepiquate sobre o crescimento do algodão envolvem apenas órgãos aéreos das plantas e pouco se sabe sobre o efeito do mesmo no sistema radicular do algodoeiro. E tal efeito é particularmente importante em relação ao desempenho das plantas de algodão sob fornecimento limitado de água (FERNANDEZ *et al.*, 1991).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade do Oeste Paulista, localizada em Presidente Prudente – SP, em rizotrons (Figura 5) com diâmetro de 0,30 m x 1,0 m de altura e capacidade de 140 kg de substrato comercial Bioterra, cujas características eram: 6,9 de pH (CaCl_2); $60,5 \text{ g dm}^{-3}$ de matéria orgânica; $656,1 \text{ mg dm}^{-3}$ de P; $10,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de H+Al; $16,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K; $218,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca; $48,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg; $284,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de SB, $294,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de CTC; e 96,5% de saturação por bases (V%); $0,9 \text{ mg dm}^{-3}$ de B; 7 mg dm^{-3} de Cu; $50,1 \text{ mg dm}^{-3}$ de Fe; 2 mg dm^{-3} de Mn; 16 mg dm^{-3} de Zn.

As unidades experimentais foram constituídas de rizotrons, que são tubos de PVC cortados ao meio no sentido longitudinal, formando uma face plana, na qual é instalada uma parede de vidro para propiciar o acompanhamento visual do crescimento radicular das plantas. Sobre a parede de vidro há uma tampa deslizante de acrílico (de cor preta na face interna e branca na externa), para evitar a incidência de luz, que inibiria o crescimento radicular. Os tubos ficaram inclinados a 15° , para possibilitar o crescimento do sistema radicular paralelamente ao vidro.

FIGURA 5. Unidades experimentais: rizotrons.

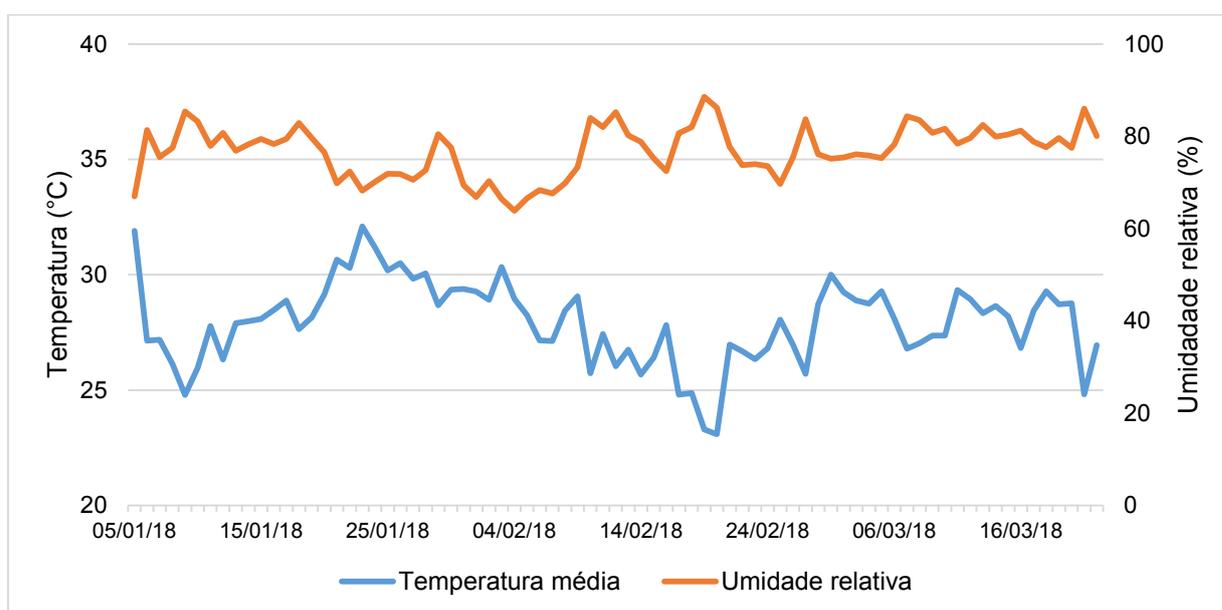


Fonte: Mello (2018).

O teor de água foi observado diariamente e realizado a rega, geralmente, em dias alternados, com a colocação de aproximadamente dois litros de água por rizotron.

Os dados climáticos registrados durante a condução do experimento estão contidos na Figura 6.

FIGURA 6. Temperatura média e umidade relativa registrados no período experimental.



Fonte: A Autora (2018).

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Foram conduzidos dois experimentos para se avaliar dois estádios fenológicos diferentes do algodoeiro (B3 e F1). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados. Os tratamentos constaram de diferentes doses do regulador de crescimento cloreto de mepiquate (0, 10, 20, 40 g i.a. ha⁻¹) e três repetições. As aplicações ocorreram, aproximadamente, cerca de 30 e 50 dias após a emergência das plantas, para cada estágio, respectivamente.

3.3 Instalação e condução do experimento

Dez sementes de algodão da cultivar TMG 47B2RF foram semeadas por rizotron, no dia 03/01/2018, e duas semanas após a emergência foi realizado o desbaste, mantendo duas plantas por rizotron.

A aplicação foliar do regulador de crescimento cloreto de mepiquate (PixHC – 250 g i.a. L⁻¹) nos tratamentos foi realizada com um equipamento de pulverização manual de precisão, pressurizado a CO₂, com pressão constante de 150 kPa, com bico jato plano do tipo leque, posicionado a aproximadamente 0,5 m acima do dossel das plantas, com velocidade média de deslocamento de 1,0 m s⁻¹ e um volume de calda de 200 L ha⁻¹.

TABELA 1. Cronograma do experimento

Estádio	Semeadura	Emergência	Desbaste	Aplicação	Colheita
B3	03/01/2018	10/01/2018	24/01/2018	09/02/2018	01/03/2018
F1	03/01/2018	10/01/2018	24/01/2018	01/03/2018	22/03/2018

Fonte: A Autora (2018).

3.4 Avaliações

Foram avaliados o comprimento das raízes, a altura de plantas, número de nós, área foliar, peso específico das folhas, teor e acúmulo de carboidratos das raízes, matéria seca das partes vegetativa e reprodutiva e massa de matéria seca de raiz.

3.4.1 Comprimento da raiz principal e lateral, diâmetro e volume de raízes

O comprimento da raiz da raiz principal foi avaliado de duas formas. A primeira foi segundo a metodologia de Tennant (1975). A avaliação foi feita aos 0, 7, 14 e 21 dias após a aplicação do regulador de crescimento em cada fase fenológica, B3 e F1 (30 e 50 dias, respectivamente, após emergência das plantas). Para realizar as avaliações e o acompanhamento do desenvolvimento do sistema radicular foi fixado

um filme de plástico transparente na parede de vidro dos rizotrons, no qual foram feitas marcações semanalmente com canetas coloridas, das raízes que crescerem junto ao vidro.

Os filmes plásticos, com as anotações do crescimento radicular ao longo desses dias, foram avaliados seguindo metodologia proposta por Tennant (1975), determinando-se assim o comprimento radicular (L). Resumidamente, os filmes foram colocados sobre uma folha marcada com quadrículos de 1 cm de lado e foram contadas as interseções das raízes com as linhas. O comprimento radicular foi calculado através da fórmula: $L = N \times 11/14$, sendo L: comprimento radicular; e N: número de interseções. Através dessa avaliação foi determinado também o comprimento das raízes laterais.

A segunda avaliação do comprimento da raiz principal foi realizada através do software WinRhizo, que foi realizada ao final do experimento, correspondente à 21 dias após a aplicação do cloreto de mepiquate para cada estágio, B3 e F1. A retirada das raízes dos rizotrons se deu através da colocação dos mesmos no chão e com o auxílio de um jato fino de água, deixou-se escorrer um fluxo de água contínuo para se desprenderem do substrato, em seguida foram lavadas e foram submetidas a um scanner (Epson) e avaliadas, pelo software WinRhizo para determinação do comprimento, como também do diâmetro e volume total das mesmas.

FIGURA 7. Lavagem das raízes.



Fonte: Mello (2018).

3.4.2 Altura de plantas e número de nós

A medição da altura de plantas, em cm, foi realizada aos 0, 7, 10, 14, 17 e 21 dias após a aplicação do regulador, com o auxílio de trena, considerando a distância do nível do solo até o ápice da planta.

A contagem manual do número de nós foi realizada no mesmo período das medidas de altura (0, 7, 10, 14, 17 e 21 dias).

Para a determinação dos parâmetros de altura de plantas e número de nós, foram consideradas como zero a altura inicial para todas as plantas, como também, zero o número de nós por planta, respectivamente, e determinado as taxas de crescimento e emissão de nós nas diferenças de intervalos em que foram avaliados.

3.4.3 Área foliar

Para obtenção da área foliar, em cm^2 , as folhas de cada foram analisadas ao final do experimento para cada estágio fenológico, B3 e F1. As folhas correspondentes à fase B3 foram cortadas uma a uma rente ao pecíolo e passadas uma a uma no medidor de área foliar (LI – 3000 - Licor). As folhas correspondentes à fase F1, também foram cortadas uma a uma rente ao pecíolo, porém a área foliar foi determinada através de medição com régua milimetrada da largura e altura de cada folha por planta. Após serem somadas as medidas, fez-se uma correlação para determinar o ajuste das medidas, obtida através da equação $y=0,9354x-0,2312$ e assim, determinada a área foliar total de cada planta.

3.4.4 Peso específico das folhas

O peso específico das folhas, em g.cm^2 , foi obtido através da relação entre o peso seco das folhas e a área foliar, de todas as folhas coletadas das plantas.

3.4.5 Massa de matéria seca de folhas, estruturas reprodutivas e raiz

O acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea e da raiz, em g, foi determinado logo após a colheita das plantas de cada estágio fenológico, B3 e F1 (30 e 50 dias após emergência, respectivamente), através da secagem das partes isoladas, em estufa de fluxo contínuo, com temperatura em torno de 65° C, no período de 72 horas. Após isso, o material foi pesado em balança de precisão e, posteriormente, moído.

3.4.6 Relação raiz parte aérea

A relação raiz/parte aérea foi determinada através da divisão entre o peso de massa de matéria seca da raiz pelo somatório das massas de matéria seca de folhas e estruturas reprodutivas, para cada estágio fenológico (B3 e F1).

3.4.7 Teor e acúmulo de carboidratos na raiz

O teor, em $\text{mg g}^{-1}/\text{MS raiz}$, e o acúmulo de carboidratos totais nas raízes em $\text{mg g}^{-1}/\text{planta}$, foi determinado de acordo com a metodologia de Dubois *et al.* (1956). O método, conhecido como Fenol-sulfúrico (FS), resume-se à desidratação dos açúcares em meio ácido concentrado e posterior formação de complexo dos mesmos com fenol. Segundo Dubois *et al.* (1956) e Demiate *et al.* (2002), açúcares simples ou complexos, e seus derivados, quando tratados com fenol e ácido sulfúrico concentrado, tornam a solução amarelo-alaranjada, mantendo esta coloração estável. A amostra colorida é colocada em espectrofotômetro a um comprimento de onda de 490nm, utilizando-se uma curva padrão de glicose como referencial de intervalo de 20 a 100 mg L^{-1} , a fim de apresentar o valor de absorvância da solução, que é linearmente proporcional à concentração de açúcares totais.

3.4.8 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Para os dados tratados com doses (altura, número de nós e folhas, área foliar, peso específico, massa de matéria seca de folhas, estruturas reprodutivas e raiz, teor e acúmulo de carboidratos, comprimento, diâmetro e volume radicular) foi realizada a regressão utilizando-se o software estatístico SISVAR e os gráficos foram construídos no SigmaPlot.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das probabilidades encontrados na análise estatística estão representados nas Tabelas 2 e 3.

TABELA 2. Probabilidades para as variáveis de crescimento, emissão de nós, CRP: Comprimento da raiz principal, CRL: Comprimento da raiz lateral, CRT: Comprimento radicular total, nos estádios B3 e F1.

Valores de P em B3				
Variáveis	Dose (D)	DAA* (A)	(D x A)	CV (%)
Crescimento	0,03	0,00	0,81	23,97
Emissão de nós	0,00	0,00	0,01	16,91
CRP	0,00	0,01	0,99	22,62
CRL	0,00	0,00	0,50	11,52
CRT	0,26	0,00	0,98	16,40
Valores de P em F1				
Variáveis	Dose (D)	DAA (A)	(D x A)	CV (%)
Crescimento	0,46	0,00	0,97	25,96
Emissão de nós	0,00	0,00	0,00	15,85
CRP	0,00	0,07	0,99	22,62
CRL	0,41	0,00	0,94	13,17
CRT	0,26	0,00	0,98	16,4

*DAA: dias após aplicação

TABELA 3. Probabilidades nos estádios B3 e F1 para as variáveis MMSF: Massa de matéria seca de folhas, MMSE: Massa de matéria seca de estruturas reprodutivas, MMSR: Massa de matéria seca radicular, MMST: Massa de matéria seca total, R/PA: Relação Raiz/Parte aérea, TCR: Teor de carboidratos na raiz, ACR: Acúmulo de carboidratos na raiz, CR: Comprimento radicular, DR: Diâmetro radicular, VR: Volume radicular.

Variáveis	Valores de P em B3		Valores de P em F1	
	Dose (D)	CV (%)	Dose (D)	CV (%)
Área foliar	0,75	3,89	0,00	2,46
Peso específico	0,77	9,97	0,35	13,40
MMSF	0,18	9,37	0,33	14,47
MMSE	0,86	42,97	0,69	34,52
MMSR	0,51	8,71	0,27	28,80
MMST	3,30	8,95	0,24	14,11
R/PA	0,30	24,36	0,48	41,82
TCR	0,55	12,58	0,27	14,51
ACR	0,52	17,64	0,14	31,32
CR	0,37	13,59	0,56	15,53
DR	0,15	7,75	0,65	15,48
VR	0,45	51,48	0,52	27,87

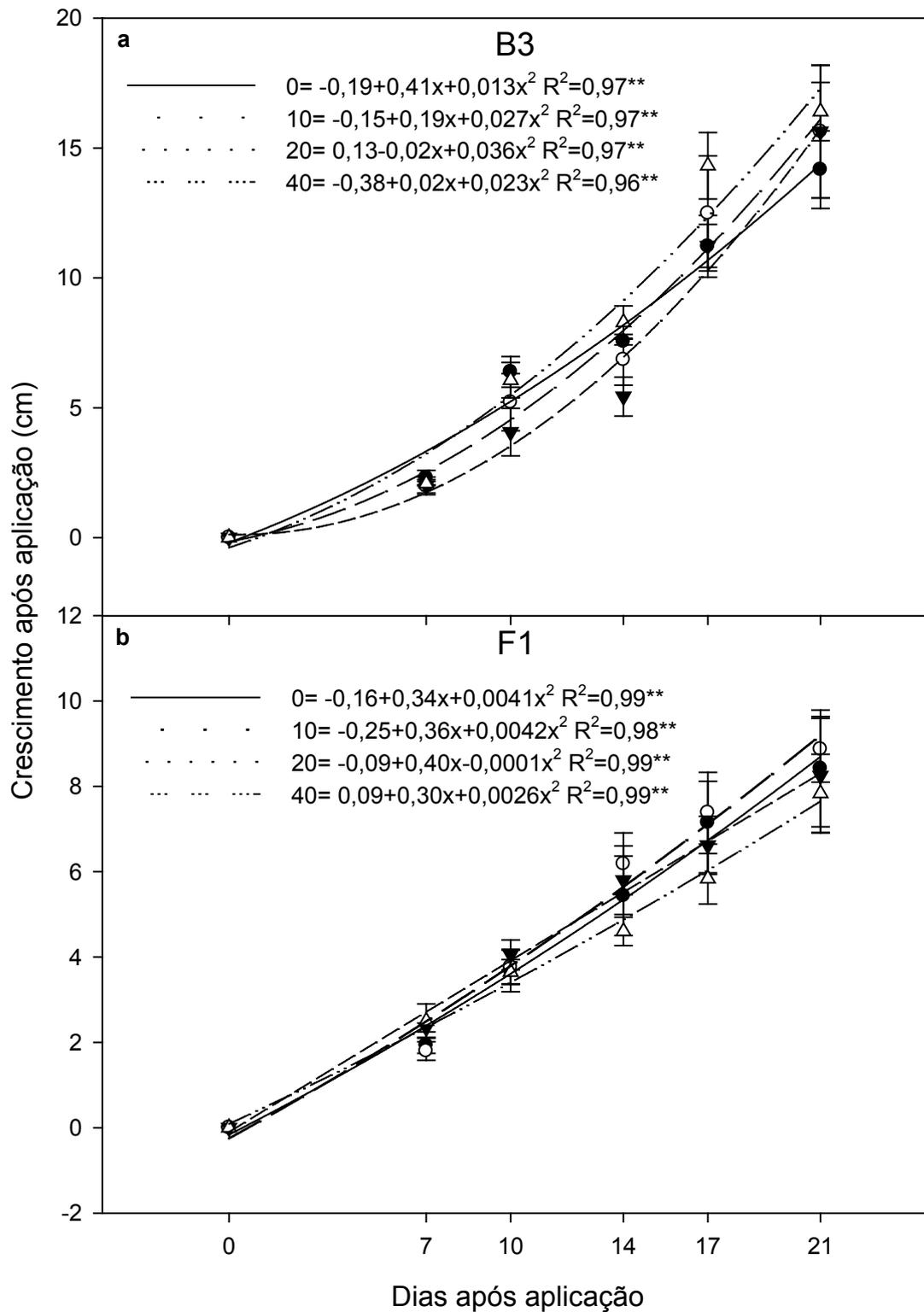
4.1 Altura de plantas e número de nós

Para a taxa de crescimento das plantas no estágio B3, de acordo com a Figura 8a, observa-se plantas menores nos tratamentos de 10, 20 e 40 g i.a ha⁻¹ de cloreto de mepiquate, em relação ao tratamento controle (dose 0), isso porque o cloreto de mepiquate reduz a concentração de ácido giberélico das plantas por meio da inibição de sua síntese. O ácido giberélico é um hormônio responsável pela divisão e expansão celular (WANG *et al.*, 2014), sendo que o bloqueio ou diminuição de sua síntese causa redução na altura das plantas (BOGIANI; ROSOLEM, 2009).

Porém, esse efeito é observado até aproximadamente 10 dias após a aplicação. Aos 21 dias, a aplicação de regulador não reduziu a altura das plantas, o que pode sinalizar uma perda no efeito do mesmo (Figura 8a).

No estágio F1, observa-se que as plantas que receberam a maior dose (40 g i.a ha⁻¹), foram as que apresentaram menor altura (Figura 8b), assim como relatado por Iqbal *et al.* (2005); Nagashima *et al.* (2005); Nagashima *et al.* (2010a) e Nagashima *et al.* (2010b).

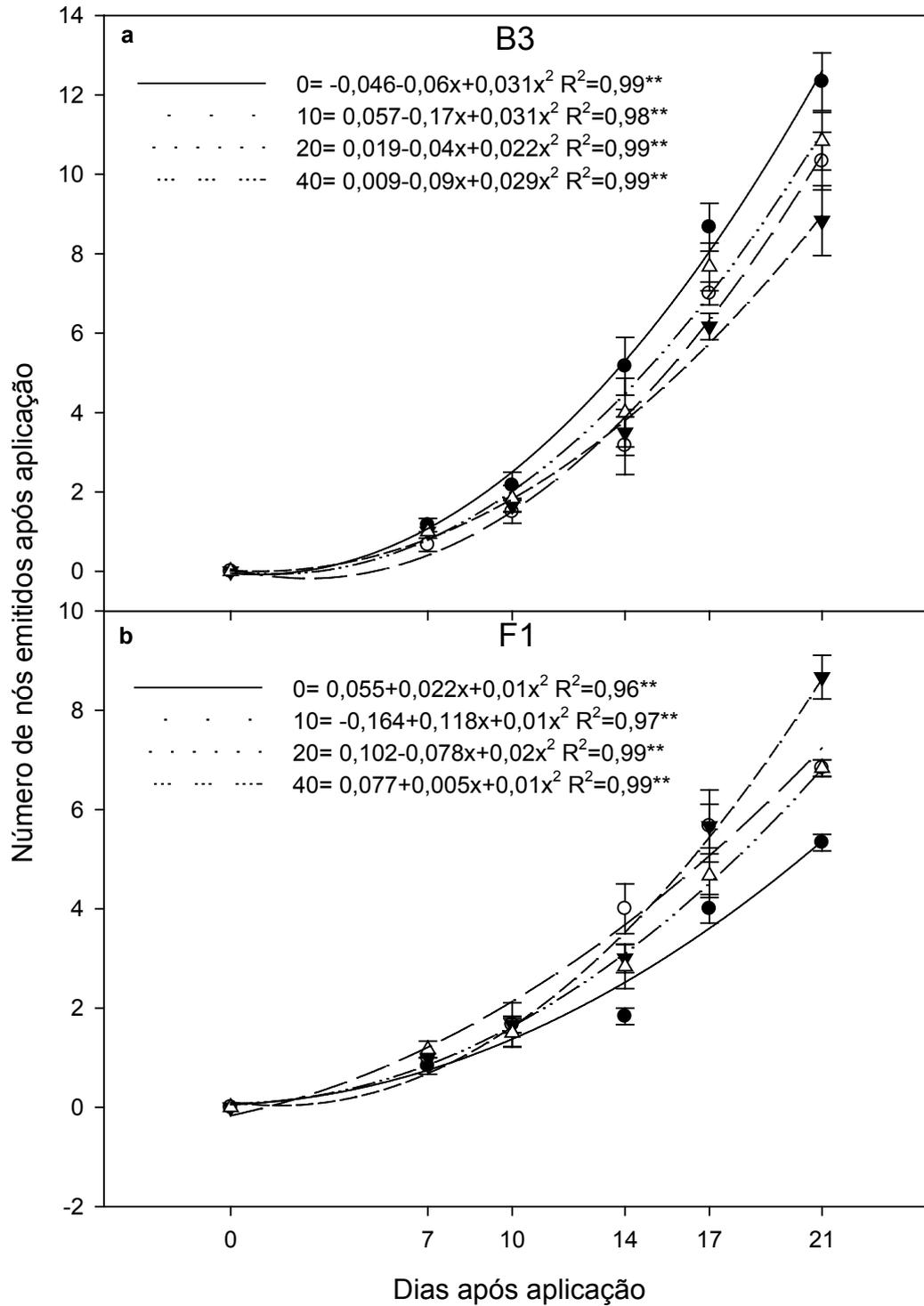
FIGURA 8. Altura das plantas de algodoeiro em função das doses de 0, 10, 20 e 40 g i.a. ha⁻¹ cloreto de mepiquate, nos estádios B3 (a) e F1 (b).



O número de nós foi maior nas plantas controle em relação às plantas tratadas com CM, no estágio B3 (Figura 9a), evidenciando assim, que uma vez em que não é realizado o controle, através da aplicação do regulador de crescimento, há desenvolvimento excessivo da planta (REDDY *et al.*, 1992; YORK, 1983).

A aplicação de 40 g i.a. ha⁻¹ de CM em F1 (Figura 9b) resultou em menor taxa de emissão de nós nas plantas, comparado às outras doses. De acordo com Reddy *et al.* (1990), plantas de algodão tratadas com cloreto de mepiquate são mais compactas, com menor número de nós. Porém, as plantas do tratamento controle foram as que apresentaram menores taxas de emissão de nós comparadas à todos os tratamentos. A menor emissão de nós no tratamento controle pode estar relacionada ao desbalanço de partição de massa de matéria seca e de carboidratos entre as estruturas vegetativa e reprodutiva, pois aos 21 dias após a aplicação em F1, as plantas já se encontravam em pleno florescimento.

FIGURA 9. Número de nós emitidos após a aplicação de cloreto de mepiquate nas plantas de algodoeiro em função das doses de 0, 10, 20, 40 g de i.a. ha⁻¹, nos estádios B3 (a) e F1 (b).



4.2 Área foliar e peso específico das folhas

Não houve efeito significativo das doses de cloreto de mepiquate sobre a área foliar no estágio B3 (Tabela 3). Já no estágio F1 (Figura 10), observou-se um decréscimo na área foliar à medida em que se aumenta a dose do regulador, conforme observado previamente (YORK, 1983; REDDY *et al.*, 1990; MCCARTY JR.; HEDIN, 1994).

Bogiani e Rosolem (2009), em trabalho realizado com diferentes cultivares de algodoeiro e diferentes doses de cloreto de mepiquate, também observaram redução na área foliar devido ao uso de maior dose de cloreto de mepiquate (22,5 g ha⁻¹). Segundo Lamas (2007), o cloreto de mepiquate reduz a concentração de ácido giberélico nas plantas de algodão pela inibição de sua síntese. Esse hormônio é responsável pela divisão e expansão celular (TAIZ; ZEIGER, 2017), e uma vez que ocorre um bloqueio ou diminuição de sua síntese, ocorre também redução no crescimento das plantas, levando assim à diminuição na expansão das folhas, conseqüentemente, menor área foliar. O cloreto de mepiquate é conhecido por reduzir a altura de plantas de algodão, o número e tamanho dos ramos laterais, bem como a área foliar, mantendo-as mais compactas, facilitando a colheita mecanizada (YORK, 1983; REDDY *et al.*, 1992).

As diferentes doses de cloreto de mepiquate não modificaram significativamente o peso específico da folha nos dois estágios, B3 e F1 (Tabela 4).

FIGURA 10. Área foliar do algodoeiro em função das doses de cloreto de mepiquate, nos estádios B3 e F1.

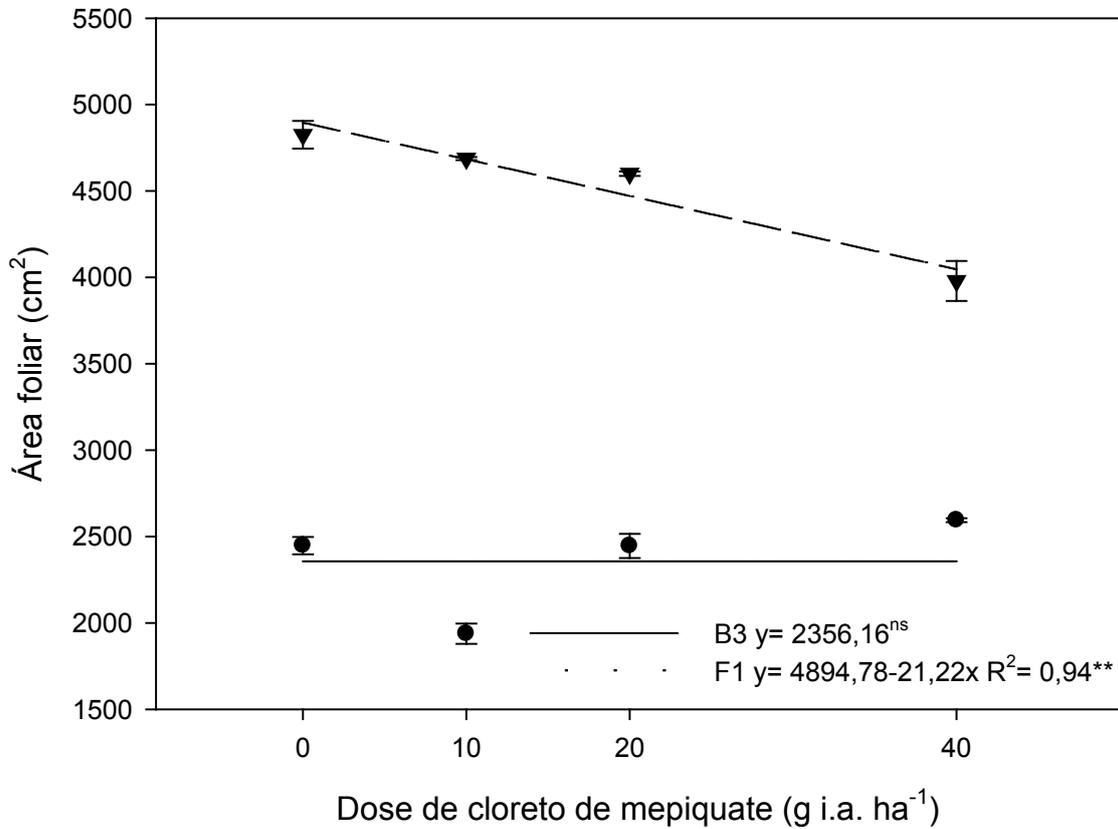


TABELA 4. Peso específico das folhas de algodoeiro, em função das doses de cloreto de mepiquate, nos estádios B3 e F1.

Dose g i.a. ha ⁻¹	Peso específico (g cm ²) Estádio	
	B3	F1
0	0,0074	0,0042
10	0,0069	0,0045
20	0,0070	0,0052
40	0,0071	0,0047

4.3 Massa de matéria seca de folhas, estruturas reprodutivas, raiz e total

Não houve efeito significativo das doses de regulador, sobre a massa de matéria seca das folhas, estruturas reprodutivas, radicular e total, aplicado tanto em B3 quanto em F1.

Observando-se as médias, o pico de produção de massa de matéria de seca de folhas, em B3, ocorreu na dose de 40 g i.a ha⁻¹ (Tabela 5), embora não tenha sido significativo.

A massa de matéria seca das estruturas reprodutivas não apresentou diferença significativa entre as doses para os dois estádios, B3 e F1, mas a aplicação de doses superiores à 20 g i.a ha⁻¹ reduziu a massa de estruturas reprodutivas no último estágio, como resultado da redução do número de nós da planta. Nagashima *et al.* (2007), observaram redução de 9,8% na massa de matéria seca das estruturas reprodutivas pela aplicação de cloreto de mepiquate.

A massa de matéria seca radicular, em B3 e F1, teve aumento nas médias conforme o aumento da dose de cloreto de mepiquate, embora não tenha sido significativo. Em B3, isso pode estar relacionado ao intenso crescimento radicular que ocorre nessa fase. Já em F1, pode estar relacionado ao fato de que conforme houve aumento na dose, houve aumento do comprimento radicular. Zhang *et al.* (1990), ao testar doses de até 2 g de cloreto de mepiquate por kg de sementes, observaram que houve redução na massa de matéria seca radicular.

Ainda segundo eles, foi constatado que quando sementes de algodoeiro são tratadas com cloreto de mepiquate, as massas de matéria seca da folha, caule e raiz diminuem com doses crescentes do regulador. Assim, a resposta do algodoeiro ao regulador pode ser altamente variável e depende não apenas da maneira como este regulador de crescimento é aplicado (seja no tratamento de sementes ou aplicação foliar), mas também depende da concentração e da época em que é aplicado.

A massa de matéria seca total (folhas, estruturas reprodutivas e raiz) das plantas que receberam o cloreto de mepiquate no estágio B3 diminuiu em relação às plantas controle, nas doses de 10 e 20 g i.a. ha⁻¹. Já em F1, houve aumento no acúmulo de massa de matéria seca à medida que se aplica altas doses de regulador, mesmo embora não seja significativo para os dois estádios fenológicos.

TABELA 5. Massa de matéria seca de folhas, estruturas reprodutivas, raiz e total do algodoeiro em função das doses de cloreto de mepiquate, nos estádios B3 e F1.

Dose	Massa de matéria seca das folhas (g)	
	Estádio	
g i.a. ha ⁻¹	B3	F1
0	18,13	20,50
10	13,22	21,12
20	17,08	23,99
40	18,41	19,01
Dose	Massa de matéria seca das estruturas reprodutivas (g)	
	Estádio	
g i.a. ha ⁻¹	B3	F1
0	4,32	22,10
10	3,92	29,82
20	3,89	29,66
40	3,21	25,18
Dose	Massa de matéria seca radicular (g)	
	Estádio	
g i.a. ha ⁻¹	B3	F1
0	1,57	1,32
10	2,47	2,23
20	1,86	1,83
40	2,56	2,08
Dose	Massa de matéria seca total (g)	
	Estádio	
g i.a. ha ⁻¹	B3	F1
0	24,02	43,93
10	19,59	53,17
20	22,83	55,48
40	24,18	46,27

4.4 Relação raiz/parte aérea

Não houve diferença significativa sobre a relação raiz/parte aérea, para os dois estádios, B3 e F1 (Tabela 6). Porém, nota-se um pequeno aumento da mesma nas plantas tratadas com as doses de 10 e 40 g i.a. ha⁻¹, em relação as plantas controle, em ambos estádios. Os reguladores de crescimento, causam maior partição de carboidratos para o sistema radicular e esse aumento de carbono alocado para a raiz é demonstrado por uma maior relação raiz/parte aérea (WALTER *et al.*, 1980; FERNANDEZ *et al.*, 1991; ZHAO; OOSTERHUIS, 1997) e maior massa de tecido radicular (ATKINS *et al.*, 1992, OOSTERHUIS; ZHAO, 1994), expressas por plantas de algodão tratadas com cloreto de mepiquate (COTHREN, 2010).

TABELA 6. Relação entre os pesos de massa de matéria seca de raiz e massa de matéria seca de parte aérea do algodoeiro.

Dose	Relação raiz/parte aérea	
	Estádio	
g i.a. ha ⁻¹	B3	F1
0	0,007	0,033
10	0,150	0,046
20	0,090	0,036
40	0,116	0,046

4.4 Teor e acúmulo de carboidratos

O teor e acúmulo de carboidratos na raiz não diferiram significativamente pelo aumento da dose de cloreto de mepiquate tanto no estádio B3 quanto no estádio F1.

O crescimento radicular no algodoeiro é intenso da fase de emergência à primeira flor e cerca de 80% do crescimento radicular total ocorre nessa fase (ECHER, 2014). Sendo assim, a demanda da raiz por carboidratos é alta no início do desenvolvimento e a regulação do crescimento pode melhorar a partição de carboidratos às raízes, como ocorreu em B3.

Em F1, fase em que está ocorrendo o florescimento da planta, a demanda dos frutos por carboidratos pode aumentar rapidamente, conseqüentemente, a competição por carboidratos com o crescimento vegetativo também aumenta (ECHER, 2014). Desse modo, a variação nas médias do teor e acúmulo de carboidratos nas raízes em resposta à aplicação de cloreto de mepiquate, está relacionada ao aumento das estruturas reprodutivas e, portanto, no aumento da capacidade de dreno da planta.

TABELA 7. Teor e acúmulo de carboidratos na raiz do algodoeiro em função das doses de cloreto de mepiquate, nos estádios B3 e F1.

Dose	Teor de carboidratos na raiz (mg g ⁻¹ /MS raiz)	
	Estádio	
g i.a. ha ⁻¹	B3	F1
0	15,54	14,27
10	17,11	17,75
20	18,05	14,19
40	17,49	15,45

Dose	Acúmulo de carboidratos na raiz (mg g ⁻¹ /planta)	
	Estádio	
g i.a. ha ⁻¹	B3	F1
0	24,23	19,04
10	42,43	38,75
20	26,93	25,67
40	45,38	31,74

4.5 Comprimento, diâmetro e volume radicular

As variáveis de comprimento, diâmetro e volume radicular, avaliadas via WhinRizo, não diferiram significativamente em função das doses de cloreto de mepiquate para os estádios B3 e F1. Porém observa-se que o comprimento radicular sofreu redução conforme houve aumento na dose de regulador no estádio B3 (Tabela 8).

O comprimento radicular avaliado pelo método de Tennant, reduziu significativamente com aumento das doses de CM, em B3, indicando que doses altas aplicadas em estádios iniciais (B3), podem comprometer o desenvolvimento do sistema radicular (Figura 11). Houve também redução no comprimento da raiz

principal e lateral neste estágio, conforme aplicou-se maiores doses de cloreto de mepiquate. Almeida e Rosolem (2012), reportaram que doses mais elevadas de CM aplicadas em sementes de algodoeiro resultaram em menor comprimento radicular, fato também observado por Nagashima *et al.* (2005), os quais afirmam que plantas com sistema radicular mais curto apresentam maior susceptibilidade ao déficit hídrico.

Por outro lado, através da avaliação segundo Tennant, nota-se que houve aumento do comprimento radicular da planta em resposta à aplicação de cloreto de mepiquate, em F1 (Figura 11), similar ao observado por Iqbal *et al.* (2005). Ainda, estudos de Xu e Taylor (1992), constataram maior crescimento radicular com a dose de $0,5 \text{ g kg}^{-1}$ de cloreto de mepiquate. De acordo com Taiz e Zeiger (2017), giberelinas, auxinas e citocininas são importantes para o crescimento das raízes. Embora o cloreto de mepiquate iniba a síntese de giberelinas, o desequilíbrio hormonal não influenciou negativamente o crescimento radicular no estágio F1.

Com relação ao diâmetro radicular percebe-se uma relação inversamente proporcional ao comprimento até a dose de $20 \text{ g i.a. ha}^{-1}$. Nota-se que à medida em que há uma redução no comprimento radicular em B3, há um ligeiro aumento no diâmetro, e o inverso ocorre em F1, na dose de $10 \text{ g i.a. ha}^{-1}$.

O volume radicular também sofre um comportamento inversamente proporcional ao comprimento radicular. Nota-se que nas duas maiores doses aplicadas, há um aumento no volume e redução no comprimento radicular, em B3. Já em F1, ocorre aumento no comprimento e diminuição do volume radicular à partir da dose de $20 \text{ g i.a. ha}^{-1}$.

Borges *et al.* (1988) e Keisling *et al.* (1995), em estudos sobre compactação de solo, observaram que as raízes desenvolvem-se melhor em pontos de menor resistência oferecidos pelo solo e quando estas encontram alguma restrição ao crescimento, modificam sua morfologia, reduzindo comprimento e aumentando diâmetro. Apesar de se tratar de uma limitação física, essa situação condiciona um aspecto de estresse em que a planta é submetida, o que pode ocorrer também se forem aplicadas altas doses de regulador. Assim, era esperado que algumas modificações ocorressem no presente trabalho, o que de fato foi evidenciado.

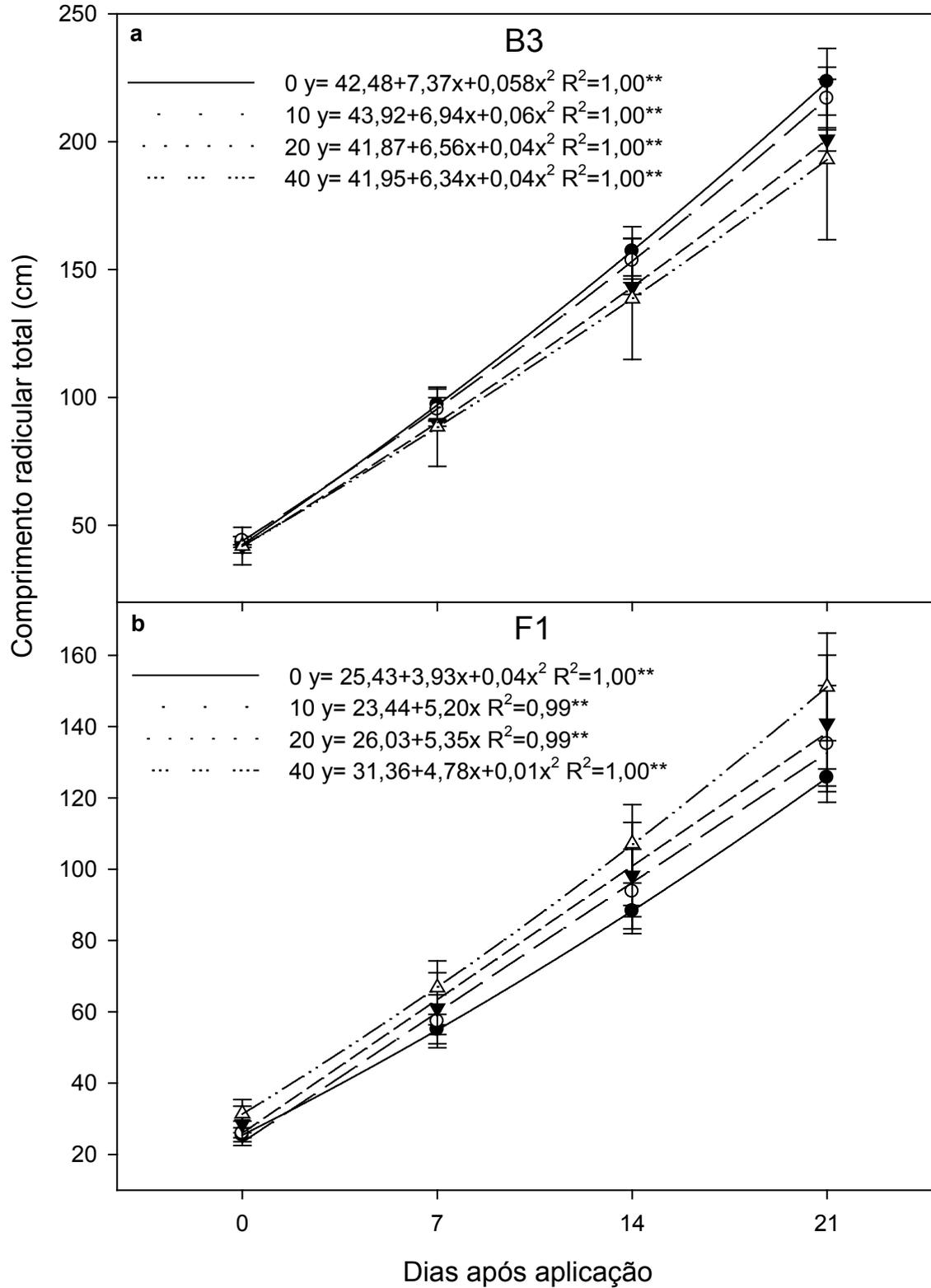
TABELA 8. Comprimento, diâmetro e volume radicular do algodoeiro, em função das doses de cloreto de mepiquate, nos estádios B3 e F1, avaliados via WhinRizo.

Dose	Comprimento radicular (m)	
	Estádio	
g i.a. ha ⁻¹	B3	F1
0	657,14	372,45
10	620,84	423,56
20	569,09	432,46
40	541,27	446,96

Dose	Diâmetro radicular (mm)	
	Estádio	
g i.a. ha ⁻¹	B3	F1
0	0,43	0,65
10	0,43	0,55
20	0,49	0,60
40	0,48	0,60

Dose	Volume radicular (m ³)	
	Estádio	
g i.a. ha ⁻¹	B3	F1
0	4,68	10,23
10	4,17	10,83
20	5,85	8,95
40	7,94	7,73

FIGURA 11. Comprimento radicular total do algodoeiro, em função das doses de 0, 10, 20 e 40 g i.a. ha⁻¹ de cloreto de mepiquate, nos estádios B3 (a) e F1 (b), avaliado via WhinRizo.



O comprimento da raiz principal reduziu significativamente, em todas as plantas tratadas em relação às plantas controle em B3 (Figura 12a), principalmente, para utilização da maior dose de cloreto de mepiquate, 40 g i.a. ha⁻¹. Houve também neste estágio, redução no comprimento da raiz lateral.

No estágio F1 (Figura 12b), as plantas tratadas com cloreto de mepiquate tiveram um aumento no comprimento da raiz principal, como também na raiz lateral (Figura 13), à medida em que houve aumento na dose do regulador de crescimento.

De acordo com Fernandez *et al.* (1991), o cloreto de mepiquate não afeta a produção de biomassa, mas afeta sua partição, inibindo o crescimento de ramos e a expansão dos internódios e aumentando o tamanho das raízes secundárias.

FIGURA 12. Comprimento da raiz principal do algodoeiro, em função das doses de 0, 10, 20 e 40 g i.a. ha⁻¹ de cloreto de mepiquate, nos estádios B3 (a) e F1 (b), avaliado pelo método de Tennant.

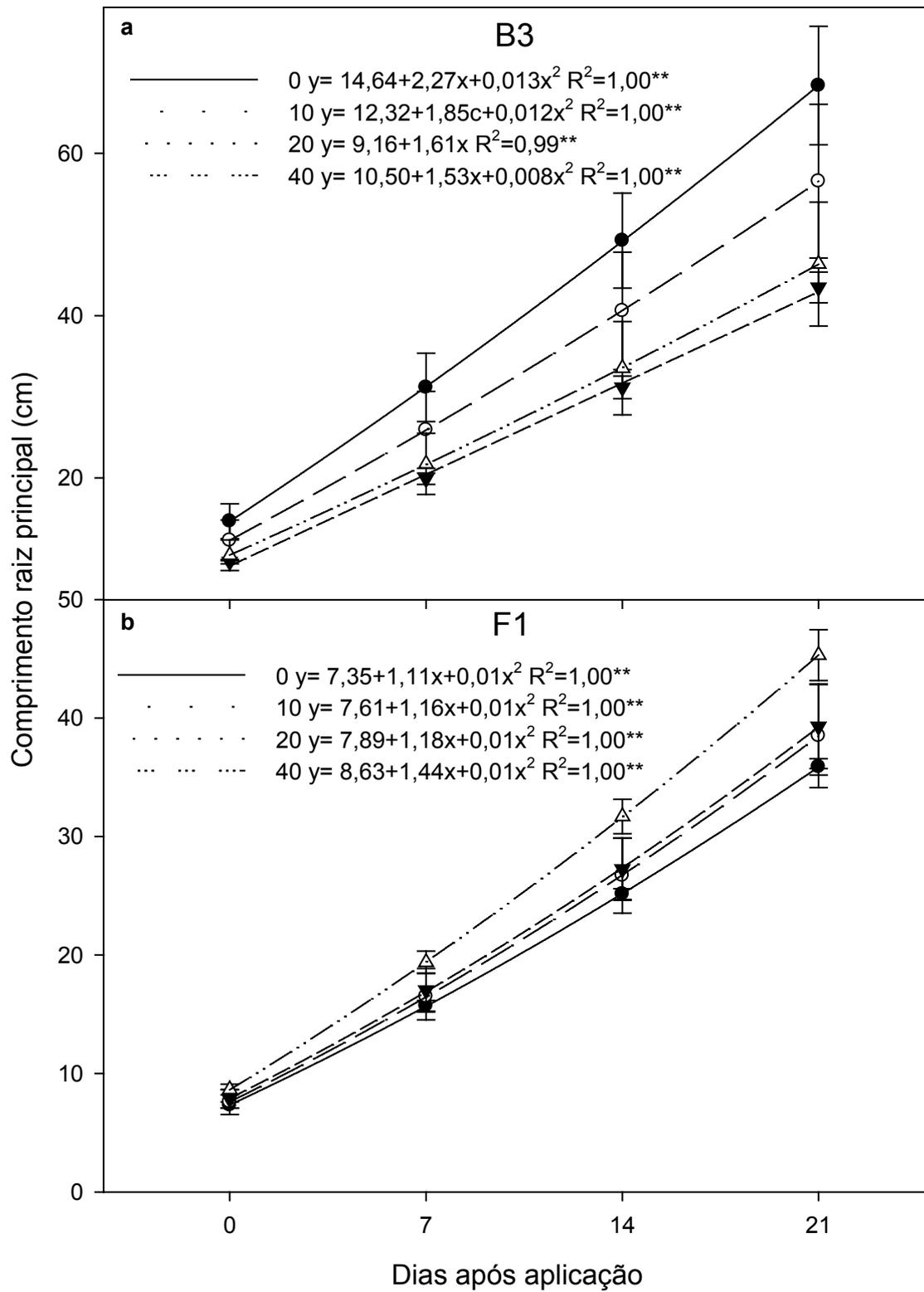
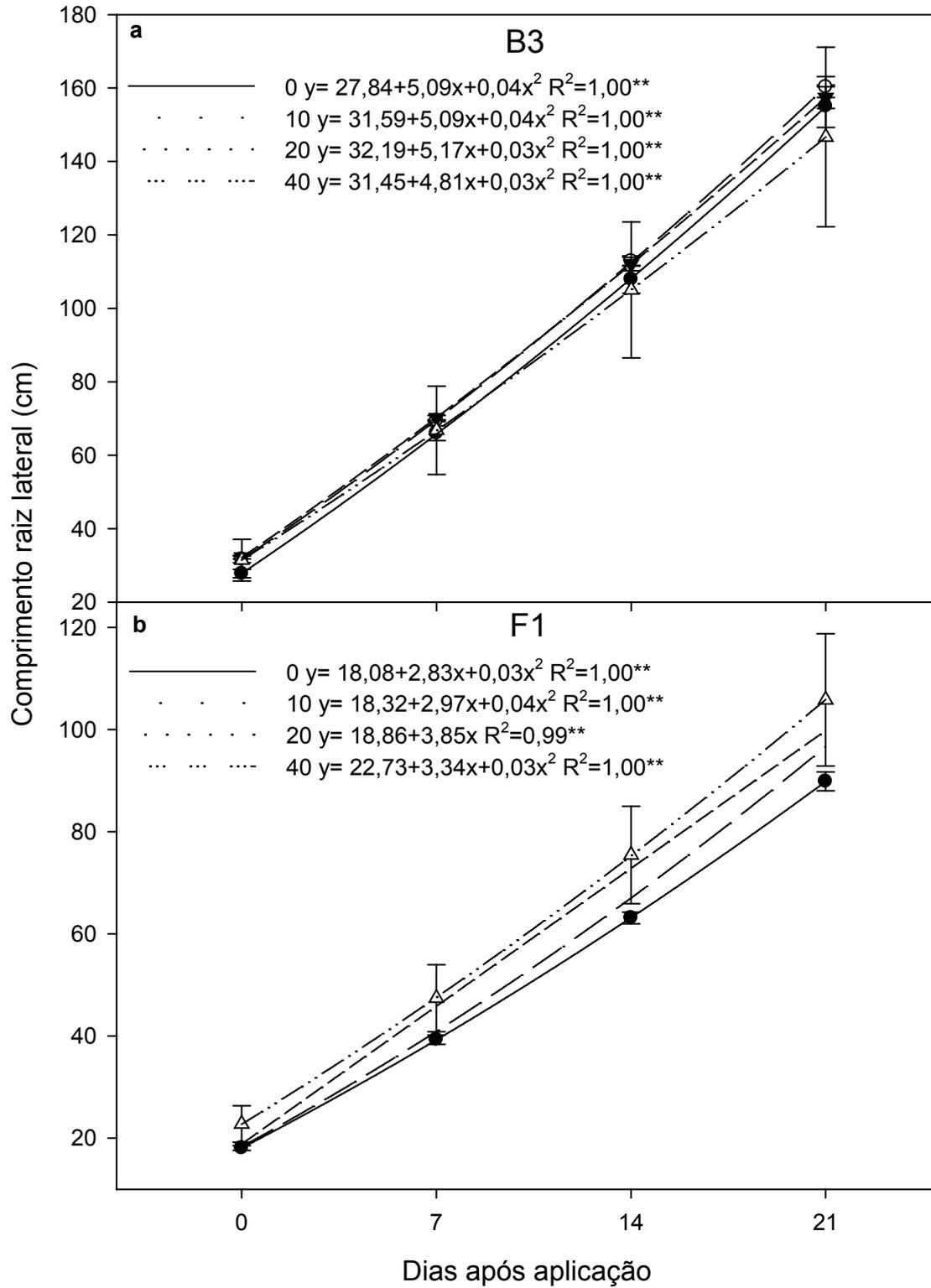


FIGURA 13. Comprimento da raiz lateral do algodoeiro, em função das doses de 0, 10, 20 e 40 g i.a. ha⁻¹ de cloreto de mepiquate, nos estádios B3 (a) e F1 (b), avaliado pelo método de Tennant.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de cloreto de mepiquate no algodoeiro na fase de início dos botões florais, reduz a altura das plantas e auxilia na regulação da proporção das partes vegetativa e reprodutiva. Por outro lado, se a aplicação ocorrer em épocas tardias, como quando a planta encontra-se em pleno florescimento, fica difícil este equilíbrio entre as partes e nem mesmo altas doses podem conseguí-lo, assim como também, na emissão de nós nas plantas.

A área foliar é reduzida no estágio F1 à medida que se aumenta as doses de cloreto de mepiquate. As massas de matéria seca de folhas, estruturas reprodutivas, radicular e total também sofrem redução conforme aumento na dose, porém não foi significativo.

À medida em que se aplica doses maiores de cloreto de mepiquate, o teor e acúmulo de carboidratos na raiz tende aumentar no estágio B3, tendo em vista que nesse período a planta está convertendo energia para o crescimento radicular.

No estágio B3, conforme houve aumento na dose do regulador, ocorreu redução no comprimento radicular. A dose de 40 g i.a. ha⁻¹ também diminuiu o comprimento da raiz principal e lateral neste estágio. Já em F1, a aplicação de cloreto de mepiquate, aumenta o comprimento radicular total, da raiz principal e lateral.

6 CONCLUSÃO

A aplicação de cloreto de mepiquate no algodoeiro na fase de início dos botões florais (B3) equilibra o crescimento entre partes vegetativa e reprodutiva, porém doses mais elevadas (20 e 40 g i.a. ha⁻¹) podem reduzir o comprimento radicular e esse efeito requer um cuidado especial, principalmente, em áreas com solos arenosos e períodos de déficit hídrico no final do ciclo, ou ocorrência de nematoides, onde a limitação do crescimento radicular pode limitar a produtividade.

REFERÊNCIAS

- ABRAPA. **Associação brasileira dos produtores de algodão**. 2018. Disponível em: <http://www.abrapa.com.br>. Acesso em: 22 mar. 2018.
- ALMEIDA, A. Q.; ROSOLEM, C. A. Cotton root and shoot growth as affected by application of mepiquat chloride to cotton seeds. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.34, n.1, p.61-65, 2012.
- ATHAYDE, M. L. F.; LAMAS, F. M. Aplicação sequencial de cloreto de mepiquat em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.3, p.369-375, mar. 1999.
- AZEVEDO, D.M.P.; BEZERRA, J.R.C.; SANTOS, J.W.; DIAS, J.M.; BRANDÃO, Z.N. Efeito do parcelamento do cloreto de mepiquat em algodoeiro irrigado no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, p.823-830, 2004.
- BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G. Fisiologia e ecofisiologia do algodoeiro. In: **ALGODÃO: tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. p.54-75.
- BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v2, p. 570, 2008.
- BOGIANI, J. C.; ROSOLEM C. A. Sensibilidade de cultivares de algodoeiro ao cloreto de mepiquat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.10, p.1246-1253, 2009.
- CHIAVEGATO, E. J. *et al.* Algodão. In: **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. p. 33-49.
- CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, v. 6 - SAFRA 2018/19. nº 6 - Sexto levantamento, março 2019.
- COSTA, A. C. P. *et al.* Algodão. In: **Agronegócio brasileiro**. São Paulo: Sonopres, 2008. p. 24-29.
- COTHREN, J. T.; OOSTERHUIS, D. M. Use of growth regulators in cotton production. In: **Physiology of Cotton**. Netherlands: Springer, 2010. p. 289-303.
- DEMIATE, I. M.; WOSIACKI, G.; CZELUSNIAK, C.; NOGUEIRA, A. Determinação de açúcares redutores e totais em alimentos: comparação entre método colorimétrico e titulométrico. **Publicativo UEPG - Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v. 8, n. 1, p. 65-78, 2002.
- DUBOIS, M.; GILES, K.; HAMILTON, J.K.; REBES, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and relates substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, p. 350-356, 1956.

ECHER, F. R. O algodoeiro e os estresses abióticos: temperatura, luz, água e nutrientes. **Embrapa Agropecuária Oeste-Outras publicações científicas (ALICE)**, 2014.

ECHER, F. R.; BOGIANI, J. C.; ROSOLEM, C. A. **Circular técnica**, 2014.

FERREIRA, A. C. B. **Fitorreguladores de crescimento em algodoeiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2014. (Comunicado técnico, 373). Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n4/13.pdf>

FERNANDEZ, C. J.; COTHREN, J. T.; MCINNES, K. J. Partitioning of biomass in well-watered and water-stressed cotton plants treated with mepiquat chloride. **Crop Science**, v. 31, n. 5, p. 1224-1228, 1991.

LAMAS, F. M.; ATHAYDE, M. L. F.; BANZATTO, D. A. Reações do algodoeiro CNPA-ITA 90 ao cloreto de mepiquat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 507-516, 2000.

LAMAS, F. M. Estudo comparativo entre cloreto de mepiquat e cloreto de chlormequat aplicados no algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 265-272, 2001.

LAMAS, F. M. Reguladores de crescimento, desfolhantes e maturadores. In: FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: ABRAPA, 2007. p. 689-703.

MCCARTY JR, J. C.; HEDIN, P. A. Effects of 1,1 dimethylpiperidinium chloride on the yields, agronomic traits and allelochemicals of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), a nine year study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 42, n. 10, p. 2302-2304, 1994.

MARUR, C. J. Fotossíntese e translocação de carboidratos em algodoeiro submetidos à déficit hídrico após a aplicação de cloreto de mepiquat. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 10, p. 59-64, 1998.

MARUR, C. J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 5, n. 2, p. 313-317, 2001.

MELO FILHO, G. A.; RICHETTI, A. **Cadeia produtiva de algodão do Mato Grosso do Sul: eficiência economia e competitividade**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2003.

NAGASHIMA, G. T.; MARUR, C. J.; YAMAOKA, R. S.; MIGLIORANZA, E. Development of cotton plant from seeds soaked with mepiquat chloride. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40. p. 943-946, 2005.

NAGASHIMA, G. T.; MIGLIORANZA, E.; MARUR, C. J.; YAMAOKA, R. S.; GOMES, J. C. Embebição de sementes e aplicação foliar com cloreto de mepiquat no crescimento e produção do algodoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1027-1034, 2007.

NAGASHIMA, G. T.; MIGLIORANZA, E.; MARUR, C. J.; YAMAOKA, R. S.; SILVA, J. G. R. Desenvolvimento do algodoeiro em resposta a modo de aplicação e doses de cloreto de mepiquat via sementes. **Ciência Rural**, v. 40, n. 1, p. 7-11, 2010.

OLIVEIRA, F. R. A.; FREIRE, A. G.; SOARES, L. C. S. Produção do algodoeiro em função da salinidade e tratamento de sementes com regulador de crescimento. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 279-287, 2012.

REDDY, V. R.; BAKER, D. N.; HODGES, H. F. Temperature and mepiquat chloride on cotton canopy architecture. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 2, p. 190-5, 1990.

REDDY, V.R.; TRENT, A.; ACOCK, B. Mepiquat chloride and irrigation versus cotton growth and development. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 6, p. 930-3, 1992.

REDDY, K. R.; BOONE, M. L.; REDDY, A. R.; HODGES, H. F.; TURNER, S. B.; MCKINION, J. M. Developing and validating a model for a plant growth regulator. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, p. 1100-1105, 1995.

ROSOLEM, C. A. Fenologia e ecofisiologia na manejo do algodoeiro. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: Abrapa, 2007. p. 649-688.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C.A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, p. 253-260, 2001. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/114594>

SILVA, I. P. F. *et al.* Estudos das fases fenológicas do algodão (*Gossypium hirsutum* L.). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 10, n. 20, p. 1-10, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2017. 954 p.

USDA. **United States Department of Agriculture**. Disponível em: <http://www.usda.gov>. Acesso em: 22 abr. 2019.

YORK, A. C. Cotton cultivar response to mepiquat chloride. **Agronomy Journal**, Madison, v.75, n.4, p.663-7, 1983.

ZHANG, S.; COTHREN, J. T.; LORENZ, E. J. Mepiquat chloride seed treatment and germination temperature effects on cotton growth, nutrient partitioning, and water-use efficiency. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 9, n. 4, p. 195-199, 1990.

ZANQUETA, R.; FURLANI JÚNIOR, E.; PANTANO, A. C.; SOUZA, R. A. R. Modos de aplicação de regulador de crescimento com diferentes densidades de plantas em cultivares de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 97-105, 2004.

WANG, L.; MU, C.; DU, C.; MINGWEI, D.; CHEN, Y.; TIAN, X.; ZHANG, M.; LI, Z. 2014. The effect of mepiquat chloride on elongation of cotton (*Gossypium hirsutum*

L.) internode is associated with low concentration of gibberellic acid. **Plant Science**, Shannon, v.225, p.15-23, 2014.