

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO ALGODOEIRO EM
FUNÇÃO DE DOSES DE SILÍCIO E ÁCIDO SALICÍLICO**

ANGÉLICA TORRES VILAR DE FARIAS

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

CAMPINA GRANDE – PB

JULHO DE 2012

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO ALGODOEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE SILÍCIO E ÁCIDO SALICÍLICO

ANGÉLICA TORRES VILAR DE FARIAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/ Embrapa Algodão, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias/Área de Concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Fabiana Xavier Costa
Coorientador: Prof^o Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão

**CAMPINA GRANDE – PB
JULHO DE 2012**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL-UEPB

F224c Farias, Angélica Torres Vilar de.
Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro em função de doses de silício e ácido salicílico [manuscrito] / Angélica Torres Vilar de Farias. – 2012.
63 f. : il. color.

Digitado
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, 2012.

“Orientação: Profa. Dra. Fabiana Xavier Costa, Departamento de Ciências Agrárias”
“Co-Orientação: Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão, Embrapa Algodão”

1. Algodão. 2. Agricultura. 3. *Gossypium hirsutum* L. I. Título.

21. ed. CDD 633.51

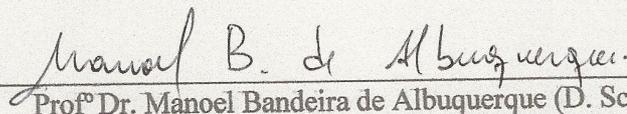
**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO ALGODOEIRO EM
FUNÇÃO DE DOSES DE SILÍCIO E ÁCIDO SALICÍLICO**

ANGÉLICA TORRES VILAR DE FARIAS

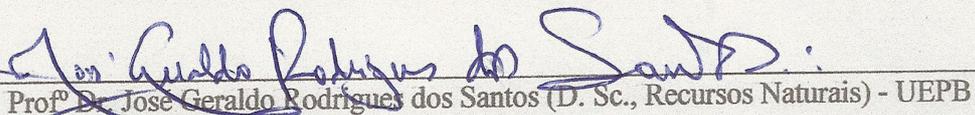
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/ Embrapa Algodão, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias/Área de Concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

Aprovada em 14 de Agosto de 2012

Banca Examinadora:



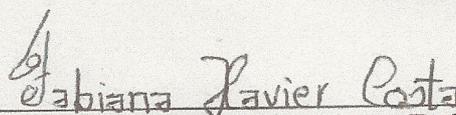
Prof^o Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque (D. Sc., Biologia) - UFPB



Prof^o Dr. José Geraldo Rodrigues dos Santos (D. Sc., Recursos Naturais) - UEPB



Prof^o Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão (D. Sc., Fitotecnia) - Embrapa Algodão
Coorientador



Prof^a Dr^a. Fabiana Xavier Costa (D. Sc., Recursos Naturais) - UEPB
Orientadora

Aos meus amados pais Lindonôr Tôrres Vilar (in memoriam) e Maria Salete Barbosa Vilar Torres exemplos de vida, integridade e sabedoria, meus eternos educadores. Iluminaram meu caminho ensinando que a mais importante forma de se viver é através da infidável busca pelo conhecimento.

*A Ti, MÃE QUERIDA.
A Ti, PAI AMADO.*

Dedico

HOMENAGEM ESPECIAL

“Seria possível alguém nascer, viver,
sofrer, lutar, vencer, amar e morrer sem
conhecer inimigos, só ter amigos.

Seria alguém muito especial.

Poucas pessoas tiveram o privilégio de
conhecer alguém assim, pois eu conheci,
meu PAI que dedicou sua vida a família.

Um modelo de vida.

Um VENCEDOR”

Lindonôr Tôrres Vilar

“In memoriam”

AGRADECIMENTOS

À Deus por não ter me abandonado em nenhum momento dessa árdua caminhada durante esses dois anos de curso.

Ao meu amado e saudoso pai pelos sábios ensinamentos que me deu enquanto estava presente entre nós. Como o maior de seus ensinamentos, me deixou o legado do estudo.

À minha mãe querida pelo amor incondicional, dedicação e apoio nos momentos difíceis desta caminhada.

Aos meus irmãos e irmãs Ana Letícia Vilar, Andréa Vilar, Abraão Vilar e Zoroastro Vilar que me serviram de alicerce durante toda a minha caminhada. Sem vocês tudo seria mais difícil.

Ao meu esposo Marcondes Farias e filhos Milena Vilar e Gustavo Vilar por me compreender e me apoiar sempre. Pelos momentos em que estive ausente do vosso convívio para poder estudar, obrigada.

Às minhas colegas de curso Darlene Silva, Elizandra Ribeiro, Samara Sousa e Talita Farias pelos momentos únicos vividos, que jamais serão esquecidos.

À minha orientadora Fabiana Xavier Costa pela orientação, incentivo, compreensão e paciência.

Ao meu querido coorientador Profº Dr. Napoleão Beltrão pela paciência e ensinamentos a mim dispensados. Por ter acreditado em mim sempre...

Ao Dr. José Félix de Brito Neto pela companhia no trabalho, orientações, paciência e contribuições ímpares.

À Drª. Maria Rocha pela amizade, paciência e pelos riquíssimos ensinamentos.

À Embrapa Algodão pela oportunidade de estágio e disponibilidade de suas instalações para execução do trabalho de dissertação.

À Universidade Estadual da Paraíba e ao corpo docente do Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias pela contribuição para o alcance desta conquista acadêmica.

Aos funcionários do Laboratório de Fisiologia da Embrapa Algodão Bruna Santana, Joseni, Marcílio, Amaro e Carlos pelo apoio.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1 Objetivos.....	19
Geral.....	19
Específicos.....	19
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1 Algodão.....	20
2.2 Algodão e biodiesel.....	22
2.3 Silício.....	23
2.4 Ácido Salicílico.....	25
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Condições Experimentais.....	27
3.1.1 Local do Experimento.....	27
3.1.2 Características Climáticas.....	28
3.1.3 Características Edáficas.....	28

3.1.4	Delineamento Experimental.....	28
3.1.5	Tratamentos.....	29
3.1.6	Caracterização da Cultivar	30
3.1.7	Caracterização dos Fatores utilizados.....	30
3.2	Instalação e Condução do Experimento.....	30
3.2.1	Adubação do solo	30
3.2.2	Semeadura.....	30
3.2.3	Aplicação dos tratamentos.....	31
3.2.4	Irrigação tratos fitossanitários.....	31
3.3	Variáveis analisadas	31
3.3.1	Análise do crescimento	31
3.3.2	Produção e partição de massa seca.....	30
3.3.3	Razão de área foliar (RAF).....	32
3.3.4	Área Foliar Específica (AFE).....	33
3.3.5	Razão de Peso Foliar (RPF).....	33
3.3.6	Teor de Pigmentos Fotossintetizantes.....	33
3.3.7	Extração e Determinação da Atividade Enzimática: peroxidase.....	34
•	Procedimento para obtenção do extrato enzimático.....	34
•	Procedimento para Determinação da Atividade da Peroxidase.....	35
3.4	Análise dos resultados.....	35
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
4.1	Características de crescimento.....	36
4.1.1	Altura de planta.....	36
4.1.2	Diâmetro Caulinar.....	40
4.1.3	Área Foliar.....	42
4.1.4	Produção e partição de massa seca.....	47
4.1.5	Teor de clorofila.....	50
4.1.6	Atividade da enzima peroxidase.....	53
5.	CONCLUSÕES.....	56
6.	RECOMENDAÇÕES.....	57
7.	REFERÊNCIAS.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS

AF – área foliar

AFE - área foliar específica

AP – altura de planta

AS – ácido salicílico

CNPA – Centro Nacional de Pesquisa do Algodão

DAE – dias após a emergência

DC – diâmetro caulinar

DIC – delineamento inteiramente casualizado

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

MS – massa seca

MSC – massa seca do caule

MSF – massa seca das folhas

MSPA – massa seca da parte aérea

MSR – massa seca da raiz

MST – massa seca total

p.a. – puro para análise

RAF - razão de área foliar

RPF – razão de peso foliar

SAR – Systemic Acquired Resistance

SI – silício

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Média diária da temperatura e umidade relativa do ar na Casa de Vegetação, Embrapa Algodão-Campina Grande/PB. 2012.....	30
Tabela 2. Análise Química do Solo utilizado no experimento. Embrapa Algodão, Campina Grande, PB. 2011.....	30
Tabela 3. Resumos das análises de variância para a variável de crescimento altura de planta (AP) aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após a emergência (DAE) em função da aplicação de concentrações de silício e ácido salicílico. Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.....	39
Tabela 4. Resumos das análises de variância para a variável de crescimento diâmetro caulinar (DC) aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após a emergência (DAE) em função da aplicação de concentrações de silício e ácido salicílico. Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.....	43
Tabela 5. Resumos das análises de variância para a variável de crescimento área foliar (AF) aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após a emergência (DAE) em função da aplicação de concentrações de silício e ácido salicílico. Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.....	45

Tabela 6. Resumos das análises de variância para as variáveis massa seca raiz (MSR), massa seca caule (MSC), massa seca folhas (MSF), massa seca parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), razão de peso foliar (RPF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) aos 100 (DAP), em função da aplicação de concentrações de silício (SI) e ácido salicílico (AS). Embrapa Algodão, Campina Grande – PB, 2012.....50

Tabela 7. Resumos das análises de variância para as variáveis: clorofila total e peroxidase, em função da aplicação de concentrações de silício e ácido salicílico. Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.....53

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Local de desenvolvimento do Experimento. Casa de Vegetação - Embrapa Algodão, Campina Grande/PB, 2012.....29
- Figura 2. Disposição dos vasos em Casa de Vegetação, Embrapa Algodão, Campina Grande, 2012. Foto: Angélica Vilar.....31
- Figura 3. Adubação de cobertura aos 20 dias após emergência (A). Plântulas de algodoeiro aos 3 DAE (B). Embrapa Algodão, Campina Grande,PB, 2012. Foto: Angélica Vilar.....33
- Figura 4. Régua utilizada para as medições de altura de planta e área foliar (A). Paquímetro digital utilizado para as medições de diâmetro caulinar (B).....34
- Figura 5. Balança de precisão (Mod. FA – 2104N, Bioprecisa®) (A). Maceração de matéria fresca em nitrogênio líquido (B). Microtubo contendo o extrato enzimático macerado, para posterior armazenamento em refrigerador a -80°C (C).....36
- Figura 6. Altura da planta de algodão cv. BRS 8H, em resposta a diferentes concentrações de SI aos 20 DAE (A) e aos 40 DAE (B). Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.....40

Figura 7. Altura da planta de algodão cv. BRS 8H, em resposta a diferentes concentrações de AS aos 20 DAE (A) e aos 40 DAE (B). Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.....	42
Figura 8. Área Foliar da planta de algodão cv. BRS 8H, em resposta a diferentes concentrações de AS aos 20 DAE (A) e 100 DAE (B). Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.....	46
Figura 9. Área Foliar da planta de algodão cv. BRS 8H, em resposta à interação de concentrações de SI e AS. Concentração 1 de AS (0 mM) (A). Concentração 2 de AS (5 mM) (B). Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.....	47
Figura 10. Área Foliar da planta de algodão cv. BRS 8H, em resposta à interação de concentrações de SI e AS. Concentração 3 de SI (80 g L ⁻¹). Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.....	48
Figura 11. Razão de Área Foliar (RAF) (A), Razão de Peso Foliar (RPF) (B), Área Foliar Específica (AFE) (C) da planta de algodão cv. BRS 8H, em resposta a diferentes concentrações de AS aos 100 DAE. Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.....	52
Figura 12. Teor de clorofila total da planta de algodão cv. BRS 8H, em resposta a diferentes concentrações de SI (A) e AS (B) aos 100 DAE. Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.....	55
Figura 13. Atividade da enzima peroxidase da planta de algodão cv. BRS 8H, em resposta a diferentes concentrações de AS aos 100 DAE. Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.....	56

RESUMO

FARIAS, ANGÉLICA TORRES VILAR. Ms.c. Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, Agosto de 2012. CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO ALGODOEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE SILÍCIO E ÁCIDO SALICÍLICO. Orientadora: Prof^a Dr^a Fabiana Xavier Costa, Coorientador: Prof^o Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão.

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. raça *Latifolium* Hutch.) é uma das dez principais espécies domesticadas pelo homem, seu produto principal é a fibra que veste quase metade da humanidade. É ainda fonte de proteína, a quinta oleaginosa do mundo e a segunda do Brasil, e a terceira fonte de biodiesel do nosso país, tendo um óleo de excelente qualidade, muito bom para a alimentação humana e para a produção de biocombustíveis, sendo de boa estabilidade química. Dentre os fatores limitantes para o desenvolvimento do algodoeiro destaca-se a nutrição mineral, tendo em vista que são poucas as informações disponíveis para esta cultivar sobre o uso do silício, como elemento benéfico e também o uso de novos hormônios de plantas, caso do ácido salicílico, utilizados isolados e em conjunto, objetivou-se com este trabalho de pesquisa verificar e quantificar os efeitos isolados e conjuntos destes dois produtos no crescimento e aspectos bioquímicos do algodoeiro herbáceo, cultivar BRS 8H, que é bem resistente a seca e produz fibra média de excelente qualidade intrínseca. O experimento foi conduzido em condições semi-controladas (casa de vegetação), em Campina Grande, PB, nas dependências da sede da Embrapa Algodão em vasos de 20 litros de capacidade. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e 16 tratamentos, em esquema de análise fatorial 4 x 4, sendo os fatores quatro concentrações de silício: 0; 40; 80 e 120 g L⁻¹ e quatro concentrações de ácido salicílico: 0; 5; 10 e 15 mM. Foram medidas diversas variáveis do crescimento, tais como análise

não destrutiva (área foliar, diâmetro do caule e altura de planta) em vários períodos do ciclo da planta, além de massa seca, razão de área foliar, razão de peso foliar, área foliar específica e aspectos bioquímicos (teor de clorofila total e atividade da peroxidase). O algodoeiro cv. BRS 8H quando cultivado sob a aplicação foliar do silício (SI) e do ácido salicílico (AS) isolados e conjuntamente, apresentou alterações significativas no crescimento e em aspectos bioquímicos, o que evidencia a necessidade do desenvolvimento de novas pesquisas com maior faixa de amplitude desses fatores para que se obtenham resultados mais conclusivos para as variáveis testadas.

PALAVRAS-CHAVE: *Gossypium hirsutum* L., hormônio vegetal, silicato de potássio, nutrição de plantas.

ABSTRACT

FARIAS, ANGÉLICA TORRES VILAR. Ms.c. Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, Agosto de 2012. COTTON PLANT GROWTH AND DEVELOPMENT DUE TO SILICON AND ACID SALICYLIC DOSES. Orientadora: Prof^a Dr^a Fabiana Xavier Costa, Coorientador: Prof^o Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão.

The herbaceous cotton (*Gossypium hirsutum* L. race *Latifolium Hutch*) is one of the top ten species domesticated by human beings. Its main product is the fiber that wears almost half of humanity. It is also a source of protein, the fifth oilseed of the world and the second of Brazil, and the third source of biodiesel in our country with excellent quality oil, which is very good for human consumption and for the production of biofuels, and good chemical stability. Among the limiting factors for the cotton plant development stands mineral nutrition considering that there is little information available for this cultivar about the use of silicon, as a beneficial element and also the use of new plant hormones, that is the case of salicylic acid, used isolated and in combination. The objective of this research to identify and quantify the isolated and in combination effects of these two products on growth and biochemical aspects of herbaceous cotton, cultivar BRS 8H, that is quite drought resistant and produces an average of excellent intrinsic quality fiber. The experiment was conducted in semi-controlled conditions (greenhouse) in Campina Grande, Paraíba, on the premises of Embrapa Algodão in 20 liters capacity vessels. It was used a completely randomized design with three replications and 16 treatments, in a 4 x 4 factorial analysis scheme, having as factor four silicon concentrations: 0; 40; 80 e 120 g L⁻¹ and four salicylic acid concentrations: : 0; 5; 10 e 15 mM. It was measured several variables of growth, such as non-destructive analysis (leaf area, stem diameter and plant height) at various periods of the cycle of the plant besides dry weight, leaf area ratio, leaf weight ratio, specific leaf

area and biochemical aspects (total chlorophyll content and peroxidase activity). The cotton plant cv. BRS 8H when grown under foliar application of silicon (SI), and salicylic acid (SA) isolated and in combination, showed significant changes in growth and biochemical aspects, which highlights the need for further research with larger amplitude range of these factors order to obtain more conclusive results for the tested variables.

KEYWORDS: *Gossypium hirsutum* L., plant hormone, potassium silicate, plant nutrition.

1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. raça *Latifolium* Hutch.) é uma malvácea originária do México e da América Central (CARVALHO et al. 2000) que se destaca dentre as dez principais culturas mundialmente domesticadas pelo homem. É plantado economicamente em mais de 60 países e outros 150 produzem ou consomem algodão em pluma. É a única cultura tida, em termos econômicos, como trina, por produzir fibra, que atualmente ainda veste quase metade da humanidade, óleo para a alimentação humana e para a produção de energia (biodiesel) (BELTRÃO e AZEVEDO, 2008).

Anualmente, em todo o mundo, são plantados mais de 33 milhões de hectares de algodão, sendo a China o maior produtor e consumidor dessa commodity (BELTRÃO e AZEVEDO, 2008). O Brasil figura entre os cinco principais produtores mundiais de algodão e entre os três maiores exportadores do mundo, estando a sua produção concentrada na região do Cerrado (SANTOS et al. 2008), tendo média histórica, desde 1950, de 34 milhões de hectares por ano (ICAA, 1999). Destaca-se como a segunda oleaginosa do Brasil e sua importância vêm aumentando também em decorrência do óleo, uma importante alternativa para a produção de energia (biodiesel) (BELTRÃO e AZEVEDO, 2008).

No Brasil, a cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é uma das mais importantes atividades agrícolas da atualidade (CHITARRA, 2007). Apesar de, atualmente, a produção de algodão brasileiro concentrar-se na região do cerrado, Beltrão (2003a) afirma que a cultura também é uma boa opção para o cultivo de sequeiro com o clima semiárido do Nordeste brasileiro, pois, apesar da pouca e irregular precipitação pluvial, possui capacidade de resistir à seca e produzir, com pouca água, uma das melhores fibras do mundo, em termos de qualidade intrínseca.

Devido à grande importância dessa cultura no cenário mundial, torna-se evidente que se busquem meios necessários à maximização do seu rendimento. Na atualidade, inúmeras pesquisas relatam os efeitos benéficos do silício em algumas culturas de importância econômica, a exemplo da cultura do arroz, cana-de-açúcar, dentre outras. Segundo Epstein e Bloom (2006), cientistas japoneses têm demonstrado os efeitos benéficos da fertilização de arroz com silício para o aumento da resistência a doenças e a toxicidade por metal e outras. De acordo com Lima Filho (2010), o silício tem papel importante nas relações planta-ambiente, pois pode dar às culturas melhores condições para suportarem adversidades climáticas, edáficas e biológicas, tendo como resultado final o aumento e a melhor qualidade da produção.

O ácido salicílico (AS) e o ácido acetil salicílico desempenham papéis em muitas funções dos vegetais. É essencial para a produção de proteínas relacionadas com a patogênese e o desenvolvimento da resistência sistêmica adquirida comumente referida como SAR (Systemic Acquired Resistance). Desse modo, o ácido salicílico pode ter aplicações na proteção de cultivos a enfermidades e na obtenção de plantas transgênicas que apresentem resistência a patógenos de importância agrônômica (HINOJOSA, 2005).

Considerando que o ácido salicílico na atualidade é considerado um hormônio vegetal, atuando principalmente na termogênese das plantas, e que provavelmente está envolvido numa série de processos fisiológicos das plantas, e os efeitos benéficos do silício (SI) sobre outras culturas, justifica-se esse trabalho em verificar os efeitos, isolados e conjuntos do silício e do ácido salicílico no crescimento e nos aspectos bioquímicos do algodoeiro cultivar BRS 8H, tendo em vista que a mesma é uma cultivar apropriada para o plantio de sequeiro na Região Nordeste, e que poucos estudos foram realizados no sentido de se conhecer seus efeitos sobre o crescimento e aspectos bioquímicos do algodoeiro.

Pelo exposto, acredita-se que tanto o silício quanto o ácido salicílico, têm grande potencial para serem utilizados na melhoria da produção agrícola brasileira, minimizando os efeitos dos estresses abióticos nas plantas. No entanto, a maioria dos resultados obtidos até o momento é oriunda de outros países e em condições muito diferentes das encontradas no Brasil. Isto permite inferir que há um vasto campo para a nossa ciência agropecuária explorar, com trabalhos que visem melhorar o entendimento do papel e da importância do silício e do ácido salicílico na agricultura tropical.

1.1 OBJETIVOS

✓ Geral

Verificar e quantificar os efeitos isolados e conjuntos dos fatores silício e ácido salicílico no crescimento e aspectos bioquímicos do algodoeiro cultivar BRS 8H.

✓ Específicos

- ❖ Estudar os efeitos da aplicação do silício sobre o crescimento e bioquímica do algodoeiro cultivar BRS 8H.
- ❖ Estudar os efeitos da aplicação do ácido salicílico sobre o crescimento e bioquímica do algodoeiro cultivar BRS 8H.
- ❖ Estudar os efeitos da aplicação do ácido salicílico e do silício conjuntamente sobre o crescimento e bioquímica do algodoeiro cultivar BRS 8H.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Algodão

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. raça *Latifolium* Hutch.), dicotiledônea de elevada importância econômica e social, cultivada em mais de 100 países do mundo e sua fibra, seu principal produto, veste quase metade da humanidade. É uma das culturas que mais geram empregos no campo, sendo uma planta considerada como o “boi vegetal”, tendo somente a fibra, seu principal produto, responsável por mais de 43 % da vestidura da humanidade e a única que produz economicamente fibra, óleo (varia entre 14 a 28 % com relação ao peso seco da semente) e proteína, com média de 26 % tendo elevado valor biológico (BELTRÃO, 2006b).

Planta de elevada complexidade morfofisiológica, o algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. raça *Latifolium* Hutch.) apresenta metabolismo fotossintético C₃, pouco eficiente e ao longo do crescimento, seus órgãos vegetativos competem com os órgãos reprodutivos pelos fotoassimilados (BELTRÃO et al. 2008). É muito sensível aos estresses anoxícos e hipoxícos, apresenta ajustamento osmótico, além de outros mecanismos fisiológicos e bioquímicos, para resistência à seca e é, sabidamente, uma planta cultivada resistente aos sais do solo, até a condutividade elétrica de 9,0 dS m⁻¹, para perder pouco na capacidade de produção (em média de 20%) (BELTRÃO, 2006b). Segundo Carvalho et al. (2008), não é uma planta esgotante do solo, pois a quantidade de nutrientes retirada da lavoura pela fibra e pelas sementes é relativamente pequena, se comparada ao que é extraído por outras culturas de importância econômica.

Durante décadas, a cotonicultura despontou como atividade tradicional e de grande importância sócio-econômica para a região semiárida, em virtude, principalmente, do grande contingente de mão de obra nela envolvida, direta e indiretamente (BELTRÃO et al. 2011).

A cultura do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. raça *Latifolium* Hutch.), realizada em condições de sequeiro, tem importância social e econômica muito elevada para o agronegócio nordestino, em especial para os pequenos e médios produtores (BELTRÃO, 2006a), pois eles utilizam poucos insumos, o que resulta num custo de produção bem menor, em comparação com outros estados a exemplo do estado de Mato Grosso, nas condições de cerrado explorada por grandes produtores. Uma das grandes vantagens do cultivo do algodão no semiárido é que mais de 75% do custo de produção é com mão-de-obra, a maioria familiar, o que significa ocupação para milhares de trabalhadores rurais (BELTRÃO et al. 2009).

A região Nordeste e o Brasil já foram grandes produtores e exportadores de algodão, chegando à posição de 5º produtor mundial nas décadas de 1960 e 1970, e de 5º exportador de pluma, colocando no mercado internacional, mais de 420.000 t de pluma, no ano de 1969. Neste período, o nosso país, em especial a região Nordeste, que vivia e respirava algodão, o chamado “Ouro Branco”, tinha mais de 12% da área plantada com esta malvacea em todo o mundo (BELTRÃO, 2003a).

De acordo com Beltrão (2003a), até 1931, a Paraíba foi o maior produtor de algodão do Brasil, com produção de 23 milhões de quilos de algodão em caroço. O algodão foi, para Campina Grande, o epicentro do crescimento da cidade, atraindo comerciantes de todas as regiões da Paraíba e do Nordeste, fazendo com que ela crescesse mais, em especial depois que o caminhão substituiu o burro em 1910.

Em meados da década de 80 a eliminação precoce das tarifas alfandegárias usadas nas importações de algodão em pluma, com a propagação do bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman) como praga do algodoeiro, acelerou a crise ocorrida na produção de algodão no Brasil, levando o país à posição de grande importador, chegando a ser o segundo maior importador mundial de pluma de algodão (SANTOS et al. 2008).

No início do século XX, houve grandes esforços para que ocorresse a modernização da agricultura. Esses esforços foram concentrados na região Centro-sul através do uso de novas tecnologias de campo. No semiárido, onde se concentrava a maior parte da cotonicultura nordestina, a modernização não ocorreu. Isto pode ser explicado pela falta de interesse dos empresários da indústria têxtil pela matéria-prima regional, mas principalmente pelo tradicionalismo da estrutura de produção encontrado no campo (SANTOS et al. 2008).

A crise na cotonicultura nacional consolidou a extinção da produção de algodão arbóreo no Nordeste brasileiro. Atualmente nessa região, encontra-se em expansão a produção do algodão naturalmente colorido, que é um nicho de mercado para a agricultura familiar, no

entanto, essa cadeia produtiva necessita de políticas públicas efetivas voltadas para os agricultores familiares e as pequenas indústrias têxteis (SANTOS et al. 2008).

Nos últimos anos, o cultivo brasileiro de algodão passou de pequenas áreas com intensa utilização de mão de obra para grandes áreas planas e mecanizáveis no Centro-Oeste e na Bahia, e, mais recentemente, no Norte do país (BELTRÃO et al. 2011).

2.2 Algodão e biodiesel

Na atualidade, uma das maiores preocupações dos países recai sobre a questão energética. O interesse mundial pelo desenvolvimento dos biocombustíveis aumentou a partir de meados da presente década, em virtude de uma preocupação maior com o desenvolvimento de fontes energéticas renováveis e mais limpas, que permitam avançar na superação do atual paradigma, baseado nos combustíveis fósseis (COUTINHO et al. 2008). De acordo com Trzeciak et al. (2008), estudos evidenciam que as reservas comprovadas de petróleo no mundo somam aproximadamente 1,140 trilhão de barris e permitem suprir a demanda mundial por 40 anos apenas.

De acordo com Parente (2003), o que tem sido denominado de biodiesel é um combustível renovável, biodegradável e ambientalmente correto, sucedâneo ao óleo diesel mineral, constituído de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, obtidos da reação de transesterificação de qualquer triglicerídeo com um álcool de cadeia curta, metanol ou etanol, respectivamente. As matérias primas para a produção de biodiesel podem ter as seguintes origens: óleos vegetais, gorduras de animais e óleos e gorduras residuais.

A produção de biodiesel é vista como uma importante alternativa à diversificação da matriz energética, tanto brasileira como mundial. A produção deste combustível gera benefícios econômicos, sociais e ambientais, na medida em que gera emprego e renda, diminuindo a emissão de gases de efeito estufa, além de aumentar as divisas do país (TRZECIAK et al. 2008).

Os preços elevados do petróleo no mercado mundial e a pressão internacional para a redução da emissão de gases de efeito estufa estão acelerando a expansão dos cultivos de oleaginosas destinadas a produção de biodiesel, tanto para o mercado interno como para o externo (TRZECIAK et al. 2008). Porém, a necessidade real é poder contar com matérias-primas abundantes, baratas e de composição química adequada que permitam atender os parâmetros de qualidade do biodiesel em termos físico-químicos (DABDOUB et al. 2009).

Nesse cenário mundial, o Brasil tem papel de destaque, graças, principalmente, às suas vantagens comparativas, especialmente um amplo território com clima favorável ao cultivo de grande variedade de biomassa para fins alimentícios, químicos e energéticos, que podem ser

potencializados para a produção de biocombustíveis (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2003). O Brasil tem, pois, potencial para ser um exportador mundial de biomassa. Para a fabricação do biodiesel, destacam-se as seguintes oleaginosas: a mamona, o babaçu, o dendê, o nabo-forrageiro, a soja, o algodão, o girassol, a canola, o gergelim, o amendoim, etc., além de outras fontes como sebo bovino, óleo de frituras, algas e esgotos (BELTRÃO e LIMA, 2007).

No campo das oleaginosas, as matérias primas potenciais para a produção de óleo diesel vegetal e as vocações são bastante diversificadas, dependentemente da região considerada (PARENTE, 2003). O Nordeste brasileiro possui imensa diversidade de plantas oleaginosas cujo cultivo é restrito a fins alimentícios, que, na sua maioria, ainda precisam ser melhor estudadas, conservadas e, em alguns, casos preservadas (BELTRÃO e OLIVEIRA, 2007). De acordo com Parente (2003), no Nordeste, as culturas energéticas têm que se basear em lavoura de sequeiro, isto é, sem irrigação. Entre as possibilidades propostas a mamoneira e o algodoeiro se apresentam como viáveis, uma vez que podem conviver com o regime pluviométrico do semiárido.

É importante levar em consideração que os óleos vegetais como matérias-primas para biodiesel competem com o uso como alimentos e no setor químico (DABDOUB et al. 2009). Deve-se, contudo, produzir biodiesel atendendo também às necessidades de consumo humano e o algodão seria uma boa alternativa (CARVALHO et al. 2008). O algodão é um produto que tem mercado garantido dentro da própria região Nordeste e não é perecível o que se constitui em uma grande vantagem para o produtor (BELTRÃO 2006a).

Além das vantagens da planta do algodão e sua sincronia com o ambiente do Semiárido, há na região uma grande tradição para o cultivo desta oleaginosa. Sua cadeia, satisfatoriamente estruturada, coloca esta malvácea como uma das poucas opções fitotécnicas para a referida região, tanto para a fabricação de fibra, seu principal produto, quanto de óleo, utilizado para a alimentação humana e para a produção de biodiesel (BELTRÃO et al. 2009).

2.3 Silício

Mais de 60 elementos podem ser encontrados nas plantas e são classificados nas categorias de essenciais, benéficos ou tóxicos, conforme o efeito que causam no desenvolvimento do vegetal (KORNDÖRFER, et al. 2001). O silício é encontrado na natureza na forma de silicatos e, principalmente de sílica. É um elemento extremamente abundante na crosta terrestre (sobrepujado apenas pelo oxigênio) (LIMA FILHO, 2010). Apesar disso, mesmo sabendo que a maioria dos solos contém consideráveis quantidades de Si, cultivos intensivos podem reduzir rapidamente o teor deste elemento no solo (KORNDÖRFER, 2006).

Apesar das recentes indagações sobre o seu papel nas plantas, o Si continua sendo considerado apenas como um elemento benéfico, por induzir efeitos positivos, principalmente, quando a planta se encontra sob situação de estresse (KORNDÖRFER, et al. 2001).

No solo, o silício pode aparecer na fase sólida (formas amorfas e formas cristalinas) e na fase líquida (ácido monossilícico, ácido polissilícico, complexos com compostos orgânicos, compostos organossilícicos) e quanto maior o teor de argila na sua composição, maior o teor de silício (Si) disponível. O silício é absorvido pelas plantas na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4), disponível na solução do solo, e, através de transportadores, se acumula principalmente na parte aérea, junto à cutícula, como ácido silícico polimerizado (KORNDÖRFER, 2007).

Os silicatos são as principais fontes de silício para a agricultura. Um número grande de materiais tem sido utilizado como fontes de silício para as plantas, dentre os quais se destacam, as escórias de siderurgia, a vollastonita, subprodutos da produção de fósforo elementar, o silicato de cálcio, o silicato de sódio, o cimento, o termofosfato, o silicato de magnésio (serpentinito) e o silicato de potássio. A vollastonita é um silicato de cálcio muito empregado em experimentação como fonte de silício. As escórias de siderúrgicas são as fontes mais abundantes e mais utilizadas de silicatos na agricultura (KORNDÖRFER e OLIVEIRA, 2010).

De acordo com Lima Filho (2010), para uso no solo, as escórias siderúrgicas apresentam grande potencial comercial, em virtude do expressivo parque siderúrgico e a possibilidade de produção que atenda o mercado interno. Para aplicação foliar, tem-se o silicato de potássio, que tem efeito antiestressante nas plantas em muitas situações.

Nas plantas, o silício se concentra nos tecidos de suporte, no caule e nas folhas, podendo ser encontrado em pequenas quantidades nos grãos (KORNDÖRFER, 2007). É depositado como sílica amorfa hidratada, principalmente no retículo endoplasmático, em espaços intercelulares e paredes celulares (TAIZ e ZEIGER, 2004).

A deposição de sílica na parede das células torna a planta mais resistente à ação de fungos e insetos. Isso ocorre pela associação da sílica com constituintes da parede celular, tornando-as menos acessíveis às enzimas de degradação (resistência mecânica) dos invasores. Além desses efeitos sobre pragas, a deposição de sílica na parede das células ameniza os efeitos da transpiração, e confere maior eficiência fotossintética às plantas (KORNDÖRFER, 2007). O silício pode também, amenizar a toxicidade de vários metais pesados (TAIZ e ZEIGER, 2004).

De acordo com Oliveira et al. (2010), a absorção de silício está relacionada a alguma forma de defesa, seja contra estresse biótico ou abiótico; assim as plantas absorvem mais esse

elemento em condições de estresse, possibilitando maior resitência. Segundo Lima Filho (2010), o silício deve ser aplicado nas plantas antes da ocorrência de estresses.

Moraes et al. (2010), sugerem que os mecanismos de ação do silício envolvidos na interação planta e inseto-praga estão relacionados com a formação de uma barreira física e/ou a produção de compostos secundários – defesa química. Além disso, as linhas de defesa podem ocorrer devido ao tratamento das plantas com alguma fonte de silício, denominada de resistência constitutiva, ou induzida pelas injúrias dos insetos.

O silício é considerado um elemento agronomicamente benéfico para muitas monocotiledôneas tais como arroz, cana-de-açúcar, cereais de inverno e para algumas dicotiledôneas (RODRIGUES, 2010). É na cultura do arroz que o silício é mais estudado, onde se percebe com maior facilidade a importância deste elemento na redução da intensidade de várias doenças (RODRIGUES et al. 2011).

O uso de silicato na agricultura, além de contribuir para o fornecimento de nutrientes (Ca, Mg e Si) e para a correção da acidez do solo, pode se constituir em parte importante do manejo integrado de pragas, especialmente por intermédio da indução de resistência às plantas (RODRIGUES et al. 2011).

De acordo com Lima Filho (2005), há uma lista incompleta e extensa com os processos estruturais e características das plantas que podem influenciados pelo silício tais como: aumento da resistência das plantas a pragas e doenças; diminuição da toxidez do solo; diminuição da transpiração excessiva, aumentando a resistência a veranicos; aumento da proteção contra temperaturas extremas e ao estresse salino; promoção da lignificação das folhas favorecendo a fotossíntese, dentre outros.

2.4 Ácido Salicílico

O ácido salicílico (AS) pertence ao grupo bastante diverso dos compostos fenólicos. É amplamente distribuído nas plantas tanto nas folhas quanto nas estruturas reprodutivas (COLLI, 2008). O efeito mais notável que se conhecia do ácido salicílico era na termogênese da planta, ele atuaria como um sinal químico para iniciar este evento. Também está envolvido na defesa das plantas contra o ataque de microorganismos como fungos, bactérias e vírus e está relacionado com a formação de caules e raízes adventícias (HINOJOSA, 2005). Tanto o ácido salicílico quanto o ácido acetilsalicílico podem induzir a produção de, pelo menos, 5 grupos de proteínas relacionadas à patogenicidade, como a chiquinase e a β -1,3 glucanase, mesmo na ausência do patógeno. Um aumento na concentração de ácido salicílico livre foi observado próximo às lesões ocasionadas por esses microorganismos. (COLLI, 2008).

Há vários estudos sugerindo que ácido salicílico endógeno em plantas desempenha um papel crítico na patogênese pelo seu efeito direto sobre o patógeno (SHAH, 2003). Quando uma planta é atacada por uma doença ou praga, ela produz ácido salicílico para avisar o resto da planta que está sendo afetado, para que ela aumente suas defesas (USAID-RED, 2006). De acordo com Raskim, (1992), a resistência a patógenos em plantas pode ser induzida por ácido salicílico, mesmo na ausência de patogenicidade de organismos, pois alguns dos efeitos de ácido salicílico em plantas também estão associados com redução de sintomas da doença.

O ácido salicílico é um dos compostos essenciais para a estimulação das defesas em plantas pela capacidade de se movimentar e estimular a proteção sistêmica da planta. É altamente móvel na planta, protegendo as partes não abrangidas pela aplicação foliar ou aplicada pelo sistema de irrigação a ser absorvida pelo sistema radicular. É um mensageiro interno natural das plantas, não tendo nenhum efeito direto sobre as plantas, funcionando como um ativador de resistência. Quando aplicado externamente tem efeito preventivo e não, curativo. Após a sua aplicação exógena, a planta leva 4-7 dias para aumentar suas defesas. O problema é que, sua vida dentro da planta é muito curta para ser imobilizada em paredes das células, tornando-se assim necessário para a aplicação rotineira, a fim de manter a cultura com altos níveis de resistência (USAID-RED, 2006).

De acordo com Sánchez et al. (2010), os resultados de uma extensa pesquisa sobre as duas últimas décadas têm demonstrado que ácido salicílico desempenha um papel importante em vários aspectos de respostas de defesa após o ataque de um patógeno. Estas incluem, entre outros, a ativação de morte celular, expressão de proteínas PR e indução de resistência local e sistêmica para a doença.

Para Raskin (1992a), todas as evidências experimentais sustentam a hipótese que o ácido salicílico atua como um hormônio vegetal, pois cumpre os critérios essenciais de uma molécula de sinalização, a saber: (a) induz resistência a patógenos; (b) induz proteínas PR; (c) aumenta os níveis locais e sistêmicos após o ataque de patógenos, e (d) se move em toda a planta via floema. Embora todas as indicações de que o ácido salicílico regula alguns aspectos de resistência às doenças e da termogênese, ainda é necessário compreender a relação bioquímica entre a ação do ácido salicílico na resistência de plantas a doenças.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Condições Experimentais

3.1.1 Local do Experimento

O presente trabalho foi desenvolvido em condições de Casa de Vegetação (Figura 1) pertencente à Embrapa Algodão, na cidade de Campina Grande/PB, no período de fevereiro a maio de 2012, cujas coordenadas geográficas são as seguintes: 7°15'18'' de latitude Sul, 35°52'28'' de longitude oeste do meridiano de Greenwich, tendo altitude de 547,56 m. Neste período foram também registradas a temperatura e a umidade relativa do ar dentro da casa de vegetação (Tabela 1).



Foto: Angélica Vilar

Figura 1. Local de desenvolvimento do Experimento. Casa de Vegetação - Embrapa Algodão, Campina Grande/PB, 2012.

Tabela 1 – Média diária da temperatura e umidade relativa do ar na casa de vegetação, Embrapa Algodão, Campina Grande, PB. 2012.

Meses	Temperatura (°C)			Umidade Relativa do ar (%)
	Média	Máxima	Mínima	
Janeiro	24,7	29,7	21,9	64
Fevereiro	25,0	29,8	21,9	70
Março	26,3	31,6	22,9	73
Abril	26,2	32,1	22,9	69
Mai	25,0	29,8	22,3	74

3.1.2 Características Climáticas

A cidade de Campina Grande tem clima do tipo Aw'i, segundo a classificação climática de Köppen, considerado como seco sub-úmido. O período chuvoso está situado entre os meses de março a julho com precipitação pluviométrica em torno de 800 mm (1974-2004). A temperatura máxima média anual é de 28,7 °C e a mínima de 19,8 °C variando pouco ao longo do ano (SOUSA JÚNIOR, 2006).

3.1.3 Características Edáficas

O solo utilizado foi proveniente do município de Apodi, RN. Foram feitas as análises químicas no Laboratório de Solos da Embrapa Algodão, cujas características estão dispostas na Tabela 2.

Tabela 2. Análise química do solo utilizado no experimento. Embrapa Algodão, Campina Grande, PB. 2011.

Características Químicas								
pH	M.O.	P	V	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³
	(%)	(mg dm ⁻³)	(%)	----- (cmol _c dm ⁻³) -----				
6,5	10,2	22,5	82	6,2	0,5	31,0	20,5	0,5

3.1.4 Delineamento Experimental

Para a realização do experimento, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com esquema fatorial 4 X 4, constituído por quatro concentrações de silício (SI) (0; 40; 80 e 120 g L⁻¹) e quatro concentrações de ácido salicílico (AS) (0; 5,0; 10,0 e 15,0 mM), com três repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi

constituída por um vaso plástico com capacidade para 20 L padronizado com a cor prata (Figura 2) e uma planta. A cada quinze dias foi efetuado o rodízio dos vasos dentro da casa de vegetação.



Foto: Angélica Vilar

Figura 2. Disposição dos vasos em Casa de Vegetação, Embrapa Algodão, Campina Grande, 2012.

3.1.5 Tratamentos

- T1 - 0,0 mM ácido salicílico + 0,0 g L⁻¹ silicato de potássio;
- T2 - 0,0 mM ácido salicílico + 40,0 g L⁻¹ silicato de potássio;
- T3 - 0,0 mM ácido salicílico + 80,0 g L⁻¹ silicato de potássio;
- T4 - 0,0 mM ácido salicílico + 120,0 g L⁻¹ silicato de potássio;
- T5 - 5,0 mM ácido salicílico + 0,0 g L⁻¹ silicato de potássio;
- T6 - 5,0 mM ácido salicílico + 40,0 g L⁻¹ silicato de potássio;
- T7 - 5,0 mM ácido salicílico + 80,0 g L⁻¹ silicato de potássio;
- T8 - 5,0 mM ácido salicílico + 120,0 g L⁻¹ silicato de potássio;
- T9 - 10,0 mM ácido salicílico + 0,0 g L⁻¹ silicato de potássio;
- T10 - 10,0 mM ácido salicílico + 40,0 g L⁻¹ silicato de potássio;
- T11 - 10,0 mM ácido salicílico + 80,0 g L⁻¹ silicato de potássio;
- T12 - 10,0 mM ácido salicílico + 120,0 g L⁻¹ silicato de potássio;
- T13 - 15,0 mM ácido salicílico + 0,0 g L⁻¹ silicato de potássio;
- T14 - 15,0 mM ácido salicílico + 40,0 g L⁻¹ silicato de potássio;
- T15 - 15,0 mM ácido salicílico + 80,0 g L⁻¹ silicato de potássio;
- T16 - 15,0 mM ácido salicílico + 120,0 g L⁻¹ silicato de potássio;

3.1.6 Caracterização da Cultivar

A cultivar BRS 8H, destaca-se entre as cultivares de algodoeiro recomendadas para o plantio no semiárido nordestino por ser uma das cultivares de algodão produzido no Nordeste mais resistente à seca que existiu até hoje. Tem ciclo médio de 120 a 130 dias, capulhos grandes, com média de 6,5 g, produtividade em sequeiro no semiárido superior a 2,0 t/ha de algodão em caroço, resistente a viroses e a bacteriose com percentagem média de fibra de 38,7% (BELTRÃO, 2003b).

3.1.7 Caracterização dos Fatores utilizados

Foram analisados os efeitos dos fatores silício, cuja fonte foi o silicato de potássio líquido com as seguintes garantias: 12% de Silício (Si); 15% de Potássio (K_2O) (p/p) e densidade de 1,4 kg L⁻¹ e do ácido salicílico p. a. (puro para análise) em pó, isolados e conjuntos sobre o crescimento e bioquímica do algodoeiro herbáceo cultivar BRS 8H.

3.2 Instalação e Condução do Experimento

3.2.1 Adubação do solo

A partir das análises químicas do solo, foram aplicados em fundação, 50 mg dm³ de fósforo na forma de superfosfato triplo (TSP) e 30 mg dm³ de potássio na forma de cloreto de potássio (KCl). A adubação nitrogenada (Figura 3A) foi feita em cobertura na forma de uréia, onde foram aplicados 30 mg dm³, fracionados em três aplicações aos 10, 20 e 30 dias após a emergência das plântulas.

3.2.2 Semeadura

As sementes deslintadas e tratadas da cultivar BRS 8H, foram fornecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (CNPA) da Embrapa.

Foram semeadas por vaso, 5 sementes de algodão BRS 8H. A emergência das plântulas (Figura 3B) ocorreu aos 6 dias após o plantio e o desbaste foi feito aos 07 dias após a emergência das plântulas, deixando-se uma planta por vaso até o término do experimento.



Figura 3. Adubação de cobertura aos 20 dias após emergência (A). Plântulas de algodoeiro aos 3 DAE (B). Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, 2012.

3.2.3 Aplicação dos tratamentos

Os tratamentos foram fracionados em duas aplicações, sendo a primeira aos 15 dias após a emergência e a segunda aos 30 dias após a emergência, através de pulverizações na parte abaxial e adaxial das folhas até o ponto de escorrimento, com o auxílio de um pulverizador manual de compressão prévia com capacidade de 3 L e bico de 30 mm.

3.2.4 Irrigação e tratos fitossanitários

A irrigação foi realizada diariamente, de acordo com a necessidade hídrica das plantas, pois os vasos eram perfurados e, portanto, drenados naturalmente para não deixar a planta entrar em ponto de murcha. Todos os tratos fitossanitários foram feitos de acordo com as recomendações feitas pela Embrapa Algodão.

3.3 Variáveis analisadas

3.3.1 Análise do crescimento

A principal função da análise de crescimento é conhecer as diferenças estruturais funcionais entre cultivares de uma mesma espécie vegetal, de forma selecionar aquelas que manifestem melhores rendimentos (BENINCASA, 2003).

A partir dos 20 dias após a emergência das plântulas, foram avaliadas, a cada 20 dias, as seguintes variáveis: altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar (AF). A altura das plantas, obtida em cm, foi medida com o auxílio de uma régua (Figura 4A), tomando-se como referência a distância do colo da planta até a inserção da última folha formada. O diâmetro do

caule foi medido com uso de um paquímetro digital (Figura 4B), a uma altura aproximada de 2 cm do solo, entre a superfície do substrato e o primeiro par de folhas.

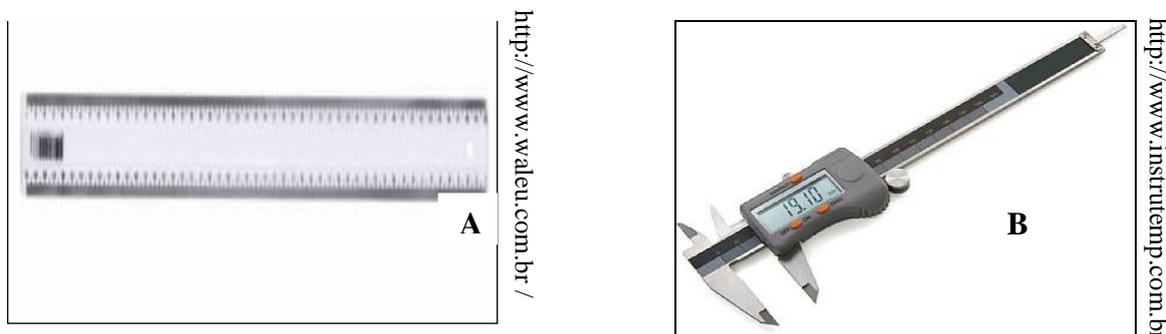


Figura 4. Régua utilizada para as medições de altura de planta e área foliar (A). Paquímetro digital utilizado para as medições de diâmetro caulinar (B).

A contagem das folhas foi feita considerando-se aquelas completamente expandidas e em estado funcional na planta. O cálculo da área foliar/folha foi feito através da seguinte equação (GRIMES e CARTER, 1969):

$$Y = 0,4322x^{2,3002} \quad (\text{cm}^2) \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: Y = área foliar folha⁻¹, cm²; x = comprimento da nervura principal da folha, cm.

A área foliar por planta foi determinada, multiplicando-se os valores da área foliar folha pelo número de folhas de cada planta.

3.3.2 Produção e partição de massa seca

Realizou-se por ocasião da coleta das plantas (aos 100 DAE), a separação das raízes, folhas e caules, os quais foram acondicionados em sacos de papel perfurados e colocados em estufa a 65° C, para secagem até peso constante; em seguida, procedeu-se a pesagem desse material, obtendo-se a massa seca da raiz (MSR), caule (MSC) e folhas (MSF), cujo somatório resultou na massa seca total (MST). Com o somatório da massa seca dos caules e folhas obtivemos a massa seca da parte aérea (MSPA).

3.3.3 Razão de área foliar (RAF)

É a relação entre área foliar específica e a razão de peso foliar, isto é, representa área foliar disponível para ocorrer à fotossíntese (OLIVEIRA et al. 2002). É dada pela Equação:

$$\text{RAF} = \frac{\text{AF}}{\text{MST}} \quad (\text{dm}^2 \cdot \text{g}^{-1}) \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: AF = Área foliar (cm²); MST = massa seca total da planta (g).

3.3.4 Área Foliar Específica (AFE)

Relaciona a superfície da folha com o peso da própria folha, significando a disponibilidade de área foliar em cada grama de folha (indicador de espessura foliar) (OLIVEIRA et al. 2002). É dada pela equação de Oliveira et al. (2002) adaptada:

$$AFE = \frac{AF}{MSF} \text{ (dm}^2 \cdot \text{g}^{-1}\text{);} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde: AF = área foliar (cm²); MSF = massa seca da folha (g).

3.3.5 Razão de Peso Foliar (RPF)

É a fração de matéria seca produzida pela fotossíntese, não utilizada na respiração, nem exportada para outras partes da planta, retida nas folhas; representa o quanto à planta investiu da sua produção via fotossíntese para as folhas. É um cálculo adimensional (OLIVEIRA et al. 2002). É dada pela equação de Oliveira et al. (2002) adaptada:

$$RPF = \frac{MSF}{MST} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde: MSF = massa seca da folha (g); MST = massa seca total da planta (g).

3.3.6 Teor de Pigmentos Fotossintetizantes

Os métodos tradicionais utilizados para determinar a quantidade de clorofila na folha requerem destruição de amostras de tecido, muito trabalho nos processos de extração e quantificação e demandam o uso de grandes quantidades de reagentes. O recente desenvolvimento de um medidor portátil de clorofila, que permite medições instantâneas do valor correspondente ao seu teor na folha sem destruí-la, constitui uma alternativa para estimar o teor relativo desse pigmento na folha.

De acordo com Sofiatti et al. (2009), o clorofilômetro possui diodos que emitem luz na faixa do vermelho e infravermelho. Durante a mensuração, a luz passa pela folha e é recebida por um fotodiodo, onde é convertida primeiramente em sinais analógicos e depois convertidos em sinais digitais. Após a leitura o próprio aparelho utiliza equações matemáticas que convertem os valores de absorbância em um índice que é relacionado com os teores de pigmentos fotossintéticos.

Com o índice obtido no clorofilômetro pode-se estimar a concentração de clorofila em uma amostra, utilizando modelos matemáticos que expressem a relação entre o conteúdo de pigmentos extraídos pelo método tradicional e a leitura feita no clorofilômetro portátil (SOFIATTI et al. 2009).

A determinação da leitura de clorofila do algodão foi realizada aos 100 DAE, por ocasião do desbaste final, mediante a utilização do medidor eletrônico de teor de clorofila portátil modelo CFL1030 (FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTD. 2008). As leituras de clorofila foram obtidas pela média das leituras realizadas em três diferentes folhas de cada planta.

3.3.7 Extração e Determinação da Atividade Enzimática: peroxidase

Para a extração e determinação da atividade enzimática serão seguidas indicações de Zeraik et al. (2008).

- **Procedimento para obtenção do extrato enzimático:**

Foram pesados 0,2 g de matéria fresca em balança de precisão (Mod. FA – 2104N, Bioprecisa®) (Figura 5A), essa amostra foi macerada em nitrogênio líquido usando almofariz e pistilo até a obtenção de um pó homogêneo (Figura 5B). Em seguida, adicionou-se 1,5 mL de tampão de extração {100 mM fosfato de potássio (pH 7.8), 0,1 mM EDTA e 10 mM ácido ascórbico com 20 mg de polivinilpirrolidona (PVPP)}, e continuou-se macerando até completar um minuto. Após esse tempo, transferiu-se tudo para um microtubo e centrifugou-se a 13.000 g por 10 minutos a 4^oC. Armazenou-se o sobrenadante em três microtubos em refrigerador a -80^oC para ser utilizado como fonte enzimática (Figura 5C).



Figura 5. Balança de precisão (Mod. FA – 2104N, Bioprecisa®) (A). Maceração de matéria fresca em nitrogênio líquido (B). Microtubo contendo o extrato enzimático macerado, para posterior armazenamento em refrigerador a -80^oC (C). Fotos: Angélica Vilar, Embrapa Algodão, Campina Grande – PB, 2011.

- **Procedimento para Determinação da Atividade da Peroxidase**

Em cubeta de quartzo, adicionou-se 1mL de solução tampão fosfato 0,1 mol L⁻¹ (pH 6,5), 1,0 mL de guaicol 15 mmol L⁻¹ e 1,0 mL de peróxido de hidrogênio 3 mmol L⁻¹. Em seguida, homogeneizou-se a solução acrescentando-se 50 µL do extrato enzimático, medindo-se após um minuto, a absorbância do tetraguaiacol formado em 470nm em espectrofotômetro. Para o cálculo da atividade enzimática, U mL⁻¹, foi empregada a equação seguinte:

$$U \text{ mL}^{-1} = \frac{A}{\epsilon} \times \frac{1}{V_e} \times FD \times \frac{1}{t} \times 1000 \quad (\text{Eq. 5})$$

Sendo: U mL⁻¹ = unidade de atividade da peroxidase por mL; A = absorbância; ϵ = absortividade molar do tetraguaiacol (26.600 L mol⁻¹ cm⁻¹); Ve = volume da solução de enzima utilizada no ensaio (mL); t = tempo de reação em min e FD = fator de diluição (diluição do extrato bruto enzimático).

3.4 Análise dos resultados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 1% (***) 5% (**) e 10% (*) de probabilidade. Para os fatores quantitativos, foi realizada a análise de regressão polinomial com o uso do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000). Os ajustes das curvas foram realizados pelas funções linear e quadrática, conforme coeficiente de determinação, por meio do programa SIGMAPLOT® 11.2 (2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características de crescimento

4.1.1 Altura de planta (cm)

Os resultados obtidos para altura da planta estão presentes na Tabela 3. É possível observar que houve efeitos significativos ao nível de 1% e 5% de probabilidade do ácido salicílico e do silício respectivamente, sobre o crescimento das plantas em altura aos 20 e 40 dias após a emergência (DAE), com ajustes ao modelo quadrático para as concentrações de silício e de ácido salicílico, no entanto, não houve efeito significativo para as demais épocas de avaliação. Também, não houve interação significativa entre os fatores para essa variável estudada.

Tabela 3. Resumos das análises de variância para a variável de crescimento altura de planta (AP) aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após a emergência (DAE) em função da aplicação de concentrações de silício e ácido salicílico. Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.

F.V.	G.L.	Quadrados Médios				
		Altura da planta (cm)				
		20 dias	40dias	60 dias	80 dias	100 dias
Silício (SI)	3	27.65**	30.45**	11.36 ^{ns}	8.72 ^{ns}	12.07 ^{ns}
Linear	1	37.20**	44.29**	3.01 ^{ns}	1.50 ^{ns}	0.47 ^{ns}
Quadrática	1	0.25 ^{ns}	0.88 ^{ns}	1.17 ^{ns}	11.60 ^{ns}	13.44 ^{ns}
Cúbica	1	45.50**	46.20**	29.89 ^{ns}	13.07 ^{ns}	22.33 ^{ns}
Ácido Salicílico (AS)	3	38.40***	27.39**	3.82 ^{ns}	2.52 ^{ns}	6.36 ^{ns}
Linear	1	0.31 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.20 ^{ns}	2.40 ^{ns}	16.96 ^{ns}
Quadrática	1	43.51**	48.20**	10.36 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.56 ^{ns}
Cúbica	1	71.39***	33.97*	0.90 ^{ns}	5.10 ^{ns}	1.56 ^{ns}
SI X AS	9	2.86 ^{ns}	7.63 ^{ns}	20.02 ^{ns}	32.50 ^{ns}	31.85 ^{ns}
Resíduo	30	8.57	9.30	15.33	21.03	26.28
Total	47					
C.V. (%)		19.03	12.06	12.42	11.23	11.92
Média		15.39	25.29	31.52	40.83	42.99

*** significativo a 1% de probabilidade; ** significativo a 5% de probabilidade; * significativo a 10% de probabilidade; ^{ns} não significativo; pelo teste F.

Analisando-se os resultados do efeito do silício sobre a altura da planta ao longo do crescimento do algodoeiro, observa-se que, aos 20 DAE, a altura de planta do algodoeiro cultivar BRS 8H foi aumentada com o incremento das concentrações de silício até o limite ótimo de $86,87 \text{ g L}^{-1}$ que proporcionou uma altura máxima de 16,37 cm, enquanto que, aos 40 DAE, a dosagem ótima e altura máxima obtidas foram de $84,17 \text{ g L}^{-1}$ e 26,62 cm, respectivamente (Figura 6), demonstrando assim, uma resposta positiva da cultura à aplicação do silício via foliar.

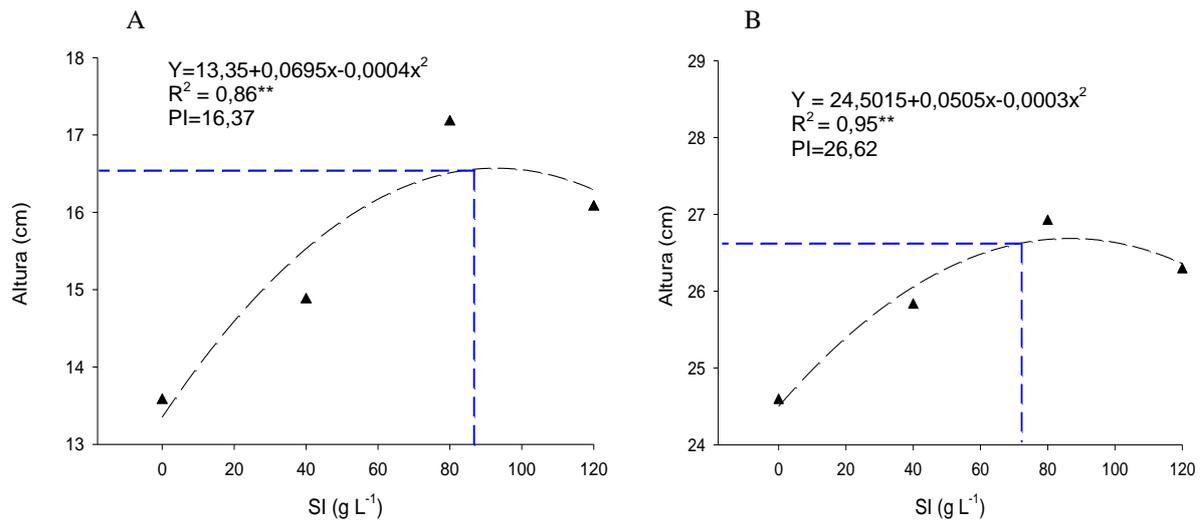


Figura 6. Altura da planta de algodão cv. BRS 8H, em resposta a diferentes concentrações de SI aos 20 DAE (A) e aos 40 DAE (B). Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.

Observou-se portanto, que, concentrações maiores que $86,87 \text{ g L}^{-1}$ provocam redução no crescimento em altura das plantas de algodão. Acredita-se que a aplicação foliar de silício em doses maiores que $86,87 \text{ g L}^{-1}$, podem provocar fitotoxidez às plantas de algodoeiro, pois Moraes et al. (2008), constataram que concentrações maiores que 40 g L^{-1} de silicato de potássio, mostraram ser prejudiciais à cana-de-açúcar provocando fitotoxidez.

Entre os diversos componentes do ambiente, a luz é primordial para o crescimento das plantas, dessa forma, modificações nos níveis de luminosidade aos quais uma espécie está adaptada podem condicionar diferentes respostas fisiológicas em suas características bioquímicas, anatômicas e de crescimento (ATROCH et al. 2001). Possivelmente, este comportamento sobre a altura de planta (cm) está associado ao fato de o Si ser acumulado nas células epidérmicas da parte aérea o que favorece um melhor aproveitamento da luz pela planta (KORNDORFER et al. 1999).

Resultados semelhantes foram encontrados por Ferraz et al. (2012) que constataram efeitos significativos na aplicação foliar do silício na altura (cm) do algodoeiro com concentrações de até 94,3 mg L⁻¹, concentrações maiores promoveram decréscimos na altura da planta. Brito Neto et al. (2012), em estudos realizados com a aplicação de 4 concentrações de silício (0, 40, 80, 120 g L⁻¹), e 4 concentrações de Ácido Salicílico (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em plantas de mamoneira evidenciaram efeitos significativos apenas para a aplicação foliar de silício na altura de planta, sendo que a dose de 120 g L⁻¹ promoveu maior eficiência física. Também não houve interações significativas entre os fatores estudados.

Freitas et al. (2011) analisaram o crescimento de plantas de milho sob a aplicação foliar de silício na forma de silicato de potássio com as concentrações de 130, 260, 390 e 520 g ha⁻¹ de Si e concluíram que a altura de planta não foi influenciada por diferentes concentrações de Si. Guerreiro et al. (2011) também analisaram a altura de plantas de rúcula em relação as concentrações de silício aplicadas via foliar de 0,0; 0,075; 0,150; 0,225; 0,300 mL vaso⁻¹ e constataram que não houve efeito significativo sobre a cultura estudada.

Ao analisar os efeitos do ácido salicílico sobre a altura de planta aos 20 DAE e 40 DAE (Figura 7), observa-se que a aplicação da solução com concentração até 7,95 e 8,38 mM de ácido salicílico provocou a diminuição na altura de planta, a um valor mínimo de 13,19 e 25,08 cm respectivamente, havendo a partir desse limite, aumento da altura com o incremento da concentração atingindo 15,25 e 26,01 cm com a concentração máxima de 15 mM para as duas épocas (20 e 40 DAE).

O As é um composto fenólico que pode também interferir com a biossíntese e ação do etileno (RASKIN 1992b), tendo em vista que o etileno exerce efeitos sobre o crescimento da planta é possível concluir que esses resultados corroboram as informações de Kerbauy (2008), ao afirmar que o ácido salicílico é um hormônio vegetal que, quando aplicado exogenamente, pode inibir o crescimento da planta ou aumentá-lo, dependendo da concentração utilizada, da espécie e condições de cultivo. Entretanto, a aplicação da solução mais concentrada, promoveu incremento nos valores para essa variável em ambas as épocas de avaliação (Figura 7).

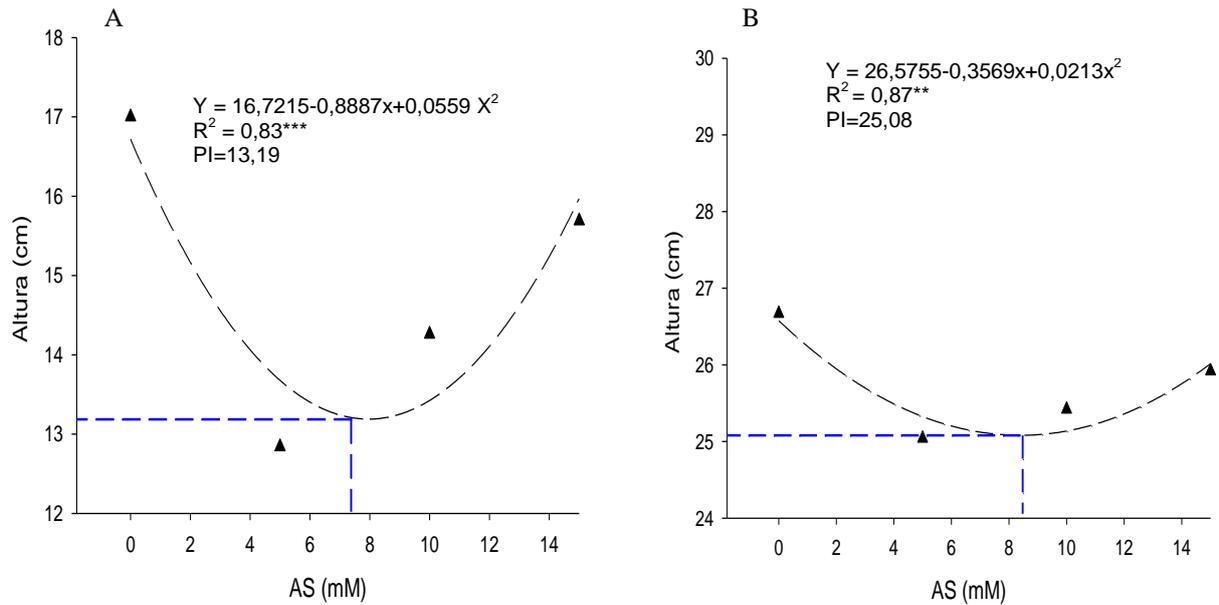


Figura 7. Altura da planta de algodão cv. BRS 8H, em resposta a diferentes concentrações de AS aos 20 DAE (A) e aos 40 DAE (B). Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.

Portanto, os resultados obtidos, estão de acordo com as afirmações de Yao e Tian (2005) de que a aplicação exógena nas plantas também pode desencadear rotas fundamentais para o crescimento e o desenvolvimento, bem como a expressão de genes relacionados à defesa, produzindo compostos como alcalóides e polifenóis, resultando na defesa, proteção e resistência aos patógenos, sendo considerado um elicitador abiótico.

4.1.2 Diâmetro caulinar (cm)

Pelos resumos das análises de variância (Tabela 4), não houve efeitos significativos dos fatores silício e ácido salicílico estudado, sobre o crescimento da planta em diâmetro caulinar, não havendo ajuste das concentrações estudadas de silício e ácido salicílico a nenhum modelo matemático. Brito Neto et al. (2012), em estudos realizados com a aplicação de 4 concentrações de silício (0, 40, 80, 120 g L⁻¹) e 4 concentrações de ácido salicílico (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em plantas de mamoneira, também verificaram não haver influência significativa dos fatores estudados, bem como de suas interações sobre o diâmetro caulinar das plantas.

Tabela 4. Resumos das análises de variância para a variável de crescimento diâmetro caulinar (DC) aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após a emergência (DAE) em função da aplicação de concentrações de silício e ácido salicílico. Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.

F.V.	G.L.	Quadrados Médios				
		Diâmetro caulinar (cm)				
		20 dias	40dias	60 dias	80 dias	100 dias
Silício (SI)	3	0.23 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.12 ^{ns}
Linear	1	0.38 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.03 ^{ns}
Quadrática	1	0.01 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.22 ^{ns}
Cúbica	1	0.31 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.10 ^{ns}
Ácido Salicílico (AS)	3	0.25 ^{ns}	0.38 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.20 ^{ns}	0.08 ^{ns}
Linear	1	0.06 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.61 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.21 ^{ns}
Quadrática	1	0.29 ^{ns}	0.65 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.00 ^{ns}
Cúbica	1	0.41 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.03 ^{ns}
SI X AS	9	0.08 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.18 ^{ns}
Resíduo	30	0.14	0.20	0.22	0.17	0.30
Total	47					
C.V. (%)		12.61	8.64	8.23	6.54	8.15
Média		2.96	5.19	5.78	6.41	6.73

*** significativo a 1% de probabilidade; ** significativo a 5% de probabilidade; * significativo a 10% de probabilidade; ^{ns} não significativo; pelo teste F.

Contrariamente a esses resultados, Villanueva-Couoh et al. (2009), estudando os efeitos da pulverização das seguintes concentrações de ácido salicílico (AS) 10^{-6} , 10^{-8} e 10^{-10} M no crescimento de plantas de crisântemo, constataram aumentos significativos nas medições de diâmetro caulinar. Claudino et al. (2012), estudando o efeitos das concentrações de (0, 30, 60 e 90 mg L⁻¹) sobre o diâmetro caulinar de plantas de gergelim, também constataram aumentos significativos com a aplicação da dose de 90 mg L⁻¹. O diâmetro caulinar é uma medida do crescimento da planta, assim a altura de planta e a área foliar, além da produção de fitomassa, no sentido ecofisiológico, e cada um deles tem sua sensibilidade aos fatores exógenos ande a planta esta sendo cultivada, e daí as diferenças obtidas para os fatores estudados.

4.1.3 Área Foliar (cm²)

A área foliar da planta é a base de rendimento de uma cultura (PEREIRA et al. 1997), uma vez que o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e sua conversão em energia química, é pois uma variável indicativa da produtividade, (FAVARIN et al. 2002). Segundo Silva et al. (2005), o conhecimento da área foliar permite estimar a perda de água, já que as folhas são os principais órgãos responsáveis pelo processo de transpiração e pelas trocas gasosas que existe entre a planta e o meio ambiente, com destaque para a assimilação clorofiliana, que envolve um conjunto complexo de reações fotoquímicas e bioquímicas , além de físicas (etapa difusiva da fotossíntese).

Os resultados obtidos para área foliar de planta (cm²) estão dispostos na Tabela 5. Verifica-se que não houve efeito isolado das concentrações de silício sobre a área foliar das plantas do algodoeiro BRS 8H, não se ajustando a nenhum modelo matemático. Moraes et al. (2008), testaram em casa de vegetação, os efeitos da aplicação foliar de silício na cultura da cana-de-açúcar utilizando cinco concentrações de silicato de potássio (0, 40, 80, 160, 200, 240 g L⁻¹) e concluíram que concentrações maiores que 40 g L⁻¹ de silicato de potássio mostraram ser prejudiciais à cana-de-açúcar provocando fitotoxidez; em contra partida a concentração de 40 g L⁻¹ utilizada, mostrou ser benéfica, contribuindo de forma positiva para o aumento da produção da área foliar da cana-de-açúcar.

Tabela 5. Resumos das análises de variância para a variável de crescimento área foliar (AF) aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após a emergência (DAE) em função da aplicação de concentrações de silício e ácido salicílico. Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.

F.V.	G.L.	Quadrados Médios				
		Área foliar (cm ²)				
		20 dias	40dias	60 dias	80 dias	100 dias
Silício (SI)	3	3328.43 ^{ns}	10204.20 ^{ns}	44646.85 ^{ns}	45267.01 ^{ns}	46782.34 ^{ns}
Linear	1	6957.85 ^{ns}	6434.60 ^{ns}	33257.08 ^{ns}	93937.99 ^{ns}	89326.97 ^{ns}
Quadrática	1	396.52 ^{ns}	21178.92 ^{ns}	69882.41 ^{ns}	35248.97 ^{ns}	23336.40 ^{ns}
Cúbica	1	2630.92 ^{ns}	2999.09 ^{ns}	30801.06 ^{ns}	6614.05 ^{ns}	27683.64 ^{ns}
Ácido Salicílico (AS)	3	13117.02**	29025.07 ^{ns}	7192.28 ^{ns}	34087.02 ^{ns}	117198.32*
Linear	1	3353.28 ^{ns}	22376.43 ^{ns}	19884.77 ^{ns}	78229.06 ^{ns}	250775.41**
Quadrática	1	15453.52*	57272.85*	1673.59 ^{ns}	4774.63 ^{ns}	100814.08 ^{ns}
Cúbica	1	20544.25**	7425.94 ^{ns}	18.47 ^{ns}	19257.37 ^{ns}	5.45 ^{ns}
SI X AS	9	3643.41 ^{ns}	39308.94**	68163.61**	83754.17**	111722.76**
Resíduo	30	4500.79	18022.51	30856.40	39162.76	50220.98
Total	47					
C.V. (%)		44.67	21.43	20.41	17.04	18.70
Média		150.18	626.34	860.73	1161.63	1198.26

*** significativo a 1% de probabilidade; ** significativo a 5% de probabilidade; * significativo a 10% de probabilidade; ^{ns} não significativo; pelo teste F.

A aplicação exógena do ácido salicílico em plantas de algodoeiro BRS 8H promoveu efeito significativo a 1% e 10% de probabilidade sobre a área foliar, aos 20 e aos 100 DAE respectivamente (Figura 8). O modelo matemático quadrático foi o que apresentou melhor ajuste aos dados obtidos para essa variável. Observou-se decréscimos da área foliar do algodoeiro com o aumento da concentração de ácido salicílico até limites de 11,11 e 11,28 mM aos 20 e 100 DAE que proporcionaram áreas foliares de 146,11 e 1121,73 cm² respectivamente. A partir dessas concentrações, verificou-se aumentos da área foliar até o limite máximo de 15 mM.

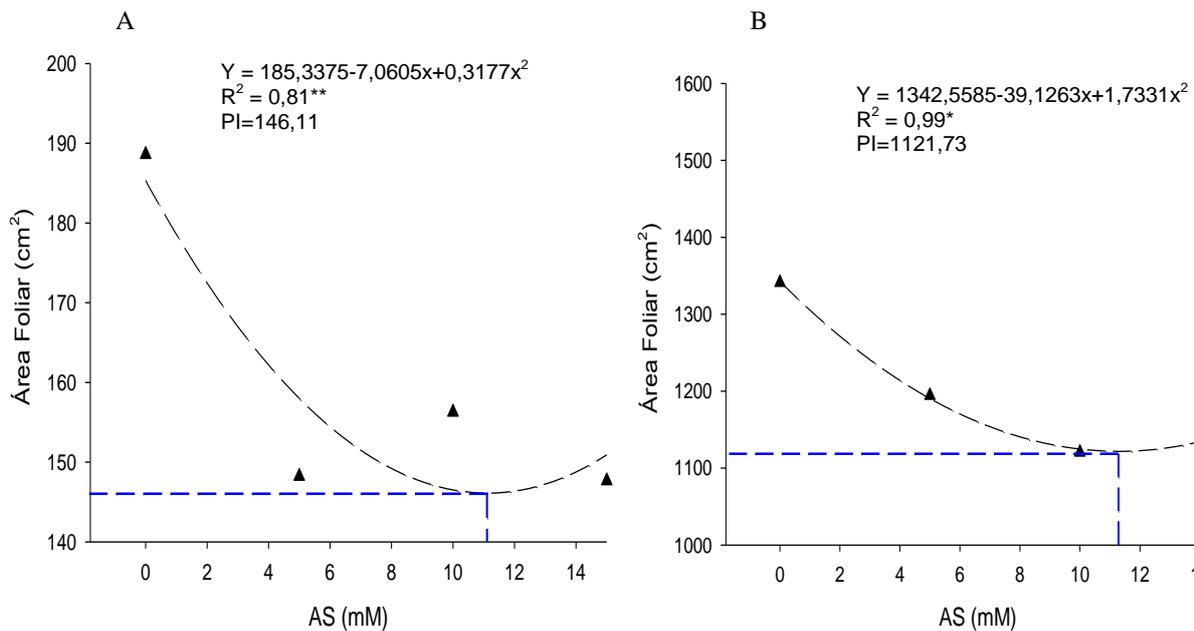


Figura 8. Área Foliar da planta de algodão cv. BRS 8H, em resposta a diferentes concentrações de AS aos 20 DAE (A) e 100 DAE (B). Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.

Villanueva-Couh et al. (2009), em estudos sobre os efeitos da pulverização das concentrações 10^{-6} , 10^{-8} e 10^{-10} M de ácido salicílico (AS) no crescimento de plantas de crisântemo, constaram aumentos significativos nas medições de área foliar. A partir desses resultados pode-se inferir que a aplicação de altas concentrações de ácido salicílico, aplicadas exogeneamente pode provocar fitotoxicidez em plantas de algodão, e conseqüentemente, diminuição de sua área foliar.

Verificou-se interação significativa entre os fatores silício e ácido salicílico para a área foliar ao nível de 5% e 1% de probabilidade. Esse resultado abre precedente para novas pesquisas, pois não se encontrou na literatura nenhum trabalho nesse sentido. Como hormônio vegetal, o ácido salicílico tem sua atuação junto a outros hormônios do crescimento, tais como o

AIA, ácido indolilacético, principal auxina das plantas superiores, que tem atuação em conjunto com as giberelinas e o ácido acetilsalicílico, no crescimento vegetal, em especial em altura, conforme informações de HINOJOSA (2005).

Apesar de não ter sido observado efeito principal significativo das doses de silício sobre a área foliar (cm^2) do algodoeiro, a interação entre silício (SI) e ácido salicílico (AS) foi significativa aos níveis de 1 e 5% de probabilidade (Figura 9A), sendo o modelo matemático quadrático o que apresentou melhor ajuste aos dados obtidos para essa variável. A Figura 9A ilustra as tendências crescentes da área foliar (cm^2) do algodoeiro em função da concentração 1 de AS (0 mM) dentro de cada nível de silício (SI) nas épocas 40 e 60 DAE, pois nas épocas 20, 80 e 100 DAE não houve diferenças significativas. Observa-se portanto, que a concentração de 80 g L^{-1} de silício foi a que promoveu maiores valores de área foliar (cm^2) do algodoeiro dentro da concentração de 0 mM de AS.

Para a concentração de 5 mM de dentro de cada nível de silício é possível observar (Figura 9B) efeitos altamente significativos a 1 e 5% de probabilidade com decréscimos lineares relativos da área foliar (cm^2) do algodoeiro para as épocas 60, 80 e 100 DAE, sendo que as épocas 20 e 40 DAE não se constataram efeitos significativos para as interações entre os fatores estudados. Constata-se, portanto, que à medida em se aumentou as concentrações de silício (SI) dentro da concentração de 5 mM de AS houve diminuição da área foliar (cm^2) do algodoeiro.

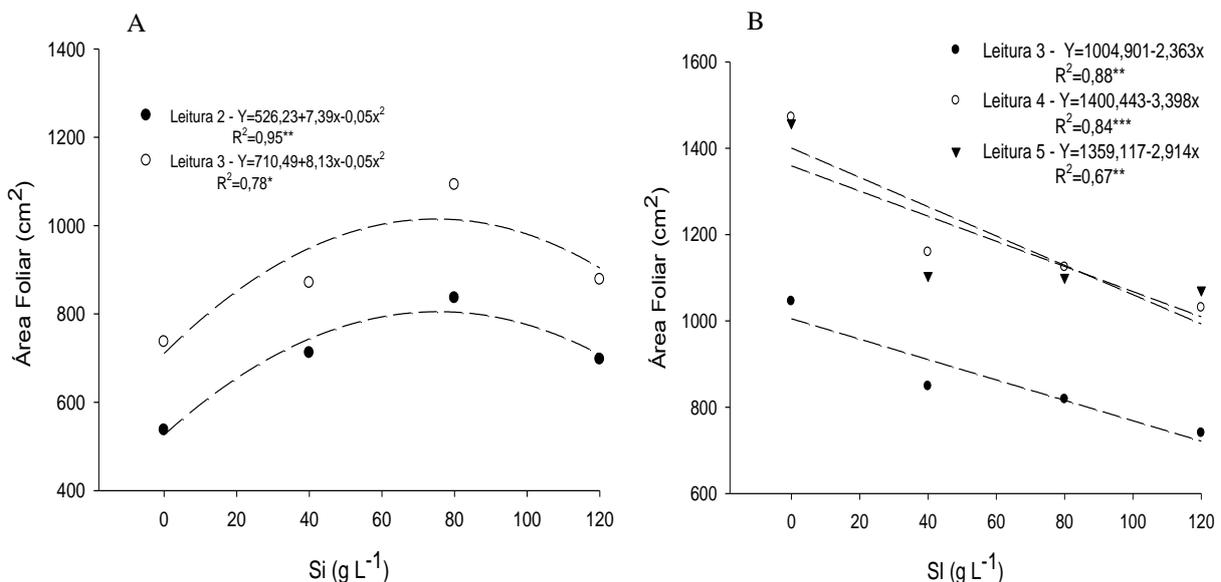


Figura 9. Área Foliar da planta de algodão cv. BRS 8H, em resposta à interação de concentrações de SI e AS. Concentração 1 de AS (0 mM) (A). Concentração 2 de AS (5 mM) (B). Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.

Na Figura 10, é possível observar os efeitos da concentração de 80 g L⁻¹ de SI dentro de cada nível de ácido salicílico (AS); houve efeito significativo 1 e 5% de probabilidade para a área foliar (cm²) do algodoeiro para as épocas 40, 60, 80 e 100 DAE, sendo que o modelo matemático quadrático foi o que apresentou melhor ajuste aos dados obtidos para essa variável. Observa-se portanto, que a concentração 10 mM de AS promoveu maiores valores de área foliar (cm²) do algodoeiro dentro da concentração 80 g L⁻¹ de silício.

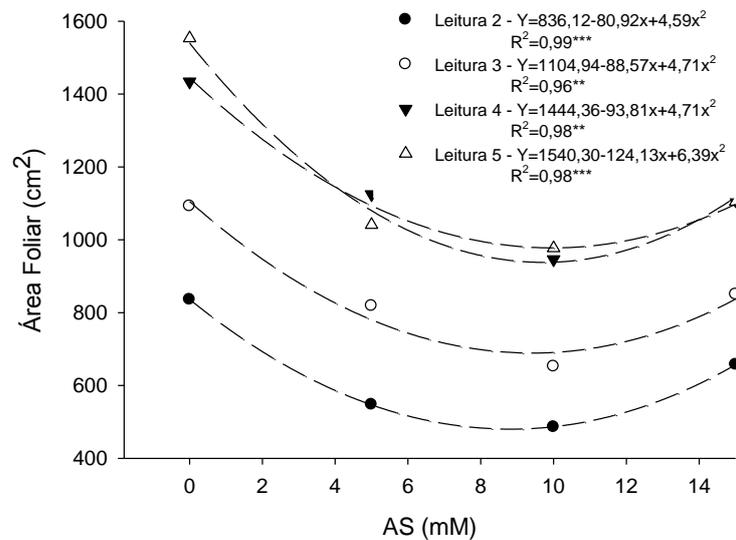


Figura 10. Área Foliar da planta de algodão cv. BRS 8H, em resposta à interação de concentrações de SI e AS. Concentração 3 de SI (80 g L⁻¹). Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.

De acordo com Colli (2008), a aplicação do ácido salicílico pode inibir a germinação e o crescimento da planta, interferir na absorção das raízes, reduzir a transpiração, causar a abscisão das folhas, alterar o transporte de íons, induzindo uma rápida despolarização das membranas, ocasionando um colapso no potencial eletroquímico, logicamente dependendo da espécie e sua sensibilidade, com ambiente e das condições de cultivo e da concentração utilizada do hormônio em consideração.

4.1.4 Produção e partição de massa seca

Na Tabela 6, são apresentados os resumos das análises de variância para as variáveis massa seca Raiz (MSR), massa seca caule (MSC), massa seca folhas (MSF), massa seca parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), razão de peso foliar (RPF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) do algodoeiro aos 100 (DAE). Verificou-se efeito significativo, ao nível de 10% de probabilidade, para a aplicação exógena de concentrações de ácido salicílico no algodoeiro cv. BRS 8H para as variáveis, área foliar específica (AFE), razão de peso foliar (RPF) e razão de área foliar (RAF), no entanto, não se observou interação significativa entre os fatores estudados para essas variáveis, mostrando, assim, para os níveis de significâncias adotados, pelo teste F, que os fatores foram independentes entre si.

Tabela 6. Resumos das análises de variância para as variáveis massa seca raiz (MSR), massa seca caule (MSC), massa seca folhas (MSF), massa seca parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), razão de peso foliar (RPF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) aos 100 (DAP), em função da aplicação de concentrações de silício (SI) e ácido salicílico (AS). Embrapa Algodão, Campina Grande – PB, 2012.

F.V.	G.L.	Quadrados Médios							
		MSR(g)	MSC (g)	MSF (g)	MPA (g)	MST (g)	RPF (g)	AFE (dm ² . g ⁻¹)	RAF (dm ² . g ⁻¹)
Silício (SI)	3	0.25 ^{ns}	1.90 ^{ns}	1.23 ^{ns}	5.70 ^{ns}	12.55 ^{ns}	0.020 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.02 ^{ns}
Linear	1	0.53 ^{ns}	1.56 ^{ns}	2.13 ^{ns}	7.34 ^{ns}	16.52 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}
Quadrática	1	0.00 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.36 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.03 ^{ns}
Cúbica	1	0.20 ^{ns}	4.06 ^{ns}	1.19 ^{ns}	9.65 ^{ns}	20.99 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.03 ^{ns}
Ácido Salicílico (AS)	3	0.25 ^{ns}	0.85 ^{ns}	2.76 ^{ns}	5.45 ^{ns}	22.66 ^{ns}	0.08 [*]	0.04 [*]	0.08 [*]
Linear	1	0.18 ^{ns}	1.33 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.92	30.73 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.03 ^{ns}
Quadrática	1	0.56 ^{ns}	0.97 ^{ns}	3.80 ^{ns}	8.60	36.64 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.05 ^{ns}
Cúbica	1	0.00 ^{ns}	0.25 ^{ns}	4.44 ^{ns}	6.83	0.61 ^{ns}	0.16 ^{**}	0.08 ^{**}	0.17 ^{**}
SI X AS	9	1.21 ^{ns}	0.43 ^{ns}	0.99 ^{ns}	2.22 ^{ns}	16.61 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.02 ^{ns}
Resíduo	30	1.37	2.07	1.73	6.71	23.11	0.03	0.01	0.03
Total	47								
C.V. (%)		35.16	22.93	24.02	22.04	20.90	14.94	7.35	8.04
Média		3.33	6.28	5.48	11.76	23.00	1.165	1.87	2.16

*** significativo a 1% de probabilidade; ** significativo a 5% de probabilidade; * significativo a 10% de probabilidade; ^{ns} não significativo; pelo teste F.

De acordo com Benincasa (2003) a RAF representa a área foliar útil para o crescimento da planta. Os dados ajustaram-se ao modelo quadrático para as concentrações de ácido salicílico sobre a razão de área foliar, com elevado coeficiente de determinação (0,88) (Figura 11A). Houve incremento na RAF em função da aplicação de ácido salicílico, com o aumento da concentração até o limite ótimo de 5,86 mM, que proporcionou uma razão de área foliar (RAF), de $2,26 \text{ dm}^2 \text{ g}^{-1}$, havendo redução a partir daí, chegando a um valor de 2,08 na concentração máxima de 15 mM de ácido salicílico. Quanto à razão de peso foliar (RPF), verificou-se que a concentração de 6,02 mM foi a responsável pelo maior valor (1,36) (Figura 11B), no entanto, a aplicação de concentrações superiores a esse limite, promoveram redução significativa da RPF.

Para a área foliar específica (AFE), a aplicação foliar de ácido salicílico até a concentração de 5,75 mM influenciou negativamente sobre essa variável, que proporcionou um valor mínimo de $1,80 \text{ dm}^2 \text{ g}^{-1}$ para a AFE, entretanto, a aplicação da solução acima desse limite, promoveu incremento sobre a AFE, sendo a concentração de 15 mM a responsável pela maior AFE em plantas de algodoeiro BRS 8H (Figura 11C). Esse aumento demonstra que houve algum tipo de estresse para as plantas de algodoeiro, pois as mesmas se tornaram mais espessas, acumularam portanto, mais fotoassimilados.

Para as demais variáveis referentes à massa seca (MSR, MSC, MSF, MSPA, MST), a aplicação de concentrações crescentes de silício via foliar em plantas de algodão não promoveu efeitos significativos. Resultados semelhantes foram observados por Ávila et al. (2010) que constataram que o fornecimento de duas concentrações de Si (0 e 50 mg L^{-1}) pouco influenciou na produção de matéria seca do arroz.

Guerreiro et al. (2011) analisaram as características de fitomassa seca total (FST) e razão de área foliar (RAF) para plantas de rúcula em relação às concentrações de silício, (0,0; 0,075; 0,150; 0,225 e $0,300 \text{ mL vaso}^{-1}$), e constataram que não houve efeitos significativos.

Ao analisar os efeitos da aplicação exógena do ácido salicílico nas concentrações, 0,0; 0,025; 0,05 e 0,1(mM) em plantas de feijão, Durães (2006) constatou que a relação entre massa seca de raiz e parte aérea foram inferiores nas concentrações zero e 0,025 mM durante o período de estresse. Houve redução da massa seca de raízes em ambas as concentrações aplicadas de ácido salicílico. Já Villanueva-Couoh et al. (2009), estudaram os efeitos da pulverização das seguintes concentrações de ácido salicílico (AS) de 10^{-6} , 10^{-8} e 10^{-10} M no crescimento de plantas de crisântemo e constaram aumentos significativos na matéria seca das folhas.

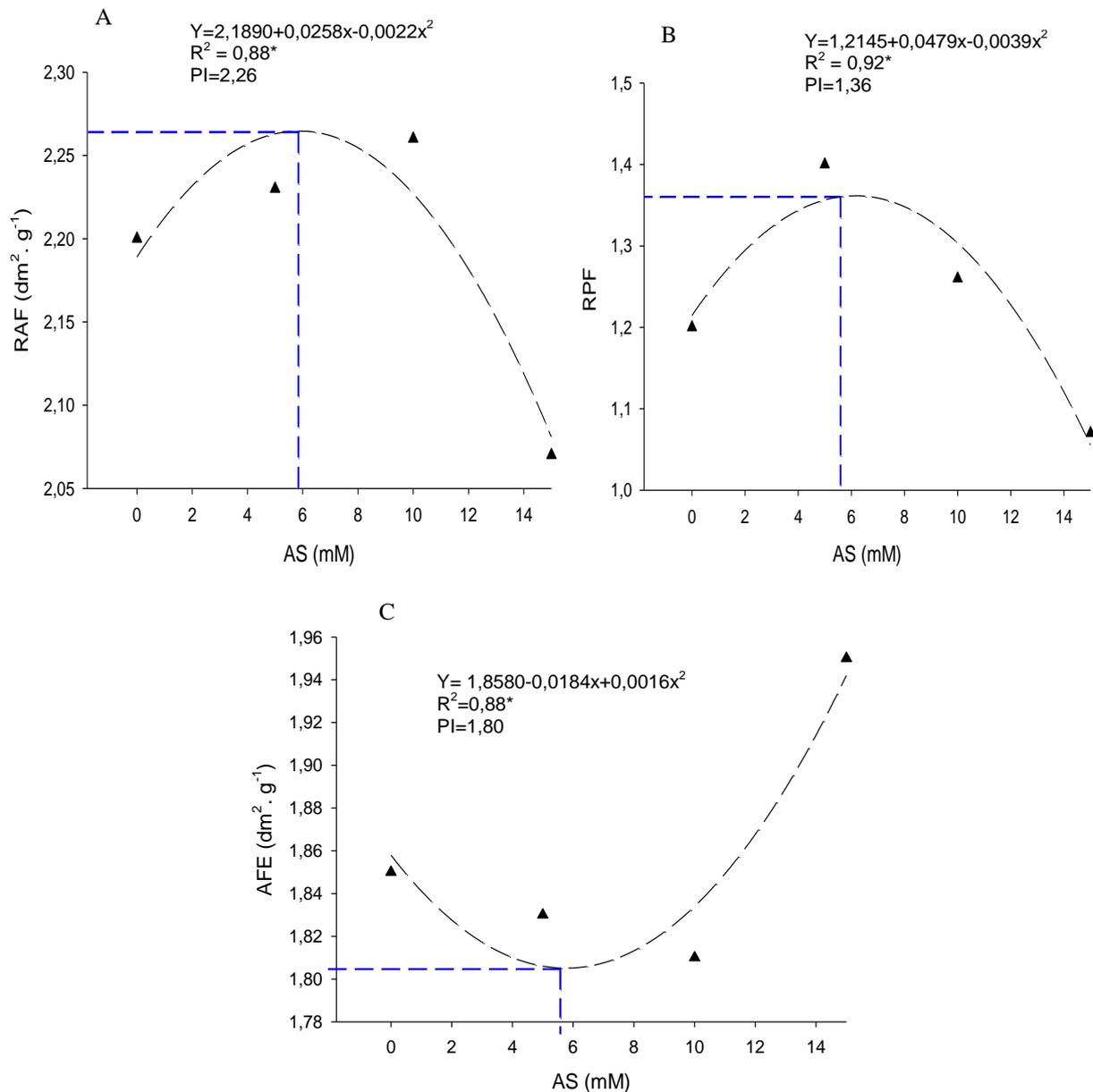


Figura 11. Razão de Área Foliar (RAF) (A), Razão de Peso Foliar (RPF) (B), Área Foliar Específica (AFE) (C) da planta de algodão cv. BRS 8H, em resposta a diferentes concentrações de AS aos 100 DAE. Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.

4.1.4 Teor de clorofila

O teor de clorofila total no algodoeiro aos 100 DAE, foi influenciado ao nível de 1% de probabilidade, pelas concentrações de silício aplicadas via foliar (Tabela 7). O modelo matemático quadrático foi o que apresentou melhor ajuste para o teor deste pigmento que é considerado em duas formas, a e b, o mais importante para o processo da assimilação clorofiliana.

Tabela 7. Resumos das análises de variância para as variáveis: clorofila total e peroxidase, em função da aplicação de concentrações de silício e ácido salicílico. Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.

F.V.	G.L.	Quadrados Médios		
		Clorofila 40 DAE (mol m ⁻²)	Clorofila 100 DAE (mol m ⁻²)	Peroxidase 100 DAE (UmL ⁻¹)
Silício (SI)	3	7.44 ^{ns}	35.16**	2.15 ^{ns}
Linear	1	4.67 ^{ns}	83.66***	2.58 ^{ns}
Quadrática	1	5.27 ^{ns}	19.63 ^{ns}	1.33 ^{ns}
Cúbica	1	12.38 ^{ns}	2.18 ^{ns}	2.53 ^{ns}
Ácido Salicílico (AS)	3	12.81 ^{ns}	49.57***	3.93*
Linear	1	0.01 ^{ns}	3.72 ^{ns}	11.64***
Quadrática	1	31.85 ^{ns}	56.55**	0.03 ^{ns}
Cúbica	1	6.57 ^{ns}	88.45***	0.12 ^{ns}
SI X AS	9	12.54 ^{ns}	6.23 ^{ns}	3.30 ^{ns}
Resíduo	30	13.31	12.59	1.68
Total	47			
C.V. (%)		6.64	5.37	34.52
Média		54.95	66.07	3.75

*** significativo a 1% de probabilidade; ** significativo a 5% de probabilidade; * significativo a 10% de probabilidade; ^{ns} não significativo; pelo teste F.

Observa-se que à medida em que se aumentou as concentrações de silício, houve também um aumento no teor de clorofila total do algodoeiro (Figura 12 A), corroborando assim, as observações de Korndörfer et al. (1999) que citam não existirem constatações de efeito tóxico do Si para as plantas, não havendo limites para aplicação desse fertilizante.

A evolução da clorofila total aos 100 DAE, em função da aplicação de concentrações de silício (Figura 12A) mostra que a aplicação de concentrações de silício até $23,12 \text{ g L}^{-1}$ provocou redução da clorofila total, chegando a um valor máximo de $64,73 \text{ mol m}^{-2}$, verificando-se a partir desse limite, aumento da clorofila total com o incremento da concentração de silício, atingindo $68,5 \text{ mol m}^{-2}$ na concentração máxima de 120 g L^{-1} (Figura 12A).

Possivelmente, este comportamento está associado ao fato de que, o silício absorvido pelas plantas é depositado abaixo da cutícula epidérmica, formando uma camada dupla de sílica nas células. Essa incorporação acarreta em mudanças na arquitetura dessas plantas, que mantêm as folhas mais eretas ocasionando melhoria na interceptação da luz solar, portanto, da fotossíntese. Na biossíntese da clorofila, uma maior exposição das folhas à luz determina maior taxa fotossintética, maior síntese de clorofila total, e conseqüentemente, interferindo na produção das clorofilas a e b (RAVEN, 1983). Neste caso, um dos fatores determinantes do conteúdo além da luminosidade, é a nutrição mineral, pois além de integrarem a estrutura molecular das plantas, atua diretamente na própria síntese dos pigmentos fotossintéticos (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Locarno et al. (2011) estudaram o efeito da aplicação foliar de silício no teor de clorofila total e concluíram que a aplicação de concentrações de $427,5 \text{ mg L}^{-1}$ e 855 mg L^{-1} proporcionaram maiores teores de clorofila *a*, *b* e clorofila total das folhas de roseira. Concluíram também que a aplicação de altas concentrações de Si (concentração de $1282,5 \text{ mg L}^{-1}$) em roseiras, teve como consequência redução nos teores de clorofila nas folhas. Com os resultados obtidos neste estudo demonstra-se que, em roseiras, o uso de adubação silicatada pode ser benéfico, desde que aplicado com dosagens de Si adequadas, favorecendo o aumento da taxa fotossintética. Farias et al. (2012) testaram a aplicação foliar de silício no algodoeiro com as mesmas concentrações (0; 40; 80; 120 g L^{-1}) usadas neste trabalho e não constataram efeitos significativos sobre os teores de clorofila total da planta.

Contrário a este índice, Freitas et al. (2011) constataram em estudos, que os teores de clorofila total no milho não foi alterado em função da aplicação de diferentes concentrações de Si nem de diferentes épocas de aplicação. Lima et al. (2012) em estudos sobre a aplicação foliar de silício (0; 221,76; 443,52 e $665,28 \text{ mg L}^{-1}$) em plantas de pinhão manso, também concluíram

que as concentrações de silício não influenciaram a concentração de pigmentos fotossintetizantes nas folhas de pinhão manso nas condições estudadas.

Ao analisar os efeitos da aplicação foliar de ácido salicílico no teor de clorofila total do algodoeiro BRS 8H, constatou-se efeito significativo, ao nível de 5% de probabilidade, sendo o modelo matemático quadrático o que melhor se ajustou aos dados (Figura 12B). Observou-se que, a aplicação de concentrações de ácido salicílico até 8,39 mM provocou redução da clorofila total, chegando a um valor mínimo de 63,44 mol m⁻², verificando-se a partir desse limite, aumento da clorofila total com o incremento da concentração de ácido salicílico, atingindo 69,1 63,44 mol m⁻² na concentração máxima de 15 mM.

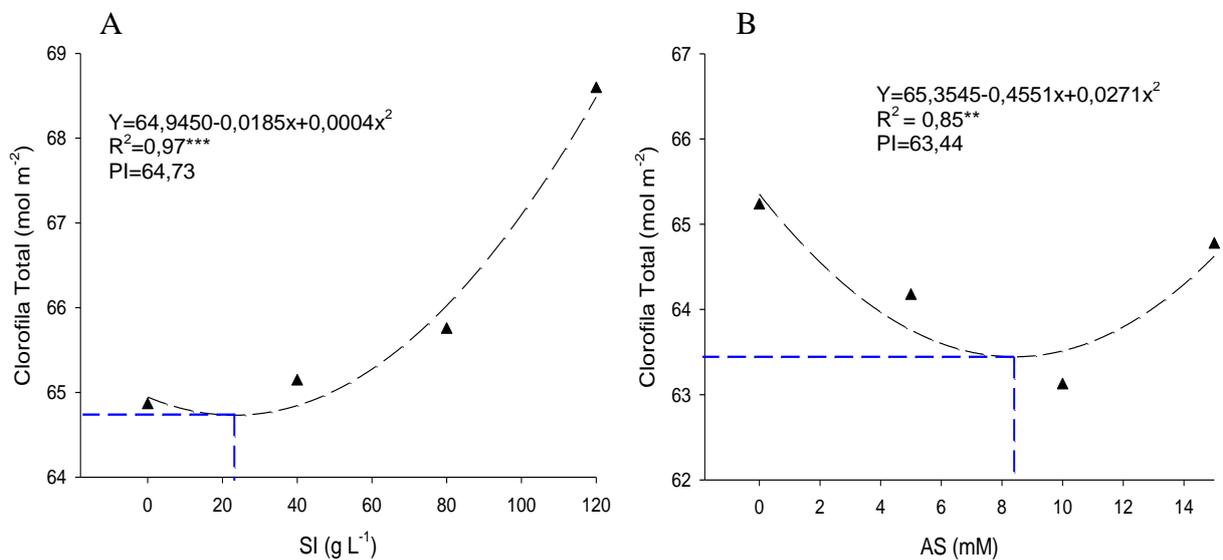


Figura 12. Teor de clorofila total da planta de algodão cv. BRS 8H, em resposta a diferentes concentrações de SI (A) e AS (B) aos 100 DAE. Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.

4.1.5 Atividade da enzima peroxidase

Sob condições de estresse, as plantas tendem a aumentar a atividade das peroxidases e às vezes, é a primeira enzima a ter atividade alterada, independentemente do substrato utilizado ou do estresse aplicado. A peroxidase pode ser tomada como um marcador bioquímico de estresse resultante tanto de fatores bióticos como de abióticos e ainda parece ser a molécula chave de adaptação das plantas, ou de algum de seus órgãos separadamente, às mudanças do meio ambiente (ROSSI e LIMA, 2001).

De acordo com os dados obtidos para a atividade da peroxidase em folhas de algodoeiro submetidos a tratamentos com silício e ácido salicílico (Tabela 7), é possível constatar que as

concentrações de silício aplicadas via foliar não influenciaram a atividade da enzima, entretanto, a aplicação exógena de ácido salicílico via foliar no algodoeiro influenciou significativamente a atividade da enzima ao nível de 10% de probabilidade, pelo test F.

A participação da enzima peroxidase no mecanismo de defesa das plantas é atribuído à capacidade desta enzima em participar do processo de lignificação da parede celular da planta, o que levaria a uma maior resistência desta ao ataque de patógenos (FERNANDES et al. 2006a).

Os dados ajustaram-se ao modelo linear para a peroxidase com efeito crescente na sua atividade em função de concentrações crescentes de ácido salicílico (Figura 13). Observa-se que a atividade da peroxidase aumentou de forma linear, verificando-se aumento de $0,0876 \text{ U mL}^{-1}$ por aumento unitário de concentração de ácido salicílico. A aplicação de 15 mM, promoveu aumento expressivo da atividade da peroxidase quando comparada com a testemunha.

Brandão (2012) utilizou as concentrações 0, 100, 200, 300 e 400 μM de ácido salicílico (AS) em plantas de *Alternanthera tenella* Colla e constatou que o ácido salicílico aumenta a produção de compostos fenólicos e que altas concentrações de ácido salicílico acabam apresentando um efeito tóxico para a produção destes compostos fenólicos, no entanto, na presente pesquisa, ocorreu o contrário.

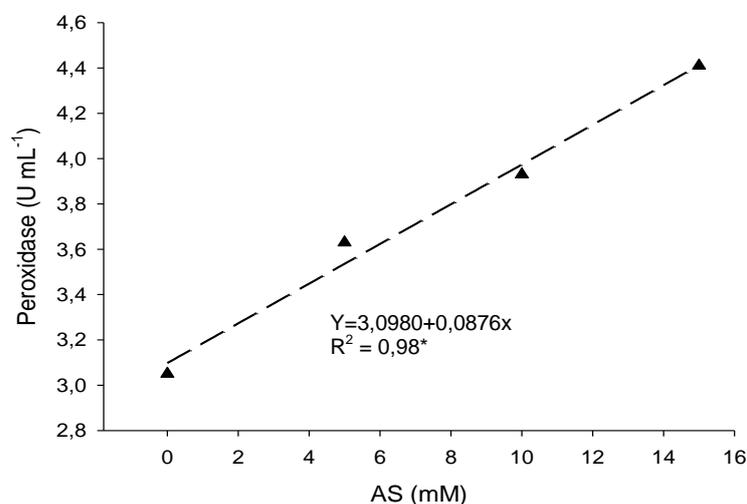


Figura 13. Atividade da enzima peroxidase da planta de algodão cv. BRS 8H, em resposta a diferentes concentrações de AS aos 100 DAE. Embrapa Algodão, Campina Grande- PB, 2012.

Fernandes et al. (2006b) estudaram os efeitos da aplicação exógena de 10 mM de ácido salicílico em duas cultivares de feijão caupi e concluíram que essa concentração de AS foi capaz de induzir um aumento na atividade peroxidásica do feijão-caupi. Concluíram também que a

indução da atividade peroxidásica é indicativo da participação desta enzima no mecanismo de defesa do feijão-caupi, podendo indicar um papel importante da mesma na defesa da planta.

Acredita-se, portanto, que a indução da atividade peroxidásica é indicativo da participação desta enzima no mecanismo de defesa do algodoeiro, e assim proteção contra os oxidantes, que surgem com mais intensidade nos estresses bióticos e abióticos, podendo indicar um papel importante da mesma na defesa da planta. Estudos subseqüentes visando elucidar o mecanismo pelo qual esta enzima participa deste processo são agora necessários.

5. CONCLUSÕES

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. raça latifolium Hutch.), cultivar BRS 8H, caracteristicamente de ciclo médio de 120 a 130 dias em condições de plantio de sequeiro no semiárido brasileiro, quando cultivado sob a aplicação foliar do silício (SI) e do ácido salicílico (AS) apresentou alterações significativas no crescimento e aspectos bioquímicos.

A aplicação exógena do ácido salicílico (AS) no algodoeiro cv. BRS 8H evidenciou a importância do seu envolvimento na defesa da planta, tendo em vista que promoveu aumentos substanciais nos teores da peroxidase e da clorofila, no entanto não promoveu acréscimos significativos e sim decréscimos, nas variáveis de crescimento analisadas.

A aplicação foliar de silício (SI) promoveu o crescimento em altura do algodoeiro cv. BRS 8H com concentrações de até 80 g L⁻¹. Entretanto, verificou-se um aumento expressivo nos teores de clorofila total da planta, não interferindo na atividade da enzima peroxidase.

Foram constatados efeitos significativos das interações entre silício (SI) e ácido salicílico (AS) apenas para área foliar do algodoeiro cv. BRS 8H.

RECOMENDAÇÕES

Novas pesquisas devem ser conduzidas com maior faixa de amplitude desses fatores (silício e ácido salicílico) com a cultura do algodoeiro, para que se obtenham resultados conclusivos para as variáveis testadas, a nível de campo, e em casa de vegetação, com algum tipo de estresse, medindo também as trocas gasosas, e outros tipos de enzimas.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, F. W.; BALIZA, D. P.; FAQUIM, V.; ARAÚJO, J. L.; RAMOS, S. J. Interação entre silício e nitrogênio em arroz cultivado sob solução nutritiva. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 184-190, 2010.

ATROCH, E. M. A. C.; SOARES, A. M.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata* submetidas a diferentes condições de sombreamento. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 853- 862, 2001.

BELTRÃO, N. E. M. **Breve História do Algodão no Nordeste do Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003a. 17p. (Documentos, 117).

BELTRÃO, N. E. M. **Escolha de uma Cultivar de Algodão Herbáceo para a Agricultura Familiar**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003b. 3p. (Comunicado Técnico, 201).

BELTRÃO, N. E. M.; Cultivo do Algodão Herbáceo na Agricultura Familiar. 2006. **Sistemas de Produção** Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoAgriculturaFamiliar_2ed/index.html
Acesso em: 24/11/11

BELTRÃO, N. E. M. **Fisiologia da Produção do Algodoeiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006b. 8p. (Circular Técnica, 94).

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. **Oleaginosas Potencial do Nordeste para a Produção de Biodiesel**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 54p. (Documentos, 177).

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P.; (Ed.). **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S.; ALBUQUERQUE, W. G. Ecofisiologia do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed.). **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. 2. ed. v. 1. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 61-110.

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P.; AMORIM, M. L. C. M. **Opções para a Produção de Biodiesel no Semiárido Brasileiro em Regime de Sequeiro: Por Que Algodão e Mamona.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. 36p (Documentos, 220).

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P.; SOUSA JÚNIOR, S. P.; BRITO, G. G.; CARDOSO, G. D. Ecofisiologia do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.) In: BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. (Ed.). **Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão-manso e sisal.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 65-123.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas.** Jaboticabal: FUNEP, 2003.

BRANDÃO, I. R. **Ácido salicílico como elicitador abiótico no cultivo *in vitro* de plantas de *Alternanthera tenella* Colla.** Pelotas, 2012. 50F. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Curso de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas.

BRITO NETO, J. F.; BELTRÃO, N. E. de M.; FREITAS, J. G.; MOTA, J. R. M.; VALE, L. S. Crescimento e produção de mamoneira cultivar BRS Energia em função de doses de silício e ácido salicílico. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA. 5., SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS. 2., FÓRUM CAPIXABA DE PINHÃO MANSO. 1., 2012. Guarapari, ES, Brasil. **Anais...** Guarapari: Embrapa Algodão, 2012. CD ROM.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **O Biodiesel e a Inclusão Social.** Brasília: Coordenação de Publicações. 2003.

CARVALHO, L. P.; COSTA, J. N.; FREIRE, E. C.; FARIAS, F. J. C. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de algodoeiro originários de materiais silvestres. **Revista Ceres**, v. 47, n. 271, p. 303-310, 2000.

CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, O. S.; SILVA, O. R. R. F.; MEDEIROS, J. C. Nutrição, calagem e adubação. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed.). **O Agronegócio do Algodão no Brasil.** 2. ed. v. 2. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 677-789.

CHITARRA, L. G. **Identificação e Controle das Principais Doenças do Algodoeiro.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 65p. (Cartilha, 2).

CLAUDINO, M. R.; MARTINS, P. de L.; SOUSA, G. R. M.; SOARES, T. da C.; NETO, J. F. de B.; BELTRÃO, N. E. de M. Atenuação do estresse salino em plantas de gergelim cultivadas em casa de vegetação. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA. 5., SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS. 2., FÓRUM CAPIXABA DE PINHÃO MANSO. 1., 2012. Guarapari, ES, Brasil. **Anais...** Guarapari: Embrapa Algodão, 2012. CD ROM.

COLLI, S. Outros Reguladores: Brassinosteróides, Poliaminas, Ácidos Jasmônico e Salicílico. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal.** 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 296-302.

COUTINHO, L.; MELO, L.; BÁRCENA, A.; SILVA, J. G. **Bioetanol de Cana-de-Açúcar: Energia para o Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro: BNDES, 2008. 316 p.

DABDOUB, J. M.; BRONZEL, J. L.; RAMPIN, M. A. Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria. **Revista Química Nova**. v. 32, n. 3, p. 776-792. 2009.

DURÂES, M. A. **Resposta de duas populações de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) tratadas com ácido salicílico e submetidas à estresse hídrico**. Presidente Prudente, SP, 2006. 32f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade do Oeste Paulista/UNOESTE.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. Londrina: EDUSP, 2004.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA. **Medidor eletrônico do teor de clorofila ClorofiLOG 1030**. 2008. 33 p. Manual de Instruções.

FARIAS, A. T. V.; SOUSA, S. da S.; BARROS, T. de F. S.; PEREIRA, W. de A.; ROCHA, M. o S.; BELTRÃO, N. E. de M.; MENDES, B. S. da S. Ação do silício nos pigmentos fotossintetizantes em algodoeiro sob estresse salino. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA. 5., SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS. 2., FÓRUM CAPIXABA DE PINHÃO MANSO. 1., 2012. Guarapari, ES, Brasil. **Anais...** Guarapari: Embrapa Algodão, 2012. CD ROM.

FAVARIN, J. L.; DOURADO NETO, D; GARCIA, A. G.; VILLA NOVA, N. A.; FAVARIN, M.G.G. Equações para estimativa do índice de área foliar para o cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n. 6, p. 769-773, 2002.

FERNANDES, C. F.; MORAES, V. C. P.; VASCONCELOS, I. M.; SILVEIRA, J. A. G.; OLIVEIRA, J. T. A. Induction of an anionic peroxidase in cowpea leaves by exogenous salicylic acid. **Journal of Plant Physiology**, v. 163, p. 1040-1048, 2006a.

FERNANDES, C. F.; MORAES, V. C. P.; OLIVEIRA, J. T. A. **Determinação da atividade peroxidásica em cultivares de feijão caupi (*Vigna unguiculata*) tratados com ácido salicílico**. Porto Velho/RO: Embrapa Rondônia, 2006b. 11 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 41).

FERRAZ, R. L. de S.; MAGALHÃES, I. D.; BELTRÃO, N. E. de M.; ROCHA, M. o S.; NETO, J. F. de B.; MELO, A. S. Crescimento de cultivares de algodoeiro herbáceo cultivadas sob aplicação de silício via foliar. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA. 5., SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS. 2., FÓRUM CAPIXABA DE PINHÃO MANSO. 1., 2012. Guarapari, ES, Brasil. **Anais...** Guarapari: Embrapa Algodão, 2012. CD ROM.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema SISVAR para análises estatísticas**. Lavras: UFV, 2000.

FREITAS, L. B.; COELHO, E. M.; MAIA, S. C. M.; SILVA, T. R. B. Adubação foliar com silício na cultura do milho. **Revista Ceres**, v. 58, n. 2, p. 262-267, 2011.

GUERREIRO, A. C.; BORGES, L. S.; FERNANDES, D. M. Efeitos da aplicação foliar de silício em rúcula cultivada em dois tipos de solo. **Revista Bioscience Journal**, v. 27, n. 4, p. 591-596, 2011.

GRIMES, D. W.; CARTER, L. M. A linear rule for direct nondestructive leaf area measurements. **Agronomy Journal**, v.3, n.61, p.477-479. 1969.

HINOJOSA, G. F. Auxina em plantas superiores: síntese e propriedades fisiológicas. In: CID, L. P. B. (Ed.). **Hormônios vegetais em plantas superiores**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005. p. 15-57.

INTERNATIONAL COTTON ADVISORY COMMITTEE. **Cotton : review of the world situation**. Vol. 52, n. 6 , 1999.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

KORNDÖRFER, G. H.; COELHO, N. M.; SNYDER, G. H.; MIZUTANI, C. T. Avaliação de Métodos de Extração de Silício em Solos Cultivados com Arroz de Sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 23, p. 101-106, 1999.

KORNDÖRFER, C. M.; ABDALLA, A. L.; BUENO, I. C. da S. O silício e as gramíneas no cerrado. **Veterinária Notícias**, v. 7, n. 2, 20p., 2001.

KORNDÖRFER, G. H. Elementos Benéficos. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, MG : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p. 355-374.

KORNDÖRFER, G. H. Uso de Silício na Agricultura. **Informações Agronômicas**. n. 117. p. 9-11, 2007.

KORNDÖRFER, G. H.; OLIVEIRA, L. A. Uso de Silício em culturas Comerciais. In: RODRIGUES, F. A. (Ed.). **Silício na Agricultura: Anais do V Simpósio Brasileiro sobre Silício na Agricultura**. Viçosa, MG: UFV. 2010. p. 03-26.

LIMA, M. S. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; ROCHA, M. do S.; FERRAZ, R. L. de S.; JUNIOR, G. S. C.; NEGREIROS, K. V. Concentração de pigmentos fotossintetizantes nas folhas do pinhão manso cultivado sob salinidade e silício. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA. 5., SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS. 2., FÓRUM CAPIXABA DE PINHÃO MANSO. 1., 2012. Guarapari, ES, Brasil. **Anais...** Guarapari: Embrapa Algodão, 2012. CD ROM.

LIMA FILHO, O. F. de L. **Silício: produtividade com qualidade na lavoura**. 2005. Acesso em: 22/09/2012. Disponível em: <http://www.silifertil.com.br/artigos/silicio05.pdf>

LIMA FILHO, O. F. Aspectos Gerais sobre o Silício em Solos, Plantas e Animais. In: RODRIGUES, F. A. (Ed.). **Silício na Agricultura: Anais do V Simpósio Brasileiro sobre Silício na Agricultura**. Viçosa, MG: UFV. 2010. p. 47-60.

LOCARNO, M.; FOCHI, C. G.; PAIVA, P. D. O. Influência da adubação silicatada no teor de clorofila em folhas de roseira. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 2, p. 287-290, 2011.

MORAES, W. B.; MORAES, W. B.; ARAÚJO, G. L.; SILVA, M. V.; FONSECA, S. O.; COSMI, F. C. JÚNIOR, W. C. J. Avaliação da área foliar da cana-de-açúcar após aplicação foliar de silicato de potássio. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 12 e Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 8., 2008, São José dos Campos, SP, **Anais...** São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP, 2008. CD ROM.

MORAES, J. C.; VILELA, M.; NASCIMENTO, A. M. Silício na Interação Planta-Inseto Praga. In: **Silício na Agricultura: Anais do V Simpósio Brasileiro sobre Silício na Agricultura**. Viçosa, MG: UFV. 2010. p. 279-295.

OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C.; FREITAS, R. B. **Análise de crescimento de plantas**. Lavras: Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras, 2002. Disponível em: <http://www.dbi.ufla.br/Fvegetal/Analise%20Crescimento.pdf>. Acesso em: 02/07/2012.

OLIVEIRA, L. A.; ABREU JÚNIOR, C. H.; CARNEIRO, J. M. T.; BENDASSOLLI, J. A. Mecanismos de Absorção do silício pelas Plantas. In: **Silício na Agricultura: Anais do V Simpósio Brasileiro sobre Silício na Agricultura**. Viçosa, MG: UFV. 2010. p. 61-88.

PARENTE, E. J. de S. **BIODIESEL: Uma Aventura Tecnológica num País Engraçado**. Fortaleza: Tecbio, 2003.

PEREIRA, M. do N.B.; AZEVEDO, N.C.; FERNANDES, P.D.; AMORIM NETO, M. da S.; Crescimento e desenvolvimento de duas cultivares de algodoeiro herbáceo em baixos níveis de umidade no solo, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 1, p. 1-7, 1997.

RAVEN, J.A. The transport and function of silicon in plants. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v. 58, n. 1, p.179-207, 1983.

RASKIN, I., Salicylate, A New Plant Hormone. **Plant Physiology.**, v. 99, p.799-803, 1992a.

RASKIN, I. Role of salicylic acid in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 43, p. 439-463, 1992b.

RODRIGUES, F. A. **Silício na Agricultura: Anais do V Simpósio Brasileiro sobre Silício na Agricultura**. Viçosa, MG: UFV. 2010.

RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, A. P.; KORNDÖRFER, G. H. Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. **Informações Agrônomicas**. n. 134. p. 14-20. 2011.

ROSSI C.; LIMA G. P. P. Cádmio e atividade de peroxidase durante a germinação de sementes de feijoeiro. **Revista Scientia Agrícola**, v.58, n.1, p.197-199, 2001.

SÁNCHEZ, G. R.; MERCADO, E. .C.; PEÑA, E. B.; DE LA CRUZ, H. R.; PINEDA E. G. El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. **Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias**. v. 12, n. 2, p. 90-95, 2010.

SANTOS, R. F.; KOURI, J.; SANTOS, J. W. O agronegócio do algodão. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed.). **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. 2. ed. v. 1 Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 31-60.

SHAH, J. The salicylic acid loop in plant defense. **Plant Biology** v.6, n. 4, p. 365-371, 2008.

SIGMAPLOT. 2008. **For windows, version 11.0**. Systat Software, 2008.

SILVA, A. F. da; SILVA, F. P. da; PITOMBEIRA, J. B.; BARROS, L. de M.; BEZERRA, A. P. L. Interceptação de luz, matéria seca e área foliar de 83 linhagens de algodoeiro herbáceo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 1, p. 67-73, 2005.

SOFIATTI, V.; BRITO, G. G.; SILVA, F. M. O.; BRANDÃO, Z. N.; SILVA, D. M. A. S.; SILVA, V. N. B. Determinação da concentração de pigmentos da fotossíntese em folhas de algodoeiro por meio do clorofilômetro portátil clorofilog-10301. In: Congresso Brasileiro do Algodão, 7., 2009, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2009. CD ROM.

SOUSA JÚNIOR, I. F. **A influência da urbanização no clima da cidade de Campina Grande-PB**. Campina Grande, PB, 2006. 94f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande/UFPG.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TRZECIAK, M. B.; NEVES, M. B.; VINHOLES, P. S.; VILLELA, F. A. Utilização de sementes de espécies oleaginosas para produção de biodiesel. **Informativo ABRATES**. v. 18, n. 1,2,3, p.30-38, 2008.

USAID-RED. Programa de Diversificación Económica Rural. **El Uso del Ácido Salicílico y Fosfonatos (Fosfitos) para Activar el Sistema de Resistencia de la Planta (SAR)**. Honduras: Oficina FHIA. 2006. (Boletín Técnico de Producción).

VILLANUEVA-COUOH, E.; ALCÁNTAR-GONZÁLEZ, G.; SÁNCHEZ-GARCÍA, P.; SORIA-FREGOSO, M.; LARQUE-SAAVEDRA, A. EFECTO DEL ÁCIDO SALICÍLICO Y DIMETILSULFÓXIDO EN LA FLORACIÓN DE [*Chrysanthemum morifolium*(Ramat) Kitamura] EN YUCATÁN. **Revista Chapingo. Série Horticultura**. v. 15, n. 2, p. 25-31, 2009.

YAO, H.; TIAN, S. Effects of pre- and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 35, p. 253-262, 2005.

ZERAIK, A. E.; SOUZA, F. S.; FATIBELLO-FILHO, O. Desenvolvimento de um Spot Test para o monitoramento da atividade da peroxidase em um procedimento de purificação. **Revista Química Nova**. v. 31, n. 4, p. 731-734, 2008.