

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**COMPORTAMENTO DO ALGODOEIRO cv. DELTA
OPAL SOB ESTRESSE HÍDRICO COM E SEM
APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTE**

ROBERTO BALDO

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL – BRASIL
2007**

**COMPORTAMENTO DO ALGODOEIRO cv. DELTA OPAL SOB
ESTRESSE HÍDRICO COM E SEM APLICAÇÃO DE
BIOESTIMULANTE**

ROBERTO BALDO
Engenheiro Agrônomo

Orientadora: Prof. Dra. SILVANA DE PAULA QUINTÃO SCALON

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte dos requisitos à obtenção do título de mestre em Agronomia, Área de concentração: Produção Vegetal.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL – BRASIL
2007

“Na investigação científica não basta examinar; é necessário contemplar: impregnemos de emoção e simpatia as coisas observadas; façamo-las nossas, tanto pelo coração como pela inteligência. Só assim nos entregarão o seu segredo. Porque o entusiasmo aumenta e afina nossa capacidade perceptiva”.

Santiago Ramon y Cajal

A Deus pelo dom da vida.

Aos meus pais: Luiz e Sônia

Ao meu irmão e amigo: Robson

À pessoa que amo muito: Mariana.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu Senhor e Salvador.

À Universidade Federal da Grande Dourados, pela oportunidade para realização do mestrado.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

À professora Silvana de Paula Quintão Scalon, pela orientação, amizade, pelos conselhos e incansáveis incentivos.

À professora Yara Brito Chaim Jardim Rosa, pelo apoio e imensa colaboração.

À professora Rosilda Mara Mussury, pela colaboração.

Aos amigos e colegas de curso: Francimar, Priscila, Cinthia, Marcelo e João, pelo grande companherismo e incentivo.

Ao colega Rui pela ajuda na montagem e desenvolvimento do projeto.

A todos que contribuíram, de alguma forma, para que este trabalho se concretizasse.

SUMÁRIO

	PÁGINAS
RESUMO	v
ABSTRAT.....	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATERIAIS E MÉTODOS	4
2.1 Instalação e Condução do Experimento	4
2.2 Indução do Estresse Hídrico	5
2.3 Aplicação do Bioestimulante.....	5
2.4 Características Avaliadas	5
2.5 Estudo Morfológico	6
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	7
4. CONCLUSÕES	17
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

RESUMO

BALDO, Roberto., Universidade Federal da Grande Dourados, Março de 2007. **Comportamento do algodoeiro cv. Delta Opal ao estresse hídrico com e sem aplicação de bioestimulante.** Professora orientadora: Silvana de Paula Quintão Scalon.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do bioestimulante Stimulate®, aplicado ou não em diferentes fases do desenvolvimento do algodoeiro cv. Delta Opal, cultivado em casa de vegetação e submetido ou não ao estresse hídrico. Foram aplicados 25, 60 e 100% do volume total de poros (VTP) preenchidos com água, e o Stimulate® aplicado na semente, na semente e na fase de botão floral e sem a aplicação do bioestimulante, aos 69 dias após a semeadura. O período de duração do estresse hídrico foi de 15, 30 e 45 dias após a aplicação do estresse hídrico. O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 3 x 3, com quatro repetições de cinco plantas cada. O algodoeiro cv Delta Opal não tolerou deficiência hídrica de 25% VTP iniciando na fase de botão floral, sendo observadas as menores alturas, diâmetros de colo, número de folhas, e comprometendo também a formação de estruturas reprodutivas. O bioestimulante na dose e na forma aplicada não proporcionou melhoras no desenvolvimento das plantas quando submetidas à falta de água, já em plantas submetidas ao excesso de água, houve aumento do diâmetro do colo das plantas.

Palavras-chave: ecofisiologia, algodão, bioestimulante.

**COTTON PLANT cv DELTA OPAL BEHAVIOR UNDER HYDRIC STRESS
WITH OR WITHOUT BIO-STIMULANT APPLICATION**

ABSTRAT

The objective of this work was to evaluate the effect of bio-stimulant Stimulate® applied or not in different development stages of cotton plant cv Delta Opal, cultivated in a vegetation house and submitted or not to hydric stress. There were applied 25, 60 and 100% of total volume of pores (VTP) filled out with water and Stimulate® applied on the seed and on the flower bottom stage and without bio-stimulant application 69 days after sowing. The hydric stress period of time was 15, 30 and 45 days after hydric stress application. The experimental delineation was wholly randomized in a 3x3x3 factorial scheme, with four repetitions of five plants each one. The cotton plant cv Delta Opal did not support hydric eack of 25% VTP on the flower botton beginning, being observed the minor heights, lap diameters, number of flowers, and endangering the formation of reproductive frames. The bio-stimulant dose and application form did not offer improvement on plants development when submitted to eack of water, but on plants submitted to water excess, a lap diameter increase occurred.

Keywords: Ecophysiology, cotton plant, bio-stimulant.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) representa mundialmente mais de 40% da matéria prima para a confecção de roupas. No Brasil, representa mais de 60% dos insumos têxteis e nos Estados Unidos da América, 65%. A espécie é uma das principais plantas domesticadas pelo homem e uma das mais antigas, tendo registros de seu uso há mais de 4.000 anos, sendo cultivado comercialmente em mais de 65 países, em uma área anual superior a 30 milhões de hectare (Anuário Brasileiro do Algodão, 2003).

Dentre os fatores ambientais para a produção vegetal a água é de fundamental importância. Sua falta ou excesso influenciam profundamente o desenvolvimento das plantas. Qualquer espécie vegetal, durante seu ciclo de desenvolvimento, consome enorme volume de água, mesmo que grande parte dela só passe pela planta (REICHARDT e TIMM, 2004).

Nos vegetais, a água tem como principais funções a hidratação das células para a manutenção de sua estrutura e atividade; participa diretamente de numerosas reações químicas que ocorrem nas plantas; na fotossíntese, é fonte de prótons para a redução do CO₂ e de íons hidroxila que fornecem elétrons para as reações de luz; atua como solvente, dissolvendo substâncias essenciais para reações químicas; entre outras funções particulares de cada espécie vegetal (SUTCLIFFE, 1980).

A necessidade hídrica das culturas é um parâmetro de fundamental importância, porque condiciona as atividades fisiológicas e metabólicas das plantas. Quanto maior a disponibilidade de água no solo melhor a capacidade de absorção de nutrientes pelas raízes e maior a eficiência fotossintética, resultando em um máximo rendimento agrícola (AZEVEDO *et al.*, 1993).

A absorção, o transporte e a perda da água são os processos básicos do balanço hídrico, os quais, pelo menos a longo prazo, devem trabalhar em sintonia para manter um estado hídrico satisfatório, uma relação entre absorção e transpiração vai revelar a direção e o tamanho de um desvio do equilíbrio (LARCHER, 2000).

As respostas da célula ao estresse hídrico incluem mudanças no ciclo e divisões celulares, mudanças no sistema de endomembranas e vacuolização, bem como alterações na arquitetura da parede celular. Em relação ao metabolismo, ocorre a

produção de substâncias osmorreguladoras, o que vai favorecer a planta em casos de falta de água (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Tanto a falta, quanto o excesso de água nas plantas, podem provocar profundas alterações no seu metabolismo, como potencial redução do crescimento e do desenvolvimento e, conseqüentemente, influenciar o rendimento econômico da planta quanto à produção de fibras e sementes (BELTRÃO *et al.*, 1997).

As plantas de algodão necessitam de uma maior quantidade água principalmente pouco antes e durante a fase de primeiro botão floral, fase R1 (REICHARDT, 1990). A deficiência hídrica é prejudicial à planta, pois reduz o desenvolvimento, podendo até interrompê-lo; ocasiona ainda, a queda de flores e frutos influenciando em muito a produção, além do comprimento das fibras, que ficam mais curtas (PASSOS e CANÉCHIO, 1987).

Os danos por excesso de água em plantas sensíveis podem se tornar visíveis em até 24h, causando perda de produção. Entre as plantas tolerantes à anoxia, há a possibilidade de permanecerem mais tempo em ambiente encharcado, já as plantas especializadas que sobrevivem nesses ambientes, são plantas que crescem mesmo com seu sistema radicular em condições anóxicas (CALBO *et al.*, 1998).

Os sintomas mais comuns desenvolvidos por plantas sensíveis à inundação do meio edáfico são: aumento da resistência estomática, epinastia, redução da fotossíntese, inibição do crescimento das raízes e da parte aérea, murcha, abscisão de folhas e finalmente a morte da planta (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Uma das adaptações das plantas para manterem suas atividades vitais é a formação de tecidos e órgãos responsáveis pela captação de oxigênio como aerênquima, raízes adventícias, lenticelas e pneumatóforos (KERBAUY, 2004).

Além da água, fatores endógenos como os hormônios também influenciam o crescimento e o desenvolvimento de plantas, assim, os hormônios e bioreguladores favorecem o crescimento mais harmonioso com o desenvolvimento voltado para maior produção e melhor qualidade final das culturas (LAMAS, 2001).

Segundo Castro e Vieira (2001) e Lamas (2001), bioestimulantes vegetais são substâncias sintéticas que aplicadas exogenamente possuem ações similares aos grupos de hormônios vegetais conhecidos (auxinas, giberelinas, citocininas, retardadores, inibidores e etileno). Atualmente, têm surgido no mercado produtos à base de aminoácidos e outras substâncias, além de produtos à base de hormônios e reguladores de crescimento que auxiliam a planta na sua nutrição (LIMA *et al.*, 2003).

O Stimulate® é um bioestimulante que contém três hormônios vegetais em sua composição. O ácido indolbutírico (0,0005%), o qual é transformado pelo metabolismo da planta em AIA (ácido indolacético), uma auxina que estimula o alongamento celular; a cinetina (0,009%) que atua na divisão celular e o ácido giberélico (0,005%) que atua em diversos passos do metabolismo das plantas, inclusive no processo de germinação das sementes (LIMA *et al.*, 2003).

Milléo *et al.* (2000) observaram que a aplicação de Stimulate® proporcionou maior produção de vagens e de grãos na cultura da soja, sendo que o melhor tratamento apresentou um ganho de produtividade de 64,96% em relação à testemunha. O produto Stimulate® apresentou eficiência agrônômica quando aplicado tanto no tratamento de sementes, quanto na pulverização foliar em todas as doses e épocas testadas.

Em mamoneira o Stimulate® não se mostrou tão eficiente quando as sementes foram embebidas por até 24 horas, não apresentando efeito sobre a altura de plantas. Na maior dose aplicada (35 ml 0,5kg⁻¹ de sementes), as plantas apresentaram significativamente maior área foliar (ALBUQUERQUE *et al.*, 2004).

Plantas de algodão cultivar BRS201 em fase de crescimento inicial, quando receberam o bioestimulante na semente, apresentaram plântulas mais vigorosas e com maior comprimento (SANTOS e VIEIRA, 2005).

Na maioria dos estudos têm-se, até o presente, pesquisado os efeitos do excesso ou da deficiência temporária de água no solo sem a verificação simultânea de fatores que podem interferir na capacidade do algodoeiro resistir a esse tipo de estresse. Entre tais fatores destacam-se o período de duração do estresse, o estágio de desenvolvimento das plantas, a cultivar, as estratégias fisiológicas para resistência ao estresse e a aplicação ou não de bioreguladores capazes de minimizar os efeitos danosos à planta.

Este estudo se faz necessário, devido o cultivo do algodoeiro no Mato Grosso do Sul se dar em épocas sujeitas a veranicos, quando as plantas podem passar por um estresse por deficiência de água, e em outras regiões coincide com épocas muito chuvosas, onde o excesso de água pode interferir no desenvolvimento da planta.

O interesse em estudar o bioestimulante juntamente com o estresse hídrico, foi para avaliar se este produto é capaz de minimizar alguns dos efeitos danosos que o estresse causa às plantas sensíveis ao excesso ou à deficiência de água.

Diante do exposto, este trabalho objetivou estudar os efeitos de diferentes períodos de duração do estresse hídrico e da aplicação de bioestimulante em diferentes fases do desenvolvimento do algodoeiro cv. Delta Opal.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Instalação e Condução do Experimento

O experimento foi realizado em casa de vegetação, pertencente à Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados, MS, localizado à latitude de 22°13'16''S, longitude 54°17'01''W e altitude de 430 m, durante os meses de fevereiro a maio de 2006. Como substrato edáfico utilizou-se um solo de natureza argilosa, classificado como Latossolo Vermelho distroférico, com as seguintes características químicas: pH em água de 4,9; 3 mg dm⁻³ de fósforo disponível; 0,26 cmol_c . dm⁻³ de potássio trocável; 1,91 cmol_c .dm⁻³ de Al trocável; 1,5 cmol_c . dm⁻³ de Ca + Mg trocável. O solo foi corrigido a um V=60% e adubado seguindo as recomendações de Raij (1995). O solo foi peneirado em peneira de malha 0,5 cm, e seco em condição de ambiente.

A planta utilizada foi o Algodoeiro (*Gossypium hirsutum*) cultivar Delta Opal. A semeadura foi realizada diretamente em vasos com 4,5 kg de solo, sendo cinco sementes por vaso, e aos 15 dias após emergência foi realizado o desbaste deixando uma planta por vaso.

Os tratamentos foram constituídos de três fatores em três níveis: O primeiro fator foi a forma de aplicação do bioestimulante Stimulate®, o qual foi aplicado diretamente na semente, aplicado na semente e posteriormente na fase de botão floral (aplicação foliar) e a testemunha (ausência); o segundo fator foi o estresse hídrico o qual foi induzido com 25, 60 e 100% do volume total de poros preenchidos com água; e o terceiro fator foi o período de avaliação do estresse hídrico sendo 15, 30 e 45 dias após a aplicação dos tratamentos.

Os tratamentos de estresse hídrico iniciaram aos 69 dias após emergência, quando apareceu o primeiro botão floral em mais de 50% das plantas, período no qual foi realizado o segundo tratamento com Stimulate®.

Foram feitas três avaliações, aos 15, 30 e aos 45 dias após o segundo tratamento com Stimulate® e o início dos tratamentos de estresse hídrico, período correspondente a 84, 99 e 114 dias após emergência.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 3 x 3, com quatro repetições de cinco vasos para cada repetição.

2.2 Indução do estresse hídrico

Foi calculado o volume total de poros do solo utilizado como substrato para obter 100%, 60% e 25% do total de poros preenchidos com água, caracterizando o estresse por excesso, sem estresse (testemunha) e estresse por deficiência de água respectivamente. A irrigação foi feita diariamente pesando-se o conjunto vaso-solo-planta, colocando a quantidade necessária de água para cada tratamento em questão. Até os 69 dias após a emergência as plantas foram irrigadas igualmente com 60% do volume total de poros preenchidos com água.

O volume total de poros (VTP) foi calculado segundo EMBRAPA (1997), a partir dos valores de densidade aparente (D_a) e densidade de partículas (D_p), utilizando-se a seguinte fórmula:

$$VTP = [(D_p - D_a) / D_p] \times 100$$

2.3 Aplicação do bioestimulante

O Stimulate® foi aplicado com pipeta graduada via tratamento de sementes, aplicando 25ml em 0,5kg de sementes que se encontravam em saco plástico transparente com capacidade para dois quilos. Após a aplicação do bioestimulante sobre a massa de sementes, o saco plástico foi inflado com ar, fechado e agitado vigorosamente por dois minutos, visando uniformizar a distribuição sobre toda a massa de sementes. As sementes que não receberam o tratamento com bioestimulante passaram pelo mesmo processo, mas com aplicação de água destilada. Uma hora depois as sementes foram semeadas nos vasos.

Para a aplicação foliar no início da fase de botão floral, foi utilizado um pulverizador costal de CO_2 com pressão de 40 lib/pol², com barra dotada com um bico-leque 110:02 VS Teejet, com volume de aplicação utilizado de 300 l ha⁻¹, na dosagem de 250 ml ha⁻¹ de Stimulate®.

2.4 Características avaliadas

Foram avaliadas as seguintes características: altura das plantas, compreendida entre a superfície do solo e a inserção da última folha; diâmetro do colo com auxílio de paquímetro digital, medida obtida no colo das plantas; número de folhas; área foliar, mensurado com um medidor de área foliar da marca Licor; massa fresca de parte aérea (MFPA), envolvendo folhas caules e ramos frutíferos; massa fresca de raiz (MFR),

massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) utilizando balança digital. Aos 114 dias após semeadura (última avaliação), foi avaliado: número, diâmetro e peso médio de maçãs por planta.

Para a avaliação da parte aérea das plantas estas foram colhidas e pesadas, em seguida as folhas foram retiradas para a avaliação de área foliar. O sistema radicular foi lavado para separação do solo com auxílio de uma peneira de malha de 0,5 mm e logo em seguida pesado.

Para obtenção das massas secas, o material foi colhido, colocado em sacos de papel Kraft devidamente identificados e acondicionados em estufa a 65°C, com circulação de ar, durante 72 horas. Após este período, o material foi pesado em balança com precisão de 0,001 g.

Das cinco plantas presentes em cada repetição três foram destinadas às três avaliações, sendo que as plantas que foram sorteadas para avaliação de altura e diâmetro foram as últimas a serem retiradas. As plantas restantes foram destinadas ao estudo morfológico do sistema radicular.

Considerou-se os fatores estudados como qualitativos e os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e posteriormente as médias foram comparadas pelo teste Tukey (BANZATO e KRONKA, 1989).

2.5 Estudo Morfológico

O estudo morfológico e posterior ilustração foram realizados aos 114 dias após emergência utilizando plantas adultas. Os sistemas radiculares passaram por um processo de lavagem, para retirar o solo, com auxílio de peneira de 0,5 mm. As ilustrações foram realizadas com auxílio de máquina Sony Cyber Shot 6.0, fotografando o sistema radicular das plantas e identificando estruturas formadas com a indução do estresse.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os valores de altura, diâmetro, massas fresca e seca da parte aérea e da raiz, número de folhas e área foliar do algodoeiro cv. Delta Opal, observados durante o período experimental, foram avaliados estatisticamente e os resultados de suas análises de variância são apresentados no Tabela 1.

Tabela 1. Análises de variância de altura, diâmetro do colo, massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), número de folhas (NF) e área foliar (AF) de *Gossypium hirsutum*

F.V.	G.L.	Quadrados médios			
		Altura	Diâmetro	MFPA	MFR
Tempo (T)	2	1151,66**	8,19**	5241,52**	676,82**
Stimulate® (S)	2	467,15**	1,75 ns	183,58 ns	15,54 ns
Água (A)	2	3725,70**	28,58**	32310,57**	1173,10**
S x T	4	0,16 ns	0,28 ns	135,22 ns	12,60 ns
A x T	4	112,71 ns	0,64 ns	603,71*	137,70**
A x S	4	272,30*	2,28 ns	89,97 ns	10,30 ns
A x S x T	8	15,44 ns	0,16 ns	52,22 ns	30,22 ns
Resíduo	81	96,97	0,73	202,66	28,99
CV %		11,22	10,26	19,12	30,63
		MSPA	MSR	NF	AF
Tempo (T)	2	2054,67**	48,79**	697,86**	923135,00**
Stimulate (S)	2	20,30 ns	0,27 ns	125,02 ns	56177,60 ns
Água (A)	2	2497,64**	22,66**	1074,69**	0,1**
S x T	4	8,53 ns	0,34 ns	17,55 ns	94916,32 ns
A x T	4	116,16**	2,73**	23,93 ns	111488,5 ns
A x S	4	10,15 ns	0,11 ns	120,68 ns	55086,54 ns
A x S x T	8	14,32 ns	0,40 ns	21,04 ns	19706,7 ns
Resíduo	81	25,94	0,66	69,20	96465,00
CV %		18,73	24,83	20,48	25,1

** significativo, a 1% de significância, pelo teste F

* significativo, a 5% de significância, pelo teste F

ns não significativo

Os efeitos da interação da água e do Stimulate® sobre as características altura e diâmetro do colo são apresentados na Tabela 2. A altura e o diâmetro do colo foram menores sob deficiência hídrica (25% do VTP). Quando houve excesso de água (100% VTP) sem aplicação do Stimulate® e com Stimulate® aplicado na semente e na fase de botão floral, foram observadas as maiores alturas das plantas. Esses resultados foram semelhantes aos observados por Almeida *et al.* (1992), trabalhando com estresse anoxítico do meio edáfico com as variedades de algodão CNPA Precoce1 e CNPA 311, no qual as plantas submetidas ao encharcamento na fase de floração apresentaram maiores alturas que os demais tratamentos. O aumento da altura provocado pelo estresse

por excesso de água pode ser prejudicial, considerando que a colheita do algodão é realizada mecanicamente o que pode dificultar este processo.

Tabela 2. Valores médios de altura e diâmetro de colo das plantas de algodão cv Delta Opal em função da água e do Stimulate®

Stimulate®	Água					
	Altura (cm)			Diâmetro (mm)		
	25%	60%	100%	25%	60%	100%
Ausência	78,75 Ba	95,00Aa	101,83 Aa	7,15 Ba	8,54 Aab	8,67 Ab
Semente	73,66 Ba	93,79 Aa	89,54 Ab	7,77 Ba	8,00 Bb	9,58 Aa
Semente e Botão	76,62 Ba	83,52 Bb	96,58 Aab	7,36 Ba	8,90 Aa	9,35 Aab

Médias seguidas de letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao diâmetro de colo das plantas de algodão (Tabela 2), os maiores valores foram observados nos tratamentos com excesso de água (100% VTP com água) e com aplicação de Stimulate® só na semente e na semente e na fase de botão floral. Esses resultados foram contrários aos observados por Beltrão (1997) em algodoeiro CNPA acala 1, que não apresentou diferença de diâmetro, quando submetido somente a excesso de água. O aumento do diâmetro pode ter sido influenciado pela aplicação do bioestimulante, que juntamente com o excesso de água influenciou na maior produção de etileno e formação de lenticelas no colo das plantas o que está de acordo com Taiz e Zeiger (2004).

Resultados semelhantes foram observados por Medri (1998) para mudas de canafístula (*Peltophorum dubium* L.) sob excesso de água do meio edáfico e com aplicação de etrel (hormônio a base de etileno), as quais apresentaram maiores espessuras na base do caule em plantas que receberam maiores doses do hormônio. O autor atribui esse resultado à formação de lenticelas hipertróficas e aerênquima no interior do caule, que segundo Pimenta *et al.* (1996), têm a função de captar e transportar o oxigênio no interior da planta respectivamente.

O aumento de diâmetro do colo observado, provavelmente foi uma reação das plantas à baixa disponibilidade de oxigênio no solo, que através do aumento da atividade da ACCsintase e ACCoxidase, fazendo com que ACC e posteriormente o etileno sejam produzidos mais rapidamente. O etileno leva à morte e desintegração de células no córtex da raiz, formando espaços, que facilitam o movimento de oxigênio, também chamados de aerênquima, conseqüentemente aumentado o diâmetro do colo das plantas (HE *et al.*, 1996; TAIZ e ZEIGER, 2004). Assim, o aumento do diâmetro

observado no algodão pode ter sido influenciado também pelo Stimulate®, devido a interação dos três tipos de hormônios presentes em sua composição (auxina, giberelina e citocinina), que aplicado exogenamente pode influenciar na sua maior síntese internamente e da maior produção do etileno tanto pela aplicação do hormônio quanto pelo estresse causado pelo excesso de água.

Os menores valores de diâmetro do colo das plantas de algodão foram observados no tratamento de deficiência de água, com 25% do VTP com água (Tabela 2), mostrando que em casos de falta de água o crescimento secundário do caule diminui, reduzindo os diâmetros (Figuras 1: A, D, G), o que também foi observado por Silva *et al.* (2002) trabalhando com mudas de *Melaleuca alternifolia* C., as quais, quando submetidas à deficiência hídrica apresentaram menores diâmetros. Os maiores diâmetro podem ser observados na Figura 1: C, F, H, I.

O Stimulate® não proporcionou incremento de crescimento das plantas quando essas sofreram deficiência hídrica, em geral sua aplicação causou redução do crescimento, o que não ocorreu para as características, altura e diâmetro quando se aplicou o tratamento de excesso de água de 100% do VTP (Tabela 2).

A MFPA foi maior quando houve aplicação de água até 100% do VTP aos 15 e 30 dias após iniciar os tratamentos. Os menores valores de MFPA ocorreram quando houve deficiência de água (Tabela 3), mostrando que, quando submetidas a essa situação ocorrem modificações intensas nas plantas que se refletem no crescimento e no desenvolvimento vegetal, o que está de acordo com Silva *et al.* (2002) que trabalhou com *Melaleuca alternifolia* C. e constatou que a deficiência hídrica severa, diminui o crescimento a produção de biomassa fresca e seca das plantas.

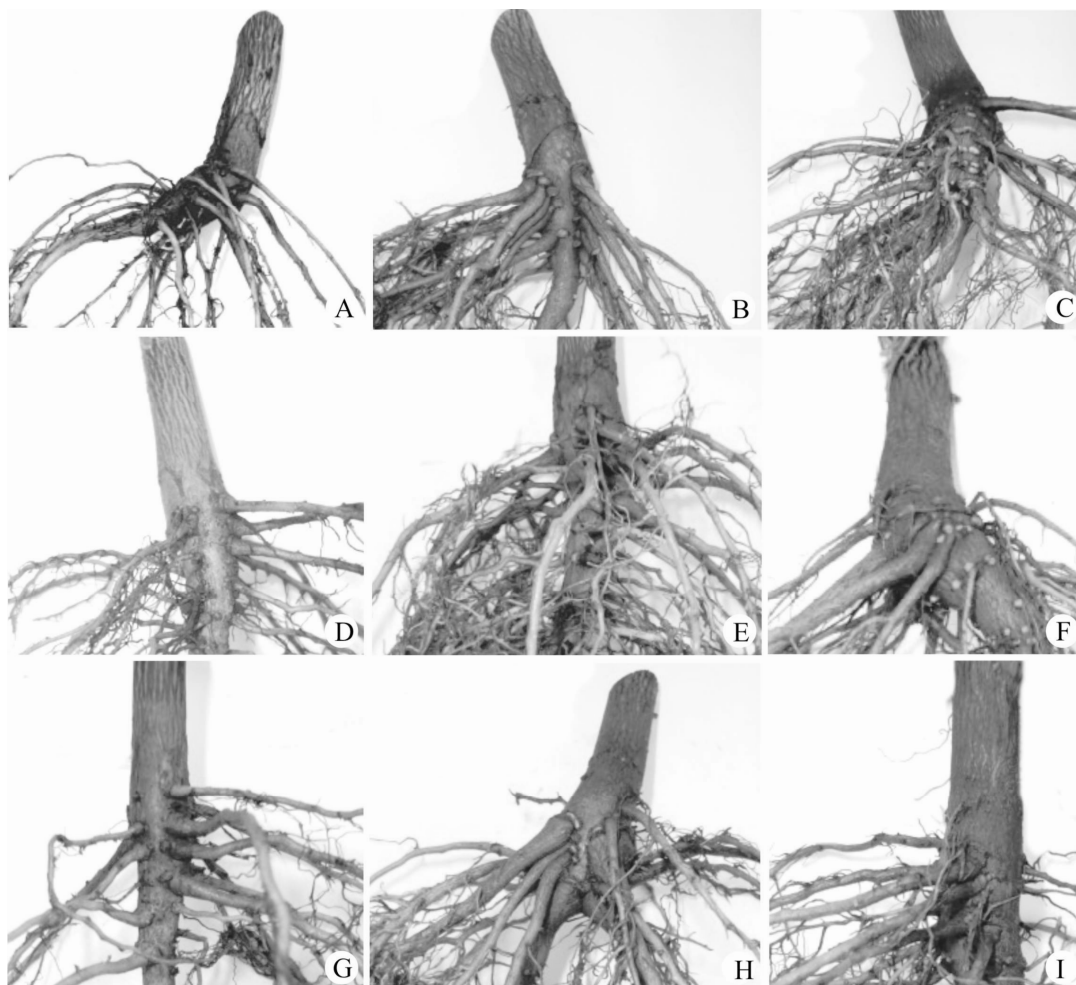


Figura 1: Aspecto geral do colo do algodoeiro, em função do estresse hídrico e aplicação de Stimulate®, aos 45 dias após a aplicação dos tratamentos A. Planta com 25% VTP com água, sem Stimulate®; B. Planta com 60% VTP com água, sem Stimulate®; C. Planta com 100% VTP com água, sem Stimulate®; D. Planta com 25% do VTP com água, com Stimulate® na semente; E. Planta com 60% VTP com água, com Stimulate® na semente; F. Planta com 100% VTP com água, com Stimulate® na semente; G. Planta com 25% VTP com água, com Stimulate® na semente e no botão floral; H. Planta com 60% VTP com água, com Stimulate® na semente e no botão floral; I. Planta com 100% VTP com água, com Stimulate® na semente e no botão floral. UFGD, Dourados, 2006.

Os menores valores de MFR (Tabela 3) e o menor número de raízes (Figura 2: A, D, G), também foram observados quando houve deficiência de água, já os maiores valores de MFR (Tabela 3) e o maior número de raízes (Figuras 2: B, C, E, F, H, I) foram observados com 60% e 100% do VTP com água aos 30 dias após o início dos tratamentos (Tabela 3).

A diminuição dos MFPA e MSPA aos 45 dias após a aplicação dos tratamentos, pode ser explicada baseada no fato da planta já estar completando seu ciclo e entrando na fase maturidade plena, o que acarretou em uma perda de folhas.

Tabela 3. Valores médios de massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa fresca de raiz (MFR) de plantas de algodão cv Delta Opal em função da água e do tempo de duração do estresse

Tempo	MFPA (g planta)			MFR (g planta)		
	25%	60%	100%	25%	60%	100%
15	45,42 Ab	87,87 Aa	101,46 Aa	10,85 Ab	11,86 Cb	18,38 Ba
30	43,88 Ac	95,65 Ab	112,87 Aa	11,31 Ab	18,73 Ba	20,25 Ba
45	35,45 Ac	60,90 Bb	86,41 Ba	12,25 Ab	24,82 Aa	29,70 Aa

Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAT: Dias após iniciar os tratamentos.

Observou-se que, com a deficiência hídrica, estas características foram significativamente menores (Tabelas 3 e 4), uma vez que a falta de água também induz a abscisão foliar e diminuição da superfície foliar das plantas, concordando com informações da literatura (Taiz e Zeiger, 2004; Kerbaui, 2004).

Tabela 4 Valores médios de massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de algodoeiro cv Delta Opal em função da água e do tempo de duração do estresse hídrico

DAT	MSPA (g planta-1)			MSR (g planta-1)		
	25%	60%	100%	25%	60%	100%
15	17,50 Bb	25,32 Ba	28,95 Ba	2,04 Ba	2,23 Ca	2,83 Ba
30	23,44 Ab	40,76 Aa	43,25 Aa	2,00 Bb	3,28 Ba	3,44 Ba
45	13,08 Bc	21,72 Bb	30,60 Ba	3,24 Ac	4,87 Ab	5,68 Aa

Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAT: Dias após iniciar os tratamentos.

Os maiores valores de MSPA foram observados sob 60% e 100% do VTP com água aos 30 dias após aplicação dos tratamentos (Tabela 4). O menor valor ocorreu com déficit de água e aos 45 dias, isso ocorreu, provavelmente devido à falta de água ter diminuído o acúmulo de fotoassimilados e que o período correspondente aos 45 dias após iniciar os tratamentos, normalmente os fotoassimilados já estavam sendo destinados para as estruturas reprodutivas.

O maior valor de MSR (Tabela 4) e o maior número de raízes (Figura 2: C, F, I) foram observados com 100% do VTP preenchidos com água, aos 45 dias dos tratamentos. Visualmente, a maior parte das raízes secundárias e terciárias se concentrava na parte superior do vaso. Como estas raízes são responsáveis pela absorção de água, minerais e do oxigênio molecular, essas raízes se concentraram em uma região mais arejada do solo, a camada mais superficial. Resultados semelhantes encontrados por Almeida (1992), que observou uma maior quantidade de raízes de algodoeiro cultivar CNPA Precoce 1 na superfície do solo quando trabalhou com o encharcamento de solo. Isso favoreceu a planta durante o período de estresse, além de

favorecer também um rápido desenvolvimento das plantas ao término do período de encharcamento.

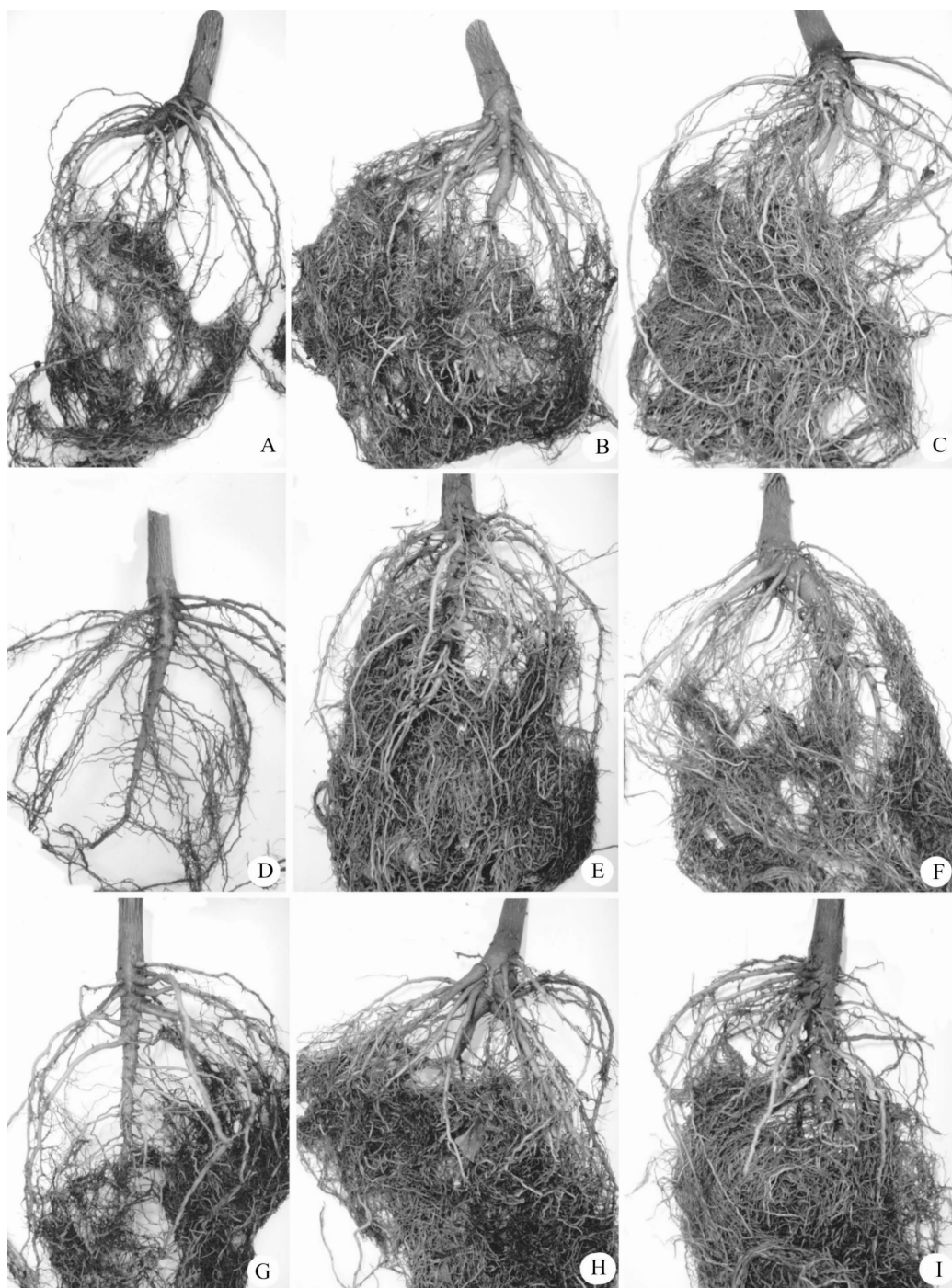


Figura 2: Modificações morfológicas da raiz em função das diferentes disponibilidades de água em algodoeiro cv. Delta Opal, e aplicação ou não de Stimulate®. A. Planta com 25% VTP com água, sem Stimulate®; B. Planta com 60% VTP com água, sem Stimulate®; C. Planta com 100% VTP com água, sem Stimulate®; D. Planta com 25% do VTP com água, com Stimulate® na semente; E. Planta com 60% VTP com água, com Stimulate® na semente; F. Planta com 100% VTP com água, com Stimulate® na semente; G. Planta com 25% VTP com água, com Stimulate® na semente e no botão floral; H. Planta com 60% VTP com água, com Stimulate® na semente e no botão floral; I. Planta com 100% VTP com água, com Stimulate® na semente e no botão floral. UFGD, Dourados, 2006.

Severino *et al.* (2005) também obteve resultados similares, trabalhando com plantas de mamoneira submetidas à encharcamento de solo, observou a morte da raiz pivotante e um grande desenvolvimento lateral e superficial do sistema radicular desta planta, devido ao maior arejamento da superfície

Observou-se que após 15 dias de iniciado a deficiência hídrica (25% VTP) o sistema radicular já estava menos desenvolvido quando se compara com os outros níveis de água. Embora a parte aérea apresente redução sob deficiência de água (25% VTP), nota-se que a MSPA aumentou até os 30 dias após o início dos tratamentos diminuindo em seguida, enquanto que o sistema radicular continuou crescendo ao longo das avaliações.

De maneira semelhante, em trabalho realizado por Anti *et al.*, (2002) com tomate, avaliando duas espécies selvagens sob deficiência hídrica, os autores constataram que a espécie *Lycopersicon pennellii*, apresentou raízes muito finas e com volume extremamente reduzido e menores valores de massa fresca e seca.

Na Tabela 5, observa-se que o número de folhas e a área foliar não foram influenciados pela aplicação do Stimulate®. Por outro lado, em relação ao período de estresse, o número de folhas e a área foliar foram menores aos 45 dias após a aplicação dos tratamentos. O menor valor para número de folhas e para área foliar foi observado no tratamento de deficiência hídrica, com 25% do VTP, resultados semelhantes foram observados por Beltrão *et al.* (2003) em mamona, que apresentou uma significativa redução da área foliar sob deficiência de água após seis dias de estresse hídrico. De acordo com Taiz e Zeiger, (2004) uma vez que o crescimento foliar depende principalmente da expansão celular, a inibição desta provoca uma lentidão da expansão foliar no início do desenvolvimento da deficiência hídrica. Com área foliar menor a planta transpira menos, conservando uma maior quantidade de água no solo por um período mais longo.

A redução no número de folhas aos 45 dias em condição de estresse (Tabela 5), pode ser justificada considerando que, provavelmente, uma das alterações fisiológicas em relação ao estresse hídrico é a maior produção endógena de hormônios como o ácido abscísico e o etileno, pois, de acordo com Larcher (2000), na presença desses compostos há uma maior senescência e abscisão de folhas.

Conforme Santos e Carlesso (1998) e Taiz e Zeiger (2004), a resposta mais proeminente da maioria das plantas à deficiência hídrica, consiste no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e

da abscisão das folhas. Quando as plantas são expostas a situações de deficiência de água, exibem freqüentemente, respostas fisiológicas que resultam, de modo indireto, na conservação da água no solo, como se estivessem economizando para períodos posteriores, diminuindo a superfície transpiratória no caso de perda de folhas, ou no simples fato de parar o crescimento foliar, reduzindo a área foliar e mantendo o peso da parte aérea.

Tabela 5. Número de folhas por planta e área foliar de algodoeiro em função de dias que as plantas permaneceram em estresse, água e aplicação de Stimulate

		Número de Folhas/Planta	Área foliar cm
Dias de Estresse	15	43,22 a	1346,54 a
	30	43,08 a	1317,06 a
	45	35,52 b	1055,62 b
Água	25%	34,83 b	620,88 c
	60%	41,30 a	1379,65 b
	100%	45,69 a	1718,70 a
Stimulate	Ausência	39,91 a	1282,10 a
	Semente	39,19 a	1203,91 a
	Semente e Botão	42,72 a	1233,22 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Marur (1999) um dos primeiros processos afetados pela deficiência hídrica é a expansão foliar, que vai depender da turgescência das células o que é regulado pelo ajuste osmótico. Segundo Kerbauy (2004) outra forma de ter a área foliar diminuída é através da redução do número de folhas, pois o estresse hídrico diminui o número e a taxa de crescimento dos ramos. Santos e Carlesso (1998) ainda reforçam que a expansão celular é o processo fisiológico mais sensível ao déficit hídrico.

O Stimulate® não alterou o número de estruturas reprodutivas. Observa-se na tabela 6, que sob 25% do VTP (deficiência hídrica), ocorreu o menor número de maçãs, as menores massas por maçã e os menores diâmetros. Esses resultados indicam que a deficiência hídrica induzida na fase de botão floral prejudica significativamente a produção de estruturas reprodutivas desta malvácea. Por isso, as plantas para sobreviverem em ambientes estressantes, não produzem o máximo que podem, ao contrário, elas têm que encontrar um equilíbrio entre rendimento e sobrevivência, o que está de acordo com Arruda *et al.* (2002), que sugerem que plantas que não são

especializadas em desenvolverem-se em ambientes com deficiência hídrica, crescem vagarosamente e normalmente apresentam um porte pequeno. Essa estratégia permite a planta se desenvolver em ambientes limitantes com restrições, mas utilizando ao máximo todos os recursos disponibilizados pelo ambiente.

Tabela 6. Massa, Diâmetro e Número de maçãs observados no final do período experimental, aos 45 dias após o início dos tratamentos, em função dos níveis de água estudados

Água	Diâmetro (mm)	Peso (g maçãs por planta)	N° (maçãs por planta)
25%	4,01 b	1,60 b	0,66 b
60%	23,06 a	11,93 a	2,75 a
100%	27,03 a	13,99 a	3,33 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O ambiente em que a planta está exposta afeta profundamente tanto a abscisão de folhas, quanto de estruturas reprodutivas (MCMICHAEL *et al.*, 1973; OOSTERHUIS, 1992). A deficiência hídrica tem sido considerada um dos principais fatores ambientais que provocam a abscisão de estruturas reprodutivas em algodoeiro, justamente por causar acentuado estresse nas plantas (DOORENBOS e KASSAM, 1994).

O fato de as condições de excesso de água tornar indisponível o oxigênio para as plantas, faz com que, determinadas espécies, quando submetidas a esse tipo de estresse possam produzir modificações morfo-anatômicas, as quais permitiriam a difusão de oxigênio, mantendo a respiração aeróbica (MEDRI *et al.*, 1998).

As plantas submetidas ao excesso de água (100% VTP com água), apresentaram lenticelas na raiz principal desde a primeira avaliação, aos 15 dias após iniciar os tratamentos (Figura 3: A), até a última avaliação, aos 45 dias após iniciar os tratamentos (Figura 3: D). Essa estrutura visa uma maior eficiência na captação de oxigênio, e possivelmente minimizar os danos causados pela ocorrência dos processos fermentativos, decorrentes da falta de oxigênio.

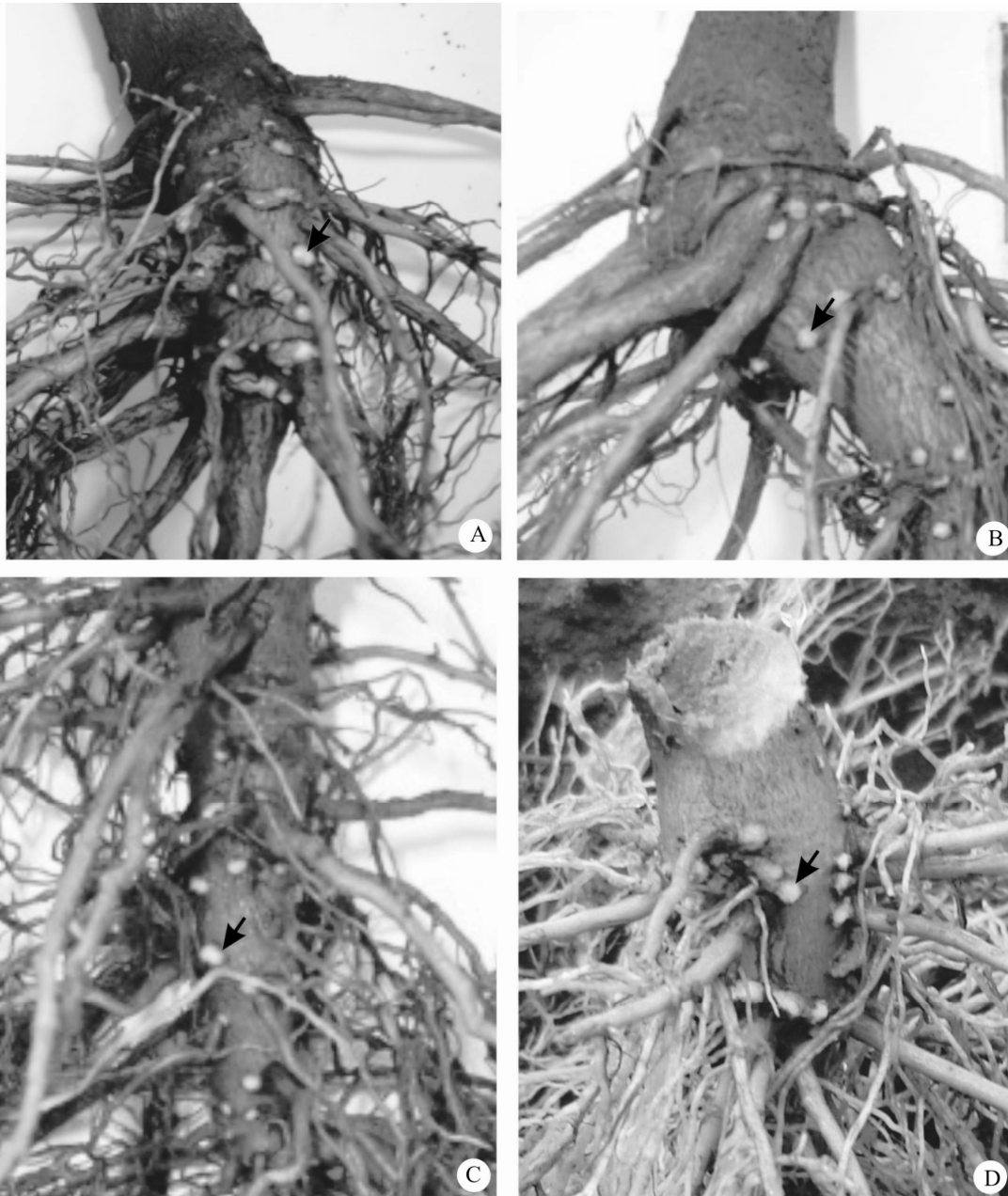


Figura 3: Alterações morfo-anatômicas em raiz de algodoeiro submetidas a excesso de água. Aparecimento de lenticelas responsáveis pela captação de oxigênio. A. Planta com 100% do VTP com água com aplicação de Stimulate® na semente, aos 84 dias após semeadura; B. Planta com 25% do VTP com água, com aplicação de Stimulate® na semente; C. Planta com 60% do VTP com água com aplicação de Stimulate® na semente ; D. Planta com 100% do VTP preenchidos com água, com aplicação de Stimulate® na semente, aos 114 dias após semeadura.

Visualmente não houve diferença em relação ao aparecimento de lenticelas no sistema radicular do algodoeiro, quando foi aplicado ou não o Stimulate®. Todavia quando as plantas foram submetidas ao excesso de água todas as plantas apresentaram esta modificação morfo-anatômica para uma maior eficiência na captação de oxigênio. Nos demais tratamentos não foram observados a formação destas estruturas (Figura 3: B e C).

4 CONCLUSÕES

O *Gossypium hirsutum* cultivar Delta Opal, é uma planta que não tolera déficits hídricos de 25% VTP iniciando na fase de botão floral, o que compromete o desenvolvimento total da planta e a formação de estruturas reprodutivas, mas tolera o excesso de água de até 100% do VTP, quando apresenta mudanças morfo-anatômicas (Lenticelas hipertróficas).

O bioestimulante não proporcionou melhorias ao desenvolvimento das plantas quando submetidas à deficiência de água.

5 BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, O. A.; BELTRÃO N. E.; GUERRA H. O. C. Crescimento, Desenvolvimento e Produção do Algodoeiro herbáceo em Condições de Anoxia do Meio Edáfico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 9, p. 1259-1272, 1992.

ALBUQUERQUE, R. C.; GUIMARÃES, M. M. B.; BELTRÃO, N. E. M.; JERÔNIMO, J. F. Efeito do Bioestimulante Stimulate em Sementes Pré-Embebidas de Mamona (*Ricinus communis* L.). In: **Congresso Brasileiro de Mamona Energia e Sustentabilidade**, 1., 2004, Campina Grande, PB. CD-ROM.

ANTI, G. R.; PERES, L. E. P.; OLIVEIRA, R. F. Estudo dos mecanismos fisiológicos associados à resistência ao déficit hídrico em duas espécies selvagens de *Lycopersicon*. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, julho, 2002. Suplemento 2.

Anuário Brasileiro do Algodão. Gazeta Grupo de Comunicações. Santa Cruz do Sul, RS, 2003. 136p.

ARRUDA, F. P.; ANDRADE, A. P.; SILVA, I. F.; PEREIRA, I. E.; GUIMARÃES, M. A. M. Emissão e Abscissão de Estruturas Reprodutivas do Algodoeiro Herbáceo, cv. CNPA 7H: Efeito do Estresse Hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande. vol. 6, n. 1, p. 21-27, 2002.

AZEVEDO, P. V.; RAO, T. V. R.; NETO, M. S. A.; PEREIRA, J. R. C.; SOBRINHO, J. E.; MACIEL, G. F. Necessidades Hídricas da Cultura do Algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.7, p.863-870, 1993.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 247 p.

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P.; NOBREGA, L. B.; SANTOS, J. W. Modificações no Crescimento e Desenvolvimento do Algodoeiro Herbáceo Sob Saturação Hídrica do Substrato em Casa de Vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.4, p.391-397, 1997.

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G.; SANTOS, J. W. Estresse Hídrico (Deficiência e Excesso) e seus Efeitos no Crescimento Inicial da Mamoneira, Cultivar BRS 188 Paraguaçu. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.7, n. 2/3, p. 735-741, 2003.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de Reguladores Vegetais na Agricultura Tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 132p.

CALBO, M. E. R.; CALBO, A. G.;MORAES, J. A. P. V. Crescimento, condutância estomática, fotossíntese e porosidade do buriti sob inundação. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 10, n. 1, p. 51-58, 1998.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da Água no Rendimento da Cultura**. Campina Grande: UFPB, Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33. 306p. 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises do solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 212p. 1997.

HE, C. J; MORGAN, P. W.; DREW, M. C. Transduction of an Ethylen signal is required for cell death and lysis in the root cortex of maize during aerenchyma formation induced by hypoxia. **Plant Physiology**, v. 112, p. 463-472, 1996.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: G. Koogan, 2004. 452 p.

LAMAS, F. M. Reguladores de Crescimento. In: Embrapa Agropecuária Oeste. **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa Algodão, 2001. p.296.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. 2.ed. São Carlos-SP: Rima, 2000. 531p.

LIMA, M. M.; FARIAS, V. A.; SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D. Efeito de regulador de crescimento sobre a germinação e desenvolvimento inicial do algodoeiro. In: **Congresso Brasileiro de Algodão**. 4, 2003. Goiânia, GO, 2003. CD-ROM.

MARUR, J. Curvas Pressão-Volume e Expansão Foliar em Cultivares de Algodoeiro Submetidos a Déficit Hídrico. **Revista Scientia Agrícola**. Piracicaba, v.56, n.3, julho 1999.

MCMICHAEL, B. L.; JORDAN, W. R.; POWELL, R. D. An effect of water stress on ethylene production by intact cotton petioles. **Plant Physiology**, Baltimore-Maryland, v.49, p.658-660, 1973.

MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; DELGADO, M. F.; CORREA, G. T. Aspectos morfo-anatômicos e fisiológicos de *Peltrophorum dubium* (Spr.) Taub. submetida ao alagamento e à aplicação de etrel. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, v. 21, n. 3, p.261-267, 1998.

MILLÉO, M.V.R.; ZAGONEL, J.; MONFERDINI, M.A. **Avaliação da Eficiência Agronômica do Produto Stimulate Aplicado no Tratamento de Sementes e em Pulverização Foliar Sobre a Cultura da Soja (*Glycine max* L.)** In:REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 13, 2000, São Paulo, São Paulo, Suplemento, v.67, 2000. p. 121

OOSTERHUIS, D. M. Growth and Development of a cotton plant. Fayetteville: **University of Arkansas Cooperative Extension Service**. 1992. 24p. MP332-4M-9-92R.

PASSOS, S. M. G.; CANÉCHIO, V. F.; JOSÉ A. **Principais Culturas**. 2ª ed, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, São Paulo, 1987. 512p.

PIMENTA, J. A.; MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; MULLER, C.; OKAMOTO, J. M.; FRANCISCONI, L. M. J.; CORREA, G. T. Aspectos da morfoanatomia e fisiologia de *Jacaranda puberula* Cham. (Bignoniaceae) em condições de hipoxia. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 19, p. 215-220, 1996.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1995. 343p.

REICHARDT, K. **A Água em Sistemas Agrícolas**. São Paulo: Manole LTDA, 1990. 186p.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, Planta e Atmosfera Conceitos, Processos e Aplicações**. São Paulo: Manole LTDA, 2004. 447p.

SANTOS, C. M. G.; VIEIRA, E. L. Efeito do Bioestimulante na Germinação de Sementes, Vigor de Plântulas e Crescimento Inicial do Algodoeiro. **Magistra**. Cruz das Almas-BA. v.17, n.3, p.124-130, 2005.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit Hídrico e os Processos Morfológicos e Fisiológicos das Plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande – PB, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SEVERINO, L. S.; LIMA, C. L. D.; BELTÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D.; FARIAS, V. A. Comportamento da Mamoneira Sob Encharcamento de Solo. In: **Boletim de Pesquisa e desenvolvimento**, n.57, Embrapa, Campina Grande, PB, 2005, 16p.

SILVA, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. Efeito do Estresse Hídrico Sobre Características de Crescimento e a Produção de Óleo Essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum**, Maringá v. 24, n. 5, p. 1363-1368, 2002.

SUTCLIFFE, J. **As Plantas e a Água**. São Paulo: EPU, 1980. 126p.

TAIZ, L. & ZEIGER E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.