

Seleção de genótipos de algodoeiro herbáceo para tolerância ao estresse salino

Magna Maria Macedo Nunes Costa¹, Rita de Cassia Cunha Saboya², José Jaime Vasconcelos Cavalcante³, José Wellington dos Santos⁴

DOI: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2023.46587>

Resumo

Com o objetivo de selecionar genótipos de algodoeiro para tolerância à salinidade, foram conduzidos três experimentos em casa de vegetação. No primeiro, foram testados 63 genótipos sob dois níveis de salinidade: 4,0 e 8,0 dS m⁻¹. As plantas foram conduzidas em vasos de 1 L, contendo solo devidamente corrigido e adubado. Cada tratamento foi repetido três vezes. As plantas foram coletadas aos 33 dias após a germinação (DAG) e levadas para secar em estufa a 40 graus Celsius por 48 horas para a obtenção da matéria seca total (MST). De posse dessa variável, calculou-se as perdas percentuais em relação ao controle para cada um dos genótipos testados. Em seguida, os genótipos foram classificados de acordo com a %Perda obtida: entre 0 a 20, Tolerante (T); 20 a 40, Moderadamente Tolerante (MT); 40 a 60, Moderadamente Suscetível (MS); e, acima de 60, Suscetível (S). Dos 63 genótipos testados, foram escolhidos vinte para o segundo experimento, os que apresentaram as menores % Perda. A metodologia de instalação e condução foi semelhante ao experimento 1, exceto que os níveis de salinidade testados dessa vez foram 4,0 e 10,0 dS m⁻¹. Dos 20 genótipos testados, foram escolhidos cinco para o terceiro experimento, os que apresentaram as menores % Perda. A metodologia de instalação e condução também foi semelhante ao experimento 1, exceto que os níveis de salinidade testados dessa vez foram 4,0 e 12,0 dS m⁻¹. No final, o genótipo que apresentou a menor % Perda foi a cultivar BRS Antares.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum* L. Salinidade. Crescimento

Selection of herbaceous cotton genotypes for saline stress tolerance

Abstract

In order to select cotton genotypes for salinity tolerance, three experiments were carried out in a greenhouse. In the first, 63 genotypes under two salinity levels: 4.0 and 8.0 dS m⁻¹. The plants were conducted in bags of 1 L, containing properly corrected and fertilized soil. Each treatment was repeated three times. The plants were collected 33 days after germination (DAG) and taken to dry in stove at 40 Celsius degrees for 48 hours to obtain the total dry matter (MST). With this variable, the percentage losses were calculated in relation to the control for each one of the genotypes tested. Then, the genotypes were classified according to the % Loss obtained: between 0 to 20, Tolerant (T); 20 to 40, Moderately Tolerant (MT); 40 to 60, Moderately Susceptible (MS); and, above 60, Susceptible (S). Of the 63 genotypes tested, twenty were selected for the second experiment, those with the lowest % Loss. The installation and conduction methodology was similar to experiment 1, except to the tested salinity levels, wich were 4.0 and 10.0 dS m⁻¹. Of the 20 genotypes tested, five were selected for the third experiment, those with the lowest % Loss. The installation and conduction methodology do third experiment was also similar to experiment 1, except to the

¹Embrapa Algodão. Campina Grande, Paraíba. Brasil
ORCID: 0000-0002-3088-2740

²Embrapa Algodão. Campina Grande, Paraíba. Brasil
ORCID: /0000-0003-2589-0372

³Embrapa Algodão. Campina Grande, Paraíba. Brasil
ORCID: 0000-0003-2589-0372

⁴Embrapa Algodão. Campina Grande, Paraíba. Brasil
ORCID: 0009-0007-2067-6613

*Autor para correspondência: magna.ferreira@embrapa.br

Recebido para publicação em 21 de junho de 2023. Aceito para publicação 19 de outubro de 2023.
e-ISSN: 2447-6218



Caderno de Ciências Agrárias está licenciado
com uma **Licença Creative Commons**
Atribuição - Não Comercial 4.0 Internacional

salinity levels tested which were 4.0 and 12.0 dS m⁻¹. In the end, the genotype that presented the lowest % Loss was the cultivar BRS Antares.

Key-Words: *Gossypium hirsutum* L. Salinity. Growth

Introdução

De acordo com o novo mapa global de salinidade, de 2021, divulgado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO -, estima-se que, em todo o mundo, 8,7% dos solos estejam afetados por sais, o que corresponde a uma área de 833 milhões de hectares, sendo a maior parte encontrada nos ambientes naturalmente áridos e semiáridos da África, Ásia e América Latina, bem como causada pela atividade humana. O fato coloca em risco o cultivo de alimentos e a segurança alimentar de pelo menos 1,5 bilhão de pessoas (Nações Unidas Brasil, 2022).

No Brasil, solos salinos e sódicos ocorrem no Rio Grande do Sul, nas partes baixas e próximo às lagoas existentes na região; no Pantanal Mato-Grossense e, predominantemente, na região semiárida do Nordeste (Ribeiro et al., 2016).

Com base no Mapa de Solos do Brasil, estima-se que no nosso país haja um área correspondente a 160.000 km² de solos com problemas de salinidade, o que corresponde a 2% do território nacional, gerando infertilidade, diminuindo a produção agrícola e impactando a economia, o ambiente e a sociedade (Pedrotti et al., 2015).

Na região Nordeste, o aumento da população e a pressão econômica pela produção de alimentos têm resultado no aumento da área de solos degradados por salinidade, com grandes prejuízos para a economia (Ribeiro et al., 2016).

Em algumas localidades do semiárido, já têm se formado os chamados Núcleos de Desertificação, com empobrecimento da população local, declínio da qualidade ambiental, processos migratórios intrarregionais, perda da biodiversidade e do território produtivo, interferência no clima do planeta e em processos biogeoquímicos (Perez-Marin et al., 2012).

Solo salino é aquele em que a concentração de íons - K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, HCO₃⁻ e CO₃²⁻ - atinge um nível prejudicial às plantas cultivadas (Medeiros et al., 2012).

O método mais usado para se medir o nível de salinidade do solo é a condutividade elétrica – CE – no extrato de saturação, dada em dS m⁻¹, pois está relacionada à concentração dos íons na solução (Molin e Rebello, 2011), sendo considerado salino o solo que apresenta esse índice acima de 4,0 dS m⁻¹ (Saelee, 2022). O processo de salinização do solo pode se dar espontaneamente

(‘natural’, salinização primária) ou induzido pelo homem (‘antrópica’, salinização secundária) (Medeiros et al., 2012).

No nordeste brasileiro, especialmente em se tratando de semiárido, o algodoeiro tem sido considerado uma planta tolerante à salinidade, sendo considerada uma das alternativas para solos que apresentam este problema, entretanto, a tolerância e/ou resistência vai depender da variedade/cultivar plantada (Oliveira et al., 2012).

Trabalhos desenvolvidos em várias partes do mundo conferem que o algodoeiro apresenta genes que determinam tolerância/resistência à salinidade do solo (Zhang et al., 2021).

No Brasil, Oliveira et al. (2014) “demonstraram em ambiente protegido que as cultivares de algodão colorido BRS Verde e BRS Topázio são tolerantes à salinidade da água de irrigação”. Ferraz et al. (2011) “também encontraram a mesma resposta com a cultivar BRS Topázio”. Já Siqueira et al. (2005), “estudando a tolerância da cultivar BRS Marrom à salinidade da água de irrigação, também encontraram resultados positivos”, assim como Silva et al. (2019) “com a cultivar BRS Safira”.

Uma forma de se medir quantitativamente os danos da salinidade do solo sobre o crescimento e/ou a produção das plantas cultivadas é através da redução percentual em relação ao controle – RP -, através da seguinte fórmula: $RP = [(PTNS - PTS)/PTNS] \times 100$, em que PTNS é a produção do tratamento sob baixo nível de salinidade, que ocorre naturalmente em solos não salinos, e, PTS, a produção sob o nível de salinidade imposto (Dantas et al., 2002).

Com base no resultado obtido pela RP (%), o genótipo podem ser classificado da seguinte forma: de 0 a 20, Tolerante (T); de 20 a 40, Moderadamente Tolerante (MT); de 40 a 60, Moderadamente Sensível (MS); e, acima de 60, Sensível (S) (Dantas et al., 2003).

Em um trabalho desenvolvido em casa-de-vegetação para avaliar genótipos de algodoeiro sob níveis crescentes de salinidade na água de irrigação, Jácome et al. (2005) classificaram os acessos para tolerância ao estresse de sal com base na redução percentual em relação ao controle. Os autores constataram ser o algodoeiro mais sensível à salinidade nas variáveis de crescimento que nas de produção. Entre os genótipos, as cultivares CNPA 7H e CNPA Precoce 2 tenderam a ser as mais sensíveis ao estresse salino, sendo a primeira mais afetada na fase de

crescimento e a segunda na de produção; os genótipos EMBRAPA 113-Algodão.7MH e CNPA Acala 93/15 foram os mais tolerantes.

Diante do exposto, a presente pesquisa teve como objetivo, através de três experimentos sucessivos, selecionar genótipos de algodoeiro para tolerância à salinidade do solo, partindo inicialmente de 63 acessos.

Material e métodos

Experimento 1:

O primeiro experimento foi conduzido no ano de 2017, em casa-de-vegetação pertencente ao Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, Campina Grande, Paraíba, Brasil, com o objetivo de testar 63 genótipos – cultivares e linhagens – de algodoeiro para tolerância à salinidade do solo. Os genótipos testados foram: CNPA 2004 – 60, CNPA 2004 – 92, CNPA 2004 – 266, CNPA 2004 – 295, CNPA 2004 – 618, CNPA 2005 – 15, CNPA 2005 – 128, CNPA 2005 – 318, CNPA 2005 – 5581, CNPA 2006 – 1006, CNPA 2006 – 1065, CNPA 2006 – 1109, CNPA 2006 –

1601, CNPA 2006 – 3047, CNPA 2006 – 3052, CNPA 2006 – 3065, CNPA 2006 – 3075, CNPA ITA 90, CNPA ITA 92, CNPA ITA 94, CNPA ITA 96, CNPA Precoce 1, CNPA Precoce 2, CNPA Precoce3, IAC 19, BRS 7H, BRS 7MH, BRS 8H, BRS 200 Marrom, BRS 201, BRS 286, BRS 335, BRS 336, BRS 372, BRS 416, BRS 5M, BRS Acácia, BRS Antares, BRS Araçá, BRS Araripe, BRS Aroeira, BRS Burity, BRS Camaçari, BRS Cedro, BRS Fabrica, BRS Facual, BRS Ipê, BRS Itaúba, BRS Jade, BRS Jatobá, BRS Peroba, BRS Rubi, BRS Safira, BRS Seridó, BRS Sucupira, BRS Topázio, BRS Verde, Acala, Acala 90, Acala SM3, Delta Opal, Delta Penta e Deltapine 61, pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma - BAG - da Embrapa.

Cada genótipo foi submetido a dois níveis de salinidade do solo: 4 e 8 dS m⁻¹ - baixo e alto, respectivamente -, perfazendo 126 tratamentos, os quais foram repetidos três vezes dando um total de 378 parcelas experimentais. Cada uma dessas parcelas foi representada por um vaso de polietileno preto com capacidade de 1 L contendo solo devidamente corrigido e adubado conforme a análise química (Tabela 1). Em cada um desses vasos, foram conduzidas duas plantas de algodoeiro.

Tabela 1 – Análise química do solo utilizado no experimento 1

pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	H+Al	T	V	Al ³⁺	P	M.O.	
Água (1:2,5)	-----mmol _c dm ⁻³ -----								%	mmol dm ⁻³	mg dm ⁻³	g kg ⁻¹
5,3	20,0	15,3	15,6	0,4	51,3	3,5	54,8	60,0	0,2	5,4	1,0	

Os vasos continham perfurações no fundo para que ocorressem as devidas lixiviações após as irrigações. Os níveis de salinidade foram alcançados usando-se uma mistura de sais diluídos em água, em mg L⁻¹, na proporção de 7:1:1:1 (NaCl:KCl:CaCl₂:MgCl₂), utilizando-se a seguinte fórmula: QNaCl (mg.L⁻¹) = 640 x (CEa desejada - CEa inicial), em que CEa era a condutividade elétrica da água em dS m⁻¹ (Oliveira, 2014). As irrigações foram feitas com água potável de modo a manter o solo sempre na capacidade de campo, em torno de 30%. As plantas

(raízes + parte aérea) foram coletadas no final do período de desenvolvimento vegetativo, aos 33 dias após a germinação - DAG -, ocasião em que foram devidamente acondicionadas em sacos de papel e levadas para secar em estufa com circulação de ar a 40 graus Celsius por 48 horas para a obtenção da matéria seca total (MST). De posse dessa variável, calculou-se as perdas percentuais em relação ao controle para cada um dos genótipos testados. Essa perda foi calculada através da seguinte equação:

$$(Eq. 1) \% Perda = \frac{[MST(4dS/m) - MST(8dS/m)]}{MST(8dS/m)} \times 100$$

Em seguida, classificou-se os genótipos de algodoeiro conforme a Tabela 2, de acordo com a percentagem de perda obtida.

Experimento 2:

Nesse experimento, foram testados, em casa-de-vegetação pertencente ao Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, no ano de 2018, os 20 genótipos de algodoeiro que tiveram as menores perdas percentuais com o aumento da salinidade do solo no experimento 1. Esses genótipos foram: CNPA 2004-60, CNPA 2005-15, CNPA 2006-1065, CNPA 2006-3047, CNPA 2006-3075, CNPA-ITA 92, IAC

19, BRS 200 Marrom, BRS 336, BRS 372, BRS 416, BRS Antares, BRS Camaçari, BRS Facual, BRS Jade, BRS Rubi, BRS Seridó, BRS Verde, Acala e Delta Penta. Dessa vez, os acessos foram submetidos aos níveis de salinidade 4 e 10 dS m⁻¹ - baixo e alto, respectivamente -, perfazendo 40 tratamentos, os quais foram repetidos três vezes dando um total de 120 parcelas experimentais. Cada uma dessas parcelas foi representada por um vaso de polietileno preto com capacidade de 1 L contendo solo devidamente corrigido e adubado conforme a análise química (Tabela 3). Em cada um desses vasos, foram conduzidas duas plantas de algodoeiro.

Tabela 2 – Classificação dos genótipos de algodoeiro quanto à tolerância à salinidade do solo, tomando-se como referência o peso de matéria seca total ao final do período de desenvolvimento vegetativo das plantas.

% Perda	Classificação
0 - 20	Tolerante (T)
20 - 40	Moderadamente Tolerante (MT)
40 - 60	Moderadamente Suscetível (MS)
> 60	Suscetível (S)

Fonte: Fageria (1985)

Tabela 3 – Análise química do solo utilizado no experimento 2

pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	H+Al	T	V	Al ³⁺	P	M.O.	
Água (1:2,5)	-----mmol _c dm ⁻³ -----								%	mmol dm ⁻³	mg dm ⁻³	g kg ⁻¹
5,5	6,2	2,0	0,1	0,8	9,1	9,1	18,2	50,0	0,0	9,9	2,7	

Os vasos continham perfurações no fundo para que ocorressem as devidas lixiviações após as irrigações. Os níveis de salinidade foram alcançados conforme já descrito no experimento 1. As irrigações foram feitas de modo a manter o solo sempre na capacidade de campo, em torno de 30%. As plantas foram coletadas aos 25 DAG, ao final do desenvolvimento vegetativo. Para calcular a % Perda de cada genótipo, procedeu-se da mesma forma descrita anteriormente. As cultivares e linhagens foram classificadas em T, MT, MS e S, conforme já mencionado.

Experimento 3:

Nesse experimento, foram testados, em casa-de-vegetação pertencente ao Centro Nacional de Pesquisa

do Algodão, no ano de 2019, os cinco genótipos de algodoeiro que tiveram as menores perdas percentuais com o aumento da salinidade do solo no experimento 2 – BRS 2005-15, BRS 2006-3075, BRS 200 Marrom, BRS Antares e BRS Jade. Dessa vez, os acessos foram submetidos aos níveis de salinidade 4 e 12 dS m⁻¹ - baixo e alto, respectivamente -, perfazendo 10 tratamentos, os quais foram repetidos três vezes dando um total de 30 parcelas experimentais dispostas em Delineamento Inteiramente ao Acaso (DIC). Cada uma dessas parcelas foi representada por um balde plástico com capacidade para 12 L contendo solo devidamente corrigido e adubado conforme a análise química (Tabela 4). Em cada um desses baldes, foram conduzidas duas plantas de algodoeiro.

Tabela 4 – Análise química do solo utilizado no experimento 2

pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	H+Al	T	V	Al ³⁺	P	M.O.	
Água (1:2,5)	-----mmol _c dm ⁻³ -----								%	mmol dm ⁻³	mg dm ⁻³	g kg ⁻¹
5,3	14,1	3,8	0,4	1,5	19,8	9,1	28,9	68,6	0,0	40,8	7,9	

Os baldes continham perfurações no fundo para que ocorressem as devidas lixiviações após as irrigações. Os níveis de salinidade foram alcançados conforme já descrito nos experimentos 1 e 2. As irrigações foram feitas de modo a manter o solo sempre na capacidade de campo, em torno de 30%. As plantas foram coletadas ao final do seu período de desenvolvimento vegetativo. Para coloca-las numa ordem de tolerância à salinidade, procedeu-se da mesma forma já descrita para os experimentos 1 e 2.

Resultados e discussão

Experimento 1:

Os resultados referentes à percentagem de perda de MST bem como à classificação dos 63 genótipos de

algodoeiro submetidos ao estresse salino do solo encontram-se na Tabela 5.

Conforme constata-se na Tabela 5, o genótipo mais tolerante à salinidade no experimento 1 foi a variedade Acala, com uma perda percentual de MST de apenas 13,42% quando submetida a um nível de estresse salino no solo de 8 dS m⁻¹, seguida da linhagem CNPA 2004-60, que perdeu 13,52%, ambas consideradas T. Seguindo o aumento da % Perda, da cultivar BRS 372 à linhagem CNPA 2005-5581, os acessos foram moderadamente MT; da cultivar CNPA ITA-90 à BRS 7H, moderadamente suscetíveis (MS); e, a partir da linhagem CNPA 2004-92, suscetíveis (S), sendo que as cultivares BRS Fabrica, BRS Itaúba e Delta Opal perderam 100% da sua MST, não chegando a germinar.

Tabela 5 – Classificação dos genótipos de algodoeiro com relação ao estresse salino tomando-se por base a perda percentual quando os acessos passaram do nível de salinidade 4 dS m⁻¹ para 8 dS m⁻¹.

Genótipo	% Perda	Classificação
Acala	13,42	T
CNPA 2004-60	13,52	T
BRS 372	20,41	MT
BRS Facual	22,40	MT
BRS Camaçari	22,99	MT
BRS 336	23,70	MT
Delta Penta	23,73	MT
CNPA 2005-15	26,46	MT
BRS Jade	26,69	MT
BRS Rubi	27,10	MT
BRS Seridó	30,06	MT
BRS Verde	32,21	MT
CNPA ITA-92	32,58	MT
BRS 416	33,53	MT
BRS Antares	33,69	MT
CNPA 2006-3047	34,14	MT
BRS 200 Marrom	34,33	MT
CNPA 2006-3075	35,52	MT
CNPA 2006-1065	35,76	MT
IAC 19	35,84	MT
Acala SM3	35,91	MT
CNPA 2004-266	35,93	MT
CNPA 2006-3052	35,99	MT
CNPA 2005-128	36,02	MT
CNPA 2006-1109	36,43	MT
CNPA 2005-318	36,49	MT
CNPA 2006-1601	36,54	MT
BRS Safira	36,63	MT
BRS Jatobá	36,74	MT
BRS Cedro	37,94	MT
BRS Sucupira	38,13	MT
Acala 90	38,54	MT
CNPA 2005-5581	39,03	MT
CNPA ITA-90	42,24	MS

Continua

Genótipo	% Perda	Classificação
CNPA ITA-96	42,53	MS
BRS 201	42,84	MS
BRS Topázio	43,70	MS
CNPA 2004-295	43,71	MS
BRS Peroba	44,61	MS
CNPA Precoce 3	44,62	MS
CNPA 2004-618	45,28	MS
Deltapine 61	45,66	MS
CNPA 2006-3065	50,00	MS
BRS 7MH	51,11	MS
BRS Buriti	53,94	MS
CNPA 2006-1006	56,30	MS
BRS 5M	56,98	MS
BRS 286	57,30	MS
BRS 7H	57,94	MS
CNPA 2004-92	61,33	S
BRS 8H	61,67	S
BRS 335	61,70	S
CNPA ITA 94	62,92	S
CNPA Precoce 2	64,42	S
BRS Ipê	65,01	S
BRS Araripe	65,26	S
BRS Araçá	65,98	S
CNPA Precoce 1	66,30	S
BRS Aroeira	68,36	S
BRS Acácia	84,19	S
BRS Fabrica	100,00	S
BRS Itaúba	100,00	S
Delta Opal	100,00	S

Experimento 2:

Os vinte genótipos que mais toleraram quando a salinidade do solo passou de 4 dS m⁻¹, um nível considerado não prejudicial ao desenvolvimento das plantas cultivadas, para 8 dS m⁻¹, considerado salino (Sonmez et al., 2008), foram selecionados para o experimento 2, ou seja, da cultivar Acala à IAC 19 (Tabela 5).

Os resultados referentes à percentagem de perda de MST bem como à classificação dos 20 genótipos de algodoeiro que melhor toleraram a salinidade do solo no experimento 1, e que foram submetidos ao estresse salino num nível mais elevado em relação ao anterior, 10 dS m⁻¹, encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 – Classificação dos genótipos de algodoeiro com relação ao estresse salino tomando-se por base a perda percentual quando os acessos passaram do nível de salinidade 4 dS m⁻¹ para 10 dS m⁻¹.

Genótipo	% Perda	Classificação
BRS 200 Marrom	-4,34	T
CNPA 2005-15	-3,09	T
CNPA 2006-3075	18,36	T
BRS Jade	18,53	T
BRS Antares	18,71	T
Acala	19,51	T
CNPA ITA 92	22,90	MT
CNPA 2006-1065	38,93	MT
CNPA 2004-60	39,26	MT
BRS 336	40,99	MS
BRS 416	42,49	MS
BRS Facual	42,88	MS
BRS Seridó	43,33	MS
BRS Camaçari	43,56	MS
BRS Verde	46,36	MS
CNPA 2006-3047	46,84	MS
BRS Rubi	53,91	MS
BRS 372	59,65	MS
IAC 19	61,69	S
Delta Penta	100,00	S

Verifica-se na Tabela 6 que a cultivar BRS 200 Marrom e a linhagem CNPA 2005-15 tiveram % Perda negativa quando a salinidade do solo passou de 4 dS m⁻¹ para 10 dS m⁻¹, ou seja, houve aumento na produção de MST nos dois genótipos quando submetidos a essa condição adversa. Juntamente com os acessos CNPA 2006-3075, BRS Jade, BRS Antares e Acala, foram considerados tolerantes (T) a 10 dS m⁻¹, nível de sal no solo considerado alto (Sonmez et al., 2008). No outro extremo, as cultivares IAC 19 e Delta Penta foram consideradas suscetíveis (S), inclusive a última apresentou 100% de perda de MST, não chegando a germinar. Pode-se inferir que a cultivar BRS 200 Marrom e a linhagem CNPA 2005-15 reagem à salinidade de 10 dS m⁻¹ aumentando a magnitude dos seus mecanismos fisiológicos de produção de massa seca total (MST), como por exemplo a fotossíntese e a assimilação do nitrogênio, como forma de tolerar essa condição adversa do solo. No entanto, investigações ao nível metabólico precisam ser feitas para descobrir como funciona essa dinâmica na fisiologia desses acessos.

Um fato importante a considerar ao comparar os resultados dos experimentos 1 e 2 (Tabelas 5 e 6) é

que os genótipos mudaram o seu padrão de tolerância. Por exemplo, a linhagem CNPA 2004-60 que, ao nível de salinidade do solo de 8 dS m⁻¹ foi considerada T, com uma perda de MST de apenas 13,42%, no nível de 10 dS m⁻¹, foi MT, com uma perda de 39,26%, ou seja, diminuiu a sua tolerância com o aumento do estresse salino. A cultivar Acala foi T nos dois ensaios, entretanto aumentou a sua perda de MST, passando de 13,42% para 19,51% quando a salinidade do solo aumentou de 8 dS m⁻¹ para 10 dS m⁻¹. Já BRS Antares, BRS Jade, CNPA 2006-3075, CNPA 2005-15 e BRS 200 Marrom aumentaram sua tolerância com o aumento do nível de salinidade adversa do solo, passando a serem T ao invés de MT, provavelmente ativando mecanismos de defesa que não estavam ativos geneticamente ao nível de 8 dS m⁻¹, inclusive com CNPA 2005-15 e BRS 200 Marrom aumentando a MST ao nível 10 dS m⁻¹ (Tabela 6). Rai e Rai (1999), “trabalhando com *Azolla pinnata*, afirmaram que certos genes que controlam a tolerância à salinidade, através de respostas adaptativas, só são ativados a partir de um patamar alto de sais no ambiente radicular”.

Experimento 3:

Os cinco genótipos que mais toleraram quando a salinidade do solo passou de 4 dS m⁻¹, um nível considerado não prejudicial ao desenvolvimento das plantas, para 10 dS m⁻¹, considerado muito salino (Sonmez et al., 2008), foram selecionados para o experimento 3, ou seja, os acessos: BRS 200 Marrom, CNPA 2005-15, CNPA 2006-3075, BRS Jade e BRS Antares

Os resultados referentes à percentagem de perda de MST bem como à classificação dos cinco genótipos de algodoeiro que melhor toleraram a salinidade do solo no experimento 2, e que foram submetidos ao estresse salino num nível mais elevado em relação ao anterior, 12 dS m⁻¹, encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 – Classificação dos genótipos de algodoeiro com relação ao estresse salino tomando-se por base a perda percentual quando os acessos passaram do nível de salinidade 4 dS m⁻¹ para 12 dS m⁻¹.

Genótipo	% Perda	Classificação
BRS Antares	-151,85	T
CNPA 2006-3075	-105,16	T
BRS Jade	6,78	T
BRS 200 Marrom	19,50	T
CNPA 2005-15	75,84	S

Conforme pode ser observado na Tabela 7, o genótipo que teve a menor % Perda quando o nível de salinidade do solo passou de 4 dS m⁻¹ para 12 dS m⁻¹ foi a cultivar BRS Antares, que ganhou 151,85% de MST sob essa condição adversa. Em seguida, veio a linhagem CNPA 2006-3075, com ganho de MST de 105,16%; a cultivar BRS Jade, com % Perda de 6,78 e, a BRS 200 Marrom, com 19,50. Todos esses acessos foram considerados T a uma condutividade elétrica no extrato de saturação do solo de 12 dS m⁻¹, tida como muito alta (Sonmez et al., 2008). A linhagem CNPA 2005-15 foi considerada suscetível a esse nível de salinidade (Fageria, 1985).

Destaca-se os comportamentos do acesso CNPA-2005-15 nos experimentos 2 e 3 (Tabelas 6 e 7, respectivamente). Quando submetido a 10 dS m⁻¹ de salinidade no solo, esse material mostrou-se T, chegando a aumentar em 4,32% o ganho a MST como forma de resistência, no entanto, quando o nível subiu para 12 dS m⁻¹, este mecanismo foi perdido, com uma diminuição de MST de 75,84%, sendo classificado como S. Provavelmente os genes que ativam sua tolerância a 10 dS m⁻¹ são silenciados a 12 dS m⁻¹. Esse mecanismo adverso foi constatado por Jiang et al. (2017) “pesquisando o efeito do aumento do estresse salino sobre *Deinococcus radiodurans*”. Da mesma forma, a cultivar de algodão colorido BRS 200 Marrom que, quando submetida ao nível de salinidade do solo de 10 dS m⁻¹ no experimento 2, apresentou uma percentagem de ganho de MST de 4,34% (Tabela 6), sendo considerada a mais tolerante deste ensaio, obteve uma perda de 19,50% em MST ao nível de 12 dS m⁻¹ (Tabela 7), perdendo tolerância.

Já os genótipos BRS Jade, CNPA 2006-3075 e BRS Antares aumentaram a sua tolerância quando o nível de salinidade do solo aumentou de 10 dS m⁻¹ para 12 dS m⁻¹ (Tabelas 6 e 7). A cultivar BRS Jade passou de uma perda de 18,53% para apenas 6,78%, respectivamente. Entretanto, quem desenvolveu uma grande tolerância ao

aumento da concentração salina foi CNPA 2006-3075 e BRS Antares, que aumentaram em mais de 100% a produção de MST. A linhagem CNPA 2006-3075 que, sob o nível de 10 dS m⁻¹ de salinidade do solo, perdeu 18,36% da MST, aumentou o valor desta variável em 105,16% quando submetida ao nível de 12 dS m⁻¹. E a cultivar BRS antares passou de uma perda de 18,71% para um ganho de 151,85 em MST com este aumento. É possível que esses três materiais, ao atingirem o nível mais alto de salinidade no extrato de saturação do solo testado nessa pesquisa – 12 dS m⁻¹ -, ativem certos genes que desencadeie uma maior eficiência na planta em relação ao metabolismo, aumentando os valores de velocidade máxima de enzimas (V_{max}) e/ou de afinidade com relação ao substrato (diminuição de K_m) (Tirry et al., 2021).

Dessa forma, dos 63 genótipos do BAG da Embrapa testados, o que apresentou a maior tolerância à salinidade do solo foi a cultivar BRS Antares, que desenvolveu, como resposta ao nível de sal no solo de 12 dS m⁻¹, uma maior aceleração no crescimento. No outro extremo, as cultivares BRS Fabrica, BRS Itaúba e Delta Opal se mostraram igualmente as mais suscetíveis, chegando a não germinar quando submetidas ao menor nível de estresse salino testado, 4 dS m⁻¹ (Tabela 5).

Conclusão

- A cultivar BRS Antares é a mais eficiente em tolerar estresse salino em casa-de-vegetação, reagindo ao nível de salinidade do solo de 12 dS m⁻¹ aumentando a sua taxa de crescimento, no período de desenvolvimento vegetativo, em 150%.

- As cultivares BRS Fabrica, BRS Itaúba e Delta Opal são as mais sensíveis à salinidade do solo, não germinando no nível de salinidade do solo de 12 dS m⁻¹.

- Há necessidade de um ajuste das metodologias relacionadas à seleção de acessos que sejam tolerantes à

salinidade e aptas para cultivo em solos salinizados do Semiárido Nordeste.

Referências

- Dantas, J. P.; Ferreira, M. M. M.; Marinho, F. J. L.; Nunes, M. do S. A.; Queiroz, M. F. de; Santos, P. T. A. dos. 2003. Efeito do estresse salino sobre a germinação e produção de sementes de caupi. *Agropecuária Técnica*, 24: 119–130.
- Dantas, J. P.; Marinho, F. J. L.; Ferreira, M. M. M.; Amorim, M. do S. N.; Andrade, S. I. de O.; Sales, A. L. de. 2002. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6: 425–430.
- Fageria, N. K. 1985. Salt tolerance of rice cultivars. *Plant and Soil*, 88: 237–243.
- Ferraz, L. R. de S.; Beltrão, N. E. de M.; Magalhães, I. D.; Rocha, M. do S.; Melo, A. S. de. 2011. Aspectos morfológicos e bioquímicos em plântulas de algodoeiro 'BRS Topázio' sob salinidade. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, 15: 53–61.
- Jácome, A. G.; Fernandes, P. D.; Gheyi, H. R.; Gonçalves, A. C. A.; Silva, F. F. da S. 2005. Avaliação de genótipos de algodoeiro sob níveis de salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 9: 365–369.
- Jiang, S.; Wang, J.; Liu, X.; Liu, Y.; Guo, C.; Zhang, L.; Han, J.; Wu, X.; Xue, D.; Gou, A. E.; Feng, S.; Zhang, H.; Chen, Y.; Ping, S.; Chen, M.; Zhang, W.; Li, L.; Zhou, Z.; Zuo, K.; Li, X.; Yang, Y.; Lin, M. 2017. DrwH, a novel WHY domain-containing hydrophobic LEA5C protein from *Deinococcus radiodurans*, protects enzymatic activity under oxidative stress. *Scientific Reports*, 7. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-09541-2>.
- Medeiros, P. R. F.; Duarte, S. N.; Uyeda, C. A.; Silva, E. F. F.; Medeiros, J. F. de. 2012. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16: 51–55.
- Molin, J. P.; Rebello, L. M. 2011. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. *Engenharia Agrícola*, 31: 90–101.
- Nações Unidas Brasil. 2022. 1,5 bilhão de pessoas vivem com solo salgado demais para ser fértil. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/152392-15-bilhao-de-pessoas-vivem-com-solo-salgado-demais-para-ser-fertil>.
- Oliveira, F. de A. de; Medeiros, J. F. de; Oliveira, F. R. A. de; Freire, A. G.; Soares, L. C. da S. 2012. Produção do algodoeiro em função da salinidade e tratamento de sementes com regulador de crescimento. *Revista Ciência Agronômica*, 43: 279–287.
- Oliveira, L. L. de P.; Dias, N. da S.; Medeiros, L. C.; Ferreira, L. L. 2014. Tolerância de cultivares de algodão (*Gossypium hirsutum*) à salinidade da água de irrigação. *ACSA*, 10: 66–71.
- Pedrotti, A.; Chagas, R.; Ramos, V.; Prata, A.; Santos, A. dos. 2015. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 19: 1308–1324.
- Perez-Marin, A. D.; Cavalcante, A. M. B.; Medeiros, S. S.; Tinoco, L. B. M.; Salcedo, I. H. 2012. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? *Parceria Estratégica*, 17: 87–106.
- Rai, V.; Rai, A. K. 1999. Growth behaviour of *Azolla pinnata* at various salinity levels and induction of high salt tolerance. *Plant and Soil*, 206: 79–84.
- Ribeiro, M. R.; Ribeiro Filho, M. R.; Jacomine, P. K. T. 2016. Origem e Classificação dos Solos Afetados por Sais. p. 9–16. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C. F. de; Gomes Filho, E., eds. *Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados*. 2 ed. Fortaleza, Ceará, Brasil.
- Saelee, N. 2022. Effects of soil salinity on nutritional compositions of fresh *Jak* (*Nypa fruticans*) sap. *Journal of Food Composition and Analysis*, 114: 104767. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157522003854>.
- Silva, A. A. R. da; Veloso, L. L. de S. A.; Nascimento, R. do; Nascimento, E. C. S.; Bezerra, C. V. de C.; Pereira, M. C. de A. 2019. Trocas gasosas e crescimento de cultivares de algodoeiro sob salinidade da água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23: 393–399.
- Siqueira, E. da C.; Gheyi, H. R.; Beltrão, N. E. de M.; Soares, F. A. L.; Barros Junior, G.; Cavalcanti, M. L. F. 2005. Crescimento do algodoeiro colorido sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 9: 263–267.
- Sonmez, S.; Buyukitas, D.; Okturen, F.; Citak, S. 2008. Assessment of different soil to water ratios (1:1, 1:2.5, 1:5) in soil salinity studies. *Geoderma*, 144: 361–369.
- Tirry, N.; Kouchou, A.; Laghmari, G.; Lemjereb, M.; Hnadi, H.; Amrni, K.; Bahafid, W.; El Ghachtouli, N. 2021. Improved salinity tolerance of *Medicago sativa* and soil enzyme activities by PGPR. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 31: 101914. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878818121000104>.
- Zhang, D.; Li, J.; Niu, X.; Deng, C.; Song, X.; Li, W.; Cheng, Z.; Xu, Q.; an; Zhang, B.; Guo, W. 2021. GhANN1 modulates the salinity tolerance by regulating ABA biosynthesis, ion homeostasis and phenylpropanoid pathway in cotton. *Environmental and Experimental Botany*, 185: 104427.