



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM HORTICULTURA
TROPICAL**

LUANA DA SILVA BARBOSA

**INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA NA
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE MELÃO**

POMBAL - PB

2020

LUANA DA SILVA BARBOSA

**INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA NA
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE MELÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Campina Grande, como parte das exigências do
programa de Pós-Graduação em Horticultura
Tropical, para a obtenção do título de mestre.

Orientador: Kilson Pinheiro Lopes

POMBAL - PB

2020

B238i Barbosa, Luana da Silva.
Indução de tolerância à deficiência hídrica na germinação e crescimento inicial do melão / Luana da Silva Barbosa. – Pombal, 2020.

58 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2020.

"Orientação: Prof. Dr. Kilson Pinheiro Lopes".

Referências.

1. Melão. 2. Sementes de melão. 3. Ácido salicílico. 4. Ácido giberélico. 5. Choque à frio. 6. Estresse hídrico. 7. Fisiologia vegetal. I. Lopes, Kilson Pinheiro. II. Título.

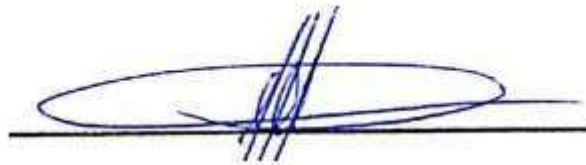
CDU 635.611(043)

LUANA DA SILVA BARBOSA

**INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA NA
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE MELÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Campina Grande, como parte das exigências do
programa de Pós-Graduação em Horticultura
Tropical, para a obtenção do título de mestre.

Aprovada em: 19 / 02 / 2020.



Prof. Dr. Kilson Pinheiro Lopes
Orientador (CCTA/PPGHT/UFCG)



Prof. Dr. Franciscleudo Bezerra da Costa
Examinador interno (CCTA/PPGHT/UFCG)



Prof. Dr. Wellington Souto Ribeiro
Examinador externo (CCTA/UAGRA/UFCG)

*À Deus, Maria Santíssima e minha família, em especial,
Wilson Barbosa (pai) e Maria Lusinete (mãe)...*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus por sempre ter me sustentado e me dado forças nos meus momentos de fraqueza e me enriquecido suas bênçãos em toda a minha vida. À Maria, minha mãezinha, por ter me protegido, com seu Manto Sagrado e me livrado de muitos males.

Aos meus pais, pois não conseguiria ter chegado até o fim sem toda sua ajuda e carinho. Wilson Barbosa do Nascimento (pai) por sempre se preocupar, ajudar financeiramente, além, de me amar como nunca e me incentivar a ser uma pessoa melhor a cada dia. Maria Lusinete da Silva Barbosa (mãe) por sempre me deixar mais forte e acreditar no meu potencial.

Aos meus irmãos, Laís da Silva Barbosa e Wilson Barbosa do Nascimento Junior, por toda preocupação, incentivo e força, em todos esses anos de minha vida.

A Universidade Federal de Campina Grande e o Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, a todos os professores e funcionários que fazem parte do programa, por oferecer apoio necessário para realização do mestrado. A CAPES pelo fornecimento da bolsa de mestrado, fundamental para conclusão dessa etapa de minha vida.

Ao meu orientador, Kilson Pinheiro Lopes, por todos ensinamentos, confiança, atenção, compreensão, força e sempre acreditar no meu potencial. São aprendizados que irei levar para toda a vida e serei eternamente grata.

A todos que compõem o Laboratório de Análises de Sementes e Mudas (LABASEM), por toda ajuda. Em especial, orientador e responsável, Kilson Lopes, por toda confiança. Roberta Chaiene, que muito me ensinou, ajudou nos experimentos e aconselhou. Marcelo Augusto, que conheci no início do mestrado e que esteve me ajudando até o fim. Paloma Domingues, que não me canso de dizer, que sem sua ajuda não teria conseguido montar/desmontar em tempo todos os experimentos da dissertação, além, de ter me deixado tudo mais alegre e diminuído a tensão. Sou feliz por conhecer vocês, por toda ajuda, conhecimento adquirido, amizade e carinho.

Aos membros do PET Agronomia, em especial, Marcelo Augusto, Paloma Domingues, Vitória, Leticia, Alena e Carlos, por toda ajuda nos experimentos.

Aos amigos que conquistei na UFCG, deixando os dias mais alegres e mais fáceis de conviver. Em especial, Agda Malany, que em pouco tempo foi criado uma amizade e parceira, tanto para os momentos de alegria, mas também momentos confusos. Fernanda Mirele, por vários conselhos que me deixaram mais forte, por tantas gargalhadas, pela companhia e por nunca me deixar desabar, estando comigo, em tantos momentos que as lágrimas não se

continham. Michael Marcos, por alegrar meus dias e sempre contar as melhores histórias. Larisse Brandão, por dividir choros e risos, e sempre dando força uma a outra. Adriana Santos, que esteve presente, sempre me ajudando e aconselhando.

À Wellington Souto Ribeiro, que além de professor, se tornou um grande amigo e conselheiro, que sempre mostra o caminho certo e por onde ir, principalmente academicamente. Agradeço por acompanhar na viagem a Viçosa, incentivar e fazer parte das análises lá geradas. Ao Neilier Rodrigues, por todo ensinamento e ajuda nas realizações nas análises feitas na UFV. Ao professor Franciscleudo, por além de participar da banca examinadora, aconselhar e dar forças para o término do mestrado.

À minha amiga e irmã de coração, Kaline Nascimento, que esteve comigo na graduação e em sentimento no mestrado, por sempre me incentivar, dar forças, sorrir, chorar e lutar por essa conquista. À Ana Carolina, que tanto me ensinou e sempre estava lá para tirar minhas dúvidas mais aleatórias, acreditou, deu forças e sempre disse que eu era capaz. À Camila Firmino, que foi uma mãe na graduação e se tornou uma amiga, por todo incentivo e ensinamentos adquiridos ao longo dos anos. À Rafaela Nascimento, por ser uma grande amiga e me aconselhar em todos esses anos, sabendo sempre me dar forças para continuar.

Aos meus amigos, que me acompanham desde o ensino médio, Ruan, Paula Fernanda, Laize, Thais e Laise Pereira, por todo carinho e amor, deixando-me mais forte. Ao Jorge Luiz, que conheço a quase dez anos e sempre acreditou no meu potencial, que me deu muita força nesse último ano, nunca me deixando cair, brigou e puxou minha orelha quando eu precisava, mas também me fez sorrir como nunca.

As minhas irmãs em cristo, Kelly e Luana, por todo incentivo, carinho e força.

Agradeço a todos os citados, do fundo do meu coração, sem vocês não teriam conseguido. Além de minha, é uma conquista de vocês.

LISTA DE FIGURAS

REFERÊNCIAL TEÓRICO

Figura 1. Atividade do ácido salicílico sobre a toxicidade de cádmio nas plantas (GUO et al., 2019).....19

CAPÍTULO I. Ácido salicílico inibe a germinação de *Cucumis Melo* L. CV. Melão Amarelo

Figura 1. Emissão da radícula no primeiro dia de contagem de germinação de sementes de *C. melo* cv. Melão Amarelo.....35

Figura 2. SDS-PAGE das proteínas totais das amostras das sementes de *Cucumis melo* cv. Melão Amarelo e seus pré-tratamentos. (T=testemunha; AS= ácido salicílico; CF= choque frio; GA3= giberelina)38

CAPÍTULO II. Ácido giberélico e choque frio não induz a resistência ao estresse hídrico em sementes e plântulas de *Cucumis melo* L. CV. Melão Amarelo

Figura 1. Dados relativos à porcentagem (A), primeira contagem (B), índice de velocidade de germinação (C) e comprimento de radícula (D) das sementes de *C. melo* cv. Melão Amarelo em função dos potenciais osmóticos. (P1 = Testemunha; P2 = Ácido giberélico + choque frio).49

Figura 2. Dados relativos à porcentagem (A) e índice de velocidade de emergência (B) das sementes de *C. melo* cv. Melão Amarelo em função das capacidades de retenção de água na areia. (P1 = Testemunha; P2 = Ácido giberélico + choque frio)52

Figura 3. Dados relativos ao comprimento da parte aérea (A) e massa seca da raiz (B) das plântulas de *C. melo* cv. Melão Amarelo em função das capacidades de retenção de água na areia. (P1 = Testemunha; P2 = Ácido giberélico + choque frio; C.R.: Capacidade de retenção)54

Figura 4. Dados relativos ao comprimento da raiz (A) e massa seca da parte aérea (B) das plântulas de *C. melo* cv. Melão Amarelo em função das capacidades de retenção de água na areia.....56

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I. Ácido salicílico inibe a germinação de *Cucumis Melo* L. CV. Melão Amarelo

Tabela 1. Resumo de análise de variância para a porcentagem de germinação (PG), primeira contagem de germinação (PCG) e índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de *Cucumis melo* L. cv. Melão Amarelo. Pombal, CCTA/UFCG, 2019.....34

Tabela 2. Porcentagem de germinação (PG), primeira contagem de germinação (PCG) e índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de melão pré-tratadas com ácido salicílico, giberelina e choque frio (AS= ácido salicílico; CF= choque frio; GA3= giberelina). Pombal, CCTA/UFCG, 2019.....34

Tabela 3. Resumo de análise de variância para a atividade da peroxidase de fenóis (POX), atividade da catalase (CAT), atividade da ascorbato peroxidase (APX) e atividade da lipase em sementes de *Cucumis melo* L. cv. Melão Amarelo. Pombal, CCTA/UFCG, 2019.....36

Tabela 4. Atividade da peroxidase de fenóis (POX), da catalase (CAT), do ascorbato peroxidase (APX) e da lipase em sementes de *Cucumis melo* L. cv. Melão Amarelo pré-tratadas com ácido salicílico, giberelina e choque frio (AS= ácido salicílico; CF= choque frio; GA3= giberelina). Pombal, CCTA/UFCG, 2019.....37

CAPÍTULO II. Ácido giberélico e choque frio não induz a resistência ao estresse hídrico em sementes e plântulas de *Cucumis melo* L. CV. Melão Amarelo

Tabela 1. Resumo de análise de variância para a porcentagem de germinação (PG), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG) e comprimento de radícula (CR) em sementes de *Cucumis melo* L. cv. Melão Amarelo. (P.T. = Pré-tratamentos; P.O. = Potencial osmótico). Pombal, CCTA/UFCG, 2019.....48

Tabela 2. Resumo de análise de variância para a porcentagem de emergência (PE), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) em sementes de *Cucumis melo* L. cv. Melão Amarelo. (P.T. = Pré-tratamentos; C.R. = Capacidade de retenção). Pombal, CCTA/UFCG, 2019.....52

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO GERAL	xi
GENERAL ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUÇÃO GERAL	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Características gerais e importância da cultura	14
2.2 Deficiência hídrica e seu efeito na germinação e crescimento inicial	15
2.3 Ácido salicílico	17
2.4 Giberelina.....	19
2.5 Choque frio	20
REFERÊNCIAS.....	22
CAPÍTULO I: Ácido salicílico inibe a germinação de <i>Cucumis melo</i> L. cv. Melão amarelo.....	27
RESUMO	xxviii
ABSTRACT	xxix
1. INTRODUÇÃO	30
2. MATERIAL E MÉTODOS	31
2.1 Procedimento experimental	31
2.2 Avaliações.....	31
2.2.1 Qualidade fisiológica	31
2.2.2 Atividade enzimática	32
2.3 Delineamento experimental e análise estatística	33
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
3.1 Qualidade fisiológica	34
3.2 Atividade enzimática	36
4. CONCLUSÕES	38
5. REFERÊNCIAS	39
CAPÍTULO II: Ácido giberélico e choque frio não induz a resistência ao estresse hídrico em sementes e plântulas de <i>Cucumis melo</i> L. cv. Melão Amarelo	42
RESUMO	xlii
ABSTRACT	xliv
1. INTRODUÇÃO	45
2. MATERIAL E MÉTODOS	46
2.1 Procedimento experimental	46
2.2 Avaliações.....	46
2.3 Delineamento experimental e análise estatística	47
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
3.1 Germinação	48
3.1 Emergência	51
4. CONCLUSÕES	57
5. REFERÊNCIAS	57

RESUMO GERAL

BARBOSA, Luana da Silva. **Indução de tolerância à deficiência hídrica na germinação de sementes e crescimento inicial de melão**. 2020. 58p. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, PB¹.

No meloeiro algumas substâncias podem colaborar melhorando a eficiência de processos metabólicos ou atuando diretamente em rotas metabólicas de resposta ao ambiente desfavorável permitindo adaptações às mudanças ambientais, a exemplo do ácido salicílico e a giberelina. Neste contexto, objetivou-se avaliar a qualidade e o vigor das sementes de melão pré-tratadas com o ácido salicílico (AS), ácido giberélico (GA3) e choque frio (CF), e então submetidas a condições de estresse hídrico. No primeiro experimento, as sementes foram pré-tratadas em oito condições, sendo P1 (testemunha), P2 (CF), P3 (AS), P4 (AS+CF), P5 (GA3), P6 (GA3+AS), P7 (GA3+CF) e P8 (GA3+AS+CF) e foi avaliado a qualidade fisiológica (teste de germinação, primeira contagem de germinação e índice de velocidade de germinação) e atividade enzimática (atividade da ascorbato peroxidase, catalase, peroxidase de fenóis, quantificação de proteínas, eletroforese desnaturante SDS-PAGE e lipase) em delineamento inteiramente casualizado e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O ácido salicílico inibe a germinação de sementes de melão e o choque térmico à frio, o potencializa. A giberelina associada com o choque à frio induz a germinação de sementes de melão. O segundo experimento conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 (sementes sem qualquer pré-tratamento e sementes pré-tratadas com giberelina e choque à frio) x 4 (quatro potenciais osmóticos 0,0; -0,3; -0,6 e -0,9 Mpa e na avaliação da emergência das plantas as capacidade de retenção de água na areia de 100, 80, 60, e 20%), empregando-se quatro repetições. Foi avaliada a qualidade fisiológica das sementes e crescimento inicial das plântulas por meio do teste padrão de germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação, comprimento de radícula, emergência de plântulas, índice de emergência de plântulas, comprimento e massa seca da parte aérea e da raiz. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e quando significativas as médias do fator qualitativo foram comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. À medida que a capacidade de retenção de água na areia aumenta, o vigor das sementes e das plântulas de Melão Amarelo diminui. O ácido giberélico + choque frio não proporciona indução de resistência ao estresse hídrico. As sementes sem pré-tratamento resistem até -0,3 Mpa e 40% da capacidade de retenção de água na areia.

Palavras-chave: Ácido salicílico; ácido giberélico; choque à frio; estresse hídrico; fisiologia vegetal.

¹Orientador: Prof^o. Kilson Pinheiro Lopes, CCTA/UFCG

GENERAL ABSTRACT

BARBOSA, Luana da Silva. **Induction of water deficiency tolerance in seed germination and initial melon growth.** 2020. 58p. Dissertation (Master in Tropical Horticulture) – Federal University of Campina Grande, Pombal, PB.¹

In melon, some substances can collaborate by improving the efficiency of metabolic processes or acting directly on metabolic routes of response to the unfavorable environment, allowing adaptations to environmental changes, such as salicylic acid and gibberellin. In this context, the objective was to evaluate the quality and vigor of melon seeds pretreated with salicylic acid (SA), gibberellic acid (GA3) and cold shock (CS), and then subjected to water stress conditions. In the first experiment, the seeds were pre-treated in eight conditions, being P1 (control), P2 (CS), P3 (SA), P4 (SA + CS), P5 (GA3), P6 (GA3 + SA), P7 (GA3 + CS) and P8 (GA3 + SA + CS) and physiological quality (germination test, first germination count and germination speed index) and enzymatic activity (ascorbate peroxidase, catalase, phenol peroxidase activity) were evaluated, protein quantification, SDS-PAGE denaturing electrophoresis and lipase) in a completely randomized design and compared by the Tukey test at 5% probability. Salicylic acid inhibits the germination of melon seeds and the cold thermal shock, potentiates it. Gibberellin associated with cold shock induces germination of melon seeds. The second experiment conducted in a completely randomized design in a factorial scheme 2 (seeds without any pretreatment and seeds pretreated with gibberellin and cold shock) x 4 (four osmotic potentials 0.0; -0.3; -0.6 and -0.9 Mpa and in the evaluation of the emergence of the plants the water retention capacity in the sand of 100, 80, 60, and 20%), using four repetitions. The physiological quality of seeds and initial seedling growth were evaluated using the germination pattern, first count and germination speed index, radicle length, seedling emergence, seedling emergence index, shoot length and dry mass and the root. The data obtained were subjected to analysis of variance and when significant, the means of the qualitative factor were compared by the Tukey test at 5% probability. As the water holding capacity in the sand increases, the vigor of the seeds and seedlings of Yellow Melon decreases. Gibberellic acid + cold shock does not induce resistance to water stress. The seeds without pre-treatment resist up to -0.3 Mpa and 40% of the water retention capacity in the sand.

Keywords: Salicylic acid; gibberellic acid; cold shock; hydric stress; plant physiology.

¹Advisor: Prof^o. Kilson Pinheiro Lopes, CCTA/UFCG.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O *Cucumis melo* L. pertencente à família Cucurbitaceae é caracterizada como uma espécie olerícola de grande importância econômica e alimentícia. Grande parte de sua produção é destinada ao consumo *in natura*, como ingrediente de saladas de frutas ou de hortaliças e, também, na forma de suco (MEDEIROS et al., 2015), doces, polpas, entre outros.

A produção de frutos desta espécie é tida como uma excelente alternativa para pequenos e médios produtores do Brasil, principalmente do Nordeste, devido a planta possuir uma boa adaptação aos diversos climas do país.

No semiárido brasileiro, são exemplos de rápida evolução de aprimoramento tecnológico e de geração de emprego e renda. O acelerado crescimento da cultura no Nordeste, exige a necessidade de um processo contínuo de estudos dessa espécie vegetal para atender aos anseios dos produtores da região, principalmente em relação à necessidade de água, um dos principais problemas que afeta o local.

No Nordeste brasileiro, a área de insuficiência hídrica abrange cerca de 150 milhões de hectares, responsável por minimizar o potencial produtivo de diversas culturas, e, a depender das características químicas da mesma, prejudicar os atributos físicos e químicos do solo (SOUZA et al., 2010). O déficit hídrico e a ocorrência de salinidade e/ou sodicidade em alguns solos nordestinos são fatores limitantes à produção agrícola nesta região do país (GALON et al., 2011).

O melão tem baixa germinação e crescimento a baixas temperatura (abaixo de 13 ° C) e altas (acima de 40 ° C) temperaturas (EDELSTEIN; NERSON, 2009). Este é um problema para a cultura no nordeste e sul do Brasil. Como resultado, a preparação de sementes das mesmas tem sido usada para aumentar a germinação e o vigor sob condições estressantes, por exemplo, baixa e alta temperatura, seca e salinidade (FARHOUD et al., 2011).

Algumas substâncias podem colaborar melhorando a eficiência de processos metabólicos ou atuando diretamente em rotas metabólicas de resposta ao ambiente desfavorável permitindo adaptações às mudanças ambientais. Uma dessas substâncias é o ácido salicílico e a giberelina. Por outro lado, alguns procedimentos também podem colaborar nas reações das plantas ao estresse, como o choque frio, ou seja, curto período de temperatura desfavorável pode induzir a aclimatação da planta a outro fator desfavorável abiótico, como deficiência de água ou temperatura elevada, ou mesmo biótico como patógenos. Essas respostas caracterizadas como estresse produzindo defesas ativas na planta a uma gama de outros estresses. Além disso,

a emergência e o estabelecimento inicial são considerados fases mais críticas de uma cultura devido à sensibilidade aos fatores externos adversos pelo menor aparato de respostas que dispõe a plântula, sendo assim, a agricultura necessita de estudos nessa área (AGOSTINI, 2010).

O uso de tratamentos pré-germinativos tem sido realizado para diminuir a exposição prolongada das sementes às condições desfavoráveis (MATIAS et al., 2012). Assim, o cultivo do melão deve ser incentivado através de subsídios e investimentos em pesquisas que visam melhorar as práticas culturais e fornecer informações aos produtores para o fortalecimento do cultivo para aumentar os ganhos e alcançar métodos para lidar com a atual falta de água do Nordeste.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Características gerais e importância da cultura

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) pertencente à família Cucurbitaceae, é uma planta de ciclo curto, com média de 70 a 80 dias. Apresenta caule herbáceo e prostrado, com número de ramificações variáveis em função da variedade. As folhas são alternadas, simples, palmadas, pentalobuladas, angulosas quando jovens e subcordiformes quando completamente desenvolvidas, possuindo gavinhas nas axilas das folhas. O sistema radicular é bastante ramificado, vigoroso e pouco profundo, cujo maior volume situa-se na camada de 20 a 30 cm de solo. As flores formam-se nas axilas das folhas, as masculinas apresentam-se em maior número e em grupos de 3 a 5, enquanto as femininas são isoladas e a proporção entre as masculinas e femininas é de 5:1. Quanto a expressão do sexo, o meloeiro pode apresentar quatro tipos de sexo: andromônica, monônica e hermafrodita (FILGUEIRA, 2008).

O fruto é uma baga indeiscente, com forma, tamanho, peso e coloração variável com a variedade (FILGUEIRA, 2008) e é uma fonte de vitamina A, vitamina C e microelementos como potássio e magnésio (FUNDO et al., 2018). Nos últimos anos, demonstrou possuir propriedades medicinais úteis, como propriedades analgésica, anti-inflamatória, antioxidante, antiulcerosa, anticâncer, antimicrobiana, diurética, antidiabética, efeito hepato-protetor, atividade contra hipotireoidismo e ação imunomoduladora (MILIND; KULWANT, 2011).

Espécies da família cucurbitaceae representam um grande volume de hortaliças comercializadas no Brasil, incluindo várias espécies que se destacam economicamente no abastecimento nacional pela ampla aceitação popular (SANTI et al., 2013).

Sua importância aumenta quando se leva em conta que as principais áreas produtoras do país que, estão localizadas no semiárido nordestino, promovendo o desenvolvimento econômico e gerando emprego e renda em uma das regiões mais pobres (DEUS et al., 2015).

No Brasil a área plantada do meloeiro passou de 7.877 ha em 1990 para 23.390 ha em 2018 e nesse período, houve crescimento da produção e da produtividade de 953% e 339%, respectivamente. A produção do melão concentra-se no Nordeste (89,29%), principalmente nos estados do Rio Grande do Norte (56,14%), Bahia (12,85%), Ceará (10,94%), Pernambuco (4,79%) e Paraíba (0,08) (IBGE, 2018).

A cultura do meloeiro é estabelecida principalmente por meio de sementeira direta, mas devido ao alto custo das sementes é mais viável o plantio de mudas em bandejas na produção de mudas que proporciona muitas vantagens ao produtor, elevando a produtividade e a qualidade do produto, além de reduzir a quantidade de sementes utilizadas (FILGUEIRA, 2013). Devendo levar em consideração os tratamentos culturais, como técnicas e manejo, que são fatores que favorecem o crescimento e desenvolvimento das mudas (SILVA; FERREIRA, 2015).

2.2 Deficiência hídrica e seu efeito na germinação e crescimento inicial

A água é um fator primordial no desenvolvimento vegetal, podendo limitar ou favorecer as diversas etapas do crescimento. Considerada solvente universal, a água participa de diversos processos físicos e bioquímicos que estimulam a expansão de tecidos. Na germinação é fator determinante, pois sua absorção promove a reidratação dos tecidos, intensificação do processo respiratório e nas demais atividades metabólicas que resultarão no desenvolvimento do eixo embrionário (FIOROTTI et al., 2006).

Em regiões semiáridas, o panorama de escassez de água se destaca em consequência da distribuição irregular de chuvas, resultando em longos períodos de estiagem, tornando-se indispensável a prática de irrigação na agricultura, uma vez que a taxa de evapotranspiração pode exceder a de precipitação durante a maior parte do ano (HOLANDA et al., 2016), mas não há água suficiente no local para realização da irrigação.

A germinação de sementes definida como a retomada do desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, resultando na formação de uma plântula normal, sob condições

ambientais favoráveis é um fenômeno biológico cuja ocorrência é determinada por um conjunto de condições específicas do meio. Assim, as condições ambientais, como a disponibilidade de água e a temperatura, afetam o processo de germinação exercendo influências significativas (MARCOS FILHO, 2015).

O gradiente e flutuações térmicas às quais as sementes são continuamente expostas constituem um sinal importante do ambiente no controle das diferentes fases do desenvolvimento da planta. Nas sementes, a temperatura atua tanto na indução e quebra de dormência, quanto no crescimento embrionário (BEWLEY et al., 2013).

Dentre os principais estresses abióticos, o estresse hídrico representa um sério problema de limitação de produção para a agricultura e a produção agrícola em todo o mundo, especialmente nas regiões áridas e semiáridas (ARZANI; ASHRAF, 2016).

O estresse hídrico afeta o desenvolvimento das culturas, por causar distúrbios fisiológicos à planta. As sementes quando submetidas à essas condições sofrem alterações em seu metabolismo, prejudicando significativamente suas características desejáveis como poder germinativo e vigor (BORGES et al., 2014).

O estresse, em geral, pode ser definido como um fator externo que exerce influência negativa sobre a planta. Este conceito está intimamente associado com o de tolerância ao estresse, que é a capacidade da planta em enfrentar condições ambientes desfavoráveis. Se a tolerância aumenta como consequência da exposição anterior ao estresse, diz-se que a planta está aclimatada (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Um estresse pode causar uma séria perturbação na integridade da membrana (WARAICH et al., 2012), que varia de acordo com o grau de deterioração bioquímica e/ou dano físico, e pode ser considerada a causa fundamental das mudanças no vigor das sementes (VIEIRA; KRYZANOWSKI, 1999). O processo de germinação de sementes leva a gatilhos enzimáticos capazes de implantar reservas nutricionais para fins de nutrição do eixo embrionário, ajudando a ter uma boa germinação e uma planta mais vigorosa (CARVALHO E NAKAGAWA, 2012).

Alterações e respostas ao estresse hídrico induzido na planta ocorrem em todos os níveis funcionais do organismo, que são reversíveis no início, mas podem se tornar permanentes (SILVA et al., 2018). Mesmo que a condição de estresse seja temporária, a vitalidade da planta diminui de acordo com a duração do estresse (SOUZA et al., 2006). Demonstrando a importância de realizar pesquisas sobre a tolerância à deficiência hídrica das espécies.

Irrigações com alta frequência são utilizadas a fim de evitar danos causados pelo estresse hídrico, promovendo na maioria das vezes uma irrigação excessiva, o que pode trazer

problemas fitossanitários e de ordem econômica (RODRIGUES et al., 2011). Por outro lado, a falta de água limita o crescimento e o desenvolvimento das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2017), reduzindo o vigor e o padrão de qualidade. Por isso, é realizado trabalhos com diferentes capacidades de retenção de água afim de delimitar até que ponto as sementes conseguem germinar e as plantas desenvolverem com o mínimo de água necessário para a espécie.

Trabalhos com diversas espécies têm sido realizados sob condições de deficiência hídrica em condições de laboratório, para determinar a germinação e o vigor de sementes, para isso, diversas soluções osmóticas vêm sendo utilizadas (COLMAN et al., 2014), por exemplo, o polietilenoglicol (P.E.G.) que tem sido utilizado em trabalhos de germinação simulando o estresse hídrico em laboratório, por ser um composto químico inerte e não tóxico (COELHO et al., 2010), de elevado peso molecular (4.000 a 12.000 Da) caracterizado por promover a hidratação controlada das sementes (NASCIMENTO; COSTA, 2009).

Algumas proteínas são sintetizadas apenas durante o processo com o P.E.G., como por exemplo, produtos resultantes da degradação de proteínas de reserva, como globulinas e cruciferinas, cuja possível explicação seria que uma situação de déficit hídrico, como a causada pelo polietilenoglicol, levaria a degradação destas proteínas, iniciando processo de utilização das reservas antes do que ocorre naturalmente em sementes não osmocondicionadas (VARIER et al., 2010).

Entretanto, no processo germinativo e em plântulas, há poucos trabalhos visando o desenvolvimento de técnicas que buscam uma futura tolerância e aclimatação das culturas ao estresse hídrico, os quais abririam a possibilidade de utilização de tratamentos de sementes ou por meio de outros métodos (COLMAN et al., 2014).

2.3 Ácido salicílico

O ácido salicílico (SA) pertence a um grupo de moléculas denominadas salicilatos, são compostos fenólicos sintetizados por plantas, que possuem um anel aromático e um grupo hidroxila (MARURI-LOPEZ et al., 2019). Mesmo antes da identificação química dos salicilatos, por milhares de anos, os humanos os usaram como analgésicos (KLESSIG et al., 2018). Embora os efeitos e benefícios da aspirina em humanos para tratar febre, dor ou inchaço e reduzir o risco de ataque cardíaco, derrame e certos tipos de câncer tenham sido bem descritos e estudados (KLESSIG et al., 2018), seu papel como metabólito secundário na biologia vegetal foi caracterizado apenas no final do século XX (MARURI-LOPEZ et al., 2019).

Os fitohormônios relacionados à defesa geral fazem parte do que é chamado de resistência adquirida sistemática da planta e resistência sistêmica induzida (PIETERSE et al., 2012; FU; DONG, 2013). Dentre os vários fitohormônios, o ácido salicílico foi caracterizado classicamente como papel de defesa das plantas (PIETERSE et al., 2012).

O ácido salicílico é um composto pertencente ao grupo dos compostos fenólicos e que está presente em grande parte das plantas (VLOT et al., 2009; KLESSIG et al., 2018). Apresenta várias funções, destacando-se inibição da germinação e do crescimento, interferência na absorção de raízes, redução da transpiração e causa a abscisão foliar em algumas espécies (KERBAUY, 2008). Estudos também relatam que o ácido salicílico tem capacidade de ativar peroxidases, tendo um importante papel no processo bioquímico com a biossíntese de suberina e lignina que estão envolvidas no reforço das paredes das células, e essas substâncias são de grande importância para a proteção da planta (SAKHABUTDINOVA, 2004).

O AS pode atuar como um importante regulador da fotossíntese pela influência da atividade do rubisco, contribuição para a aclimação da luz e homeostase redox, e a função do interruptor estomático (VICENTE; PLASENCIA, 2011), além disso, também pode impedir a destruição da clorofila, isso aconteceu com o milho (KRANTEV et al., 2008), soja (NORIEGA et al., 2012) e linho (BELKHADI et al., 2010).

O ácido salicílico é bem conhecido como molécula sinalizadora na indução do sistema defensivo das plantas a estresses bióticos ou abióticos (DONG et al., 2014). Sob estresse, a biossíntese aprimorada de ácido salicílico endógena foi intimamente relevante com o aumento das atividades de enzimas antioxidantes nas sementes e no crescimento de plântulas (WANG et al., 2013). É bem sabido que o SA sinaliza a resistência das plantas através da modulação do metabolismo de ROS, especialmente H_2O_2 , o modo de sua ação envolve a ligação do AS diretamente para catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX), duas enzimas importantes (DURNER; KLESSIG, 1996; HERNÁNDEZ et al., 2017) (Figura 1). Esse cenário causa danos significativos a lipídios, proteínas, ácidos nucleicos e, no pior dos casos, até a morte celular e o crescimento atrofiado das plantas (DANGOL et al., 2019). Em um experimento realizado com sementes de milho demonstrou que o revestimento tratado com ácido salicílico e submetido a estresse térmico (5° C) a quantidade de enzimas eram obviamente mais altas do que as não tratadas com o ácido, aumentando a tolerância ao resfriamento na espécie (GUAN et al., 2009).

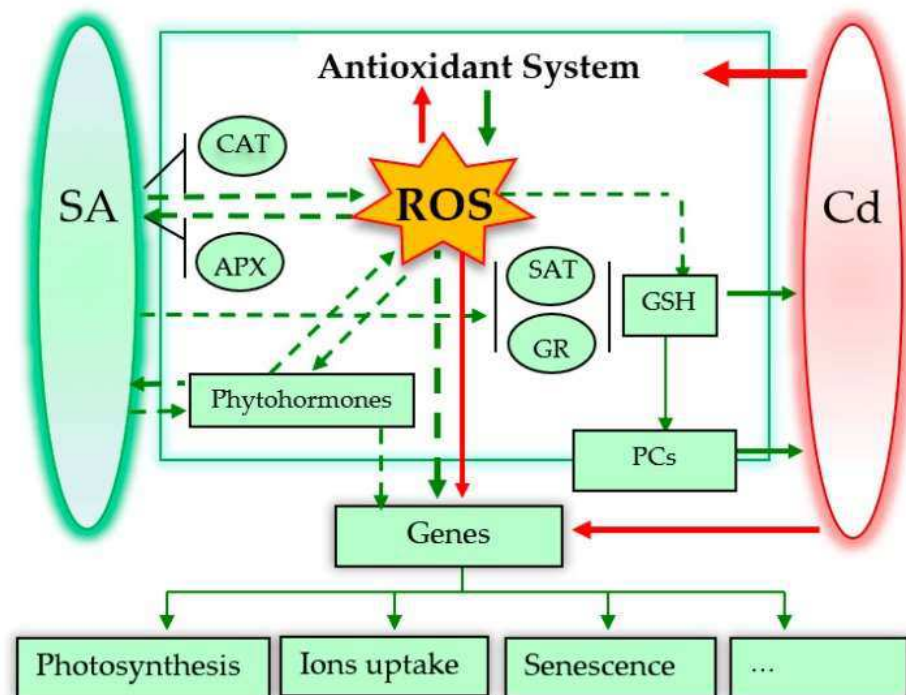


Figura 1. Atividade do ácido salicílico sobre a toxicidade de cádmio nas plantas (GUO et al., 2019)

Como um fitohormônio multifacetado, o AS desencadeia processos fisiológicos e bioquímicos durante todos os estágios de desenvolvimento da planta, incluindo germinação de sementes, crescimento vegetativo, produção de sementes e senescência (VICENTE; PLASENCIA, 2011), além de atribuir positivamente na captação nutricional das plantas. Em plantas transgênicas de *Arabidopsis* submetidas ao AS teve um estágio vegetativo mais longo e maior taxa de crescimento em comparação com as plantas do tipo selvagem (ABREU; MUNNÉ-BOSCH, 2009).

2.4 Giberelina

A aplicação de reguladores de crescimento que auxiliam a germinação de sementes de espécies vegetais é de extrema importância, e o uso da giberelina tem sido fundamental, pois está relacionada com a síntese de enzimas hidrolíticas como α -amilase e proteases que degradam reservas como amido e proteínas, as quais são usadas no desenvolvimento do embrião e também no alongamento da radícula (TAIZ; ZEIGER, 2017).

As vias de sinalização da giberelina dependem das proteínas DELLA (DAVIERE; ACHARD, 2013) e desestabilizam essas proteínas, que atuam como repressores do crescimento, visando as GAs para ubiquitinação que são inibidoras da germinação e degradação

das mesmas (DILL et al., 2004). As proteínas DELLA controlam a germinação, uma vez que parecem desempenhar um papel fundamental na regulação da germinação de sementes (PISKUREWICZ et al., 2008), assim, a giberelina presente na semente diminui a quantidade dessa proteína e resultam em uma melhor germinação.

A giberelina (GA3) quando em baixas concentrações tem a capacidade de ativar a produção das enzimas xiloglucana endotransglicosilase, que promove o afrouxamento da parede celular, e por consequência o crescimento do tecido; contudo, esse crescimento pode ser inibido quando a GA3 se encontra em concentrações mais elevadas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Estudos demonstraram que os carboidratos produzidos pela fotossíntese modulam a biossíntese de GA3 e através desse mecanismo é determinado a altura e diâmetro da planta, sugerindo que as giberelinas interferem na alocação de carbono que é fundamental para garantir um padrão de crescimento das espécies (PAPARELLI et al., 2013).

A produção de biomassa é um critério importante e fundamental no vigor de espécies florestais, além de uma variável de crescimento importante para inferência sobre a assimilação de carbono ao longo do tempo e está associada a outras variáveis com efeito direto na qualidade e produtividade da madeira (MIRANDA, 2015), isto acontece porque a giberelina estimula a expansão celular (ZANG; WHITING, 2013).

A aplicação de GA3 contribui para ampliação da área foliar com consequente acúmulo da biomassa (LOPES et al, 2015), porém, doses inadequadas reduzem a fotossíntese líquida decorrente da diminuição da área foliar (AMARO et al., 2017). Com a redução da área fotossintetizante ocorre naturalmente diminuição na captação de luz e CO₂, ocorrendo redução na produção de fotoassimilados nas folhas (ALMEIDA; VIEIRA, 2010).

O emprego da hidratação com giberelina não influenciaram em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5, dentro das condições testadas, na geminação, emergência e crescimento inicial das plântulas (BATISTA et al., 2015). Já em sementes de *Annona crassiflora* a aplicação de GA3 promoveu maior porcentagem de germinação e maior velocidade de germinação (PIMENTA et al., 2019).

2.5 Choque à frio

A temperatura é um fator que influencia as reações bioquímicas que regulam o metabolismo necessário para iniciar o crescimento do embrião e, em consequência, a porcentagem e a velocidade de germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012)

Existe proteínas que são formadas em resposta à elevações repentinas de temperatura (5 a 10 °C), denominadas de proteínas de choque térmico (HSP) que auxiliam as células a suportar o estresse (TAIZ; ZEIGER, 2017). Alguns estudos mostram que o choque frio libera substâncias osmoprotetoras (dissacarídeos, poliaminas, enzimas extratoras), ajudando na germinação das sementes e no desenvolvimento da planta em ambientes com pouca disponibilidade hídrica (KUMARI et al., 2006).

A síntese de HSPs podem ser aumentadas por elevada concentração de compostos fenólicos (RIVERO et al., 2001) ou envolvimento por alguns aminoácidos (MACHADO NETO et al., 2004) e uma série de compostos incluindo oligossacarídeos, glicoproteínas e peptídeos mediam a indução das reações de defesa (JUNG et al., 2000).

Quando ocorre a termotolerância através das HSPs, para conter os efeitos do estresse, a planta sofre aclimatação por meio de mudanças no fluxo metabólico por meio da supressão de rotas metabólicas, envolvendo a produção de espécies reativas de oxigênio e induzindo a síntese de proteínas de choque térmico (HSPs) (CUSTÓDIO et al, 2009).

As sementes de *Vigna unguiculata* L. pré-tratadas a 7°C foram indicativos de tolerância cruzada, pois demonstram que sementes que passaram pelo choque térmico melhoraram o nível de resposta ao estresse hídrico (COLMAN et al., 2014). Resultados semelhantes foram encontrados por Custódio et al. (2009), onde aplicação de choque térmico (7°C) em sementes de *Phaseolus vulgaris* L. permitiu que futuras plântulas suportassem ao estresse hídrico.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. E.; MUNNÉ-BOSCH, S. Salicylic acid deficiency in NahG transgenic lines and sid2 mutants increases seed yield in the annual plant *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Experimental Botany.**, v. 60, p. 1261–1271, 2009.
- AGOSTINI, E. A. T. **Indução de tolerância à deficiência hídrica na germinação e crescimento inicial de sementes de feijoeiro**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE: Presidente Prudente – SP, 2010.
- ALMEIDA, A. Q.; VIEIRA, E. L. Gibberellin action on growth, development and production of tobacco. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 9, n. 1, p. 45-57, 2010.
- AMARO, C. L.; et al. Análise do crescimento de mudas de Eucalyptus sp. submetidas a diferentes doses de giberelina. **Revista Agri-Environmental Sciences**, v. 3, n. 1, 2017.
- ARZANI, A.; ASHARAF, M. Intelligent engineering of genetic resources for increased salinity tolerance in cultivated plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 35, p. 146-189, 2016.
- BATISTA, T. B.; et al. Nutrientes e giberelina no condicionamento fisiológico sob a qualidade de sementes de braquiária. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 1, p. 10-16, 2015.
- BELKHADI, A.; et al. Effects of exogenous salicylic acid pre-treatment on cadmium toxicity and leaf lipid content in *Linum usitatissimum*, L. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 73, p. 1004–1011, 2010.
- BEWLEY, J. D.; et al. **Sementes: fisiologia do desenvolvimento, germinação e dormência**. Nova Iorque: SPRINGER, 2013.
- BORGES, C. T.; et al. O estresse salino afeta a qualidade fisiológica de sementes de rúcula. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 1049, 2014.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4th ed. Jaboticabal, FUNEP, 2012. 588p.
- COELHO, D. L. M.; et al. Estresse hídrico com diferentes osmóticos em sementes de feijão e expressão diferencial de proteínas durante a germinação. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, p. 491-499, 2010.
- COLMAN, B. A.; et al. Indução de tolerância ao estresse hídrico na germinação de sementes de feijão-caupi. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 4, p. 449-455, 2014.
- CUSTÓDIO, C.C.; et al. Tolerância cruzada induzida por choque térmico na germinação de semente de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p. 131-143, 2009.
- DANGOL, S.; et al. Iron-and reactive oxygen species-dependent ferroptotic cell death in rice-*Magnaporthe oryzae* interactions. **Plant Cell.**, v. 31, p. 189–209, 2019.

DEUS, J. A. L.; et al. Fertilizer recommendation system for melon based on nutritional balance. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 498-511, 2015.

DEVIERE, J. M.; ACHARD, P. Gibberellin signaling in plants. **Development at a glance**, v. 140, p. 1147-1151, 2013.

DILL, A.; et al. The *Arabidopsis* F-box protein SLEEPY1 targets gibberellin signaling repressors for gibberellin-induced degradation. **Plant Cell.**, v. 16, p. 1392–1405, 2004.

DONG, C. J.; et al. Endogenous salicylic acid accumulation is required for chilling tolerance in cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings. **Planta**, v. 240, p. 687–700, 2014.

DURNER, J.; KLESSIG, D. F. Salicylic acid is a modulator of tobacco and mammalian catalases. **Journal of Biological Chemistry**, v. 271, p. 28492–28501, 1996.

EDELSTEIN, M.; NERSON, H. A germinação a baixa temperatura do melão é afetada pelas características do revestimento de sementes e pelo genótipo do embrião. **Hort Science**, v. 44, p. 1412-1414, 2009.

FARHOUDI, R.; SAEEDIPOUR, S.; MOHAMMADREZA, D. O efeito do priming de sementes de NaCl na tolerância ao sal, atividade de enzimas antioxidantes, acúmulo de prolina e carboidrato de Muskmelon (*Cucumis melo* L.) sob salina. **Revista Africana de Pesquisa Agrícola**, v. 6, n. 6, p. 1363-1370, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ª ed. Viçosa: UFV, 2013. p. 421.

FIOROTI, R. M.; et al. Germinação e vigor de sementes de pepino em diferentes níveis de concentração salina. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2006, São José do Campos. **Resumos...** São José dos Campos: UNIVAP, v. 13, 2006. p. 1063-1065.

FU, Z. Q.; DONG, X. Systemic acquired resistance: turning local infection into global defense. **Annual Review of Plant Biology**, v. 64, p. 839–863, 2013.

FUNDO, J. F.; et al. Physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity in juice, pulp, peel and seeds of Cantaloupe melon. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 12, p. 292-300, 2018.

GALON, L.; et al. Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho. **Revista Tropic: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 3, 2011.

GUAN, Y. J.; et al. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. **Journal of Zhejiang University Science B**, v. 10, p. 427–433, 2009.

GUO, B.; et al. Salicylic Acid Signals Plant Defence against Cadmium Toxicity. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, n. 12, p. 2960, 2019.

HERNÁNDEZ, J. A.; et al. “On the role of salicylic acid in plant responses to environmental stresses,” in **Salicylic Acid A multifaceted hormone**. Copenhagen, Denmark: SPRINGER, 2017. p. 17–34.

HOLANDA, J.S.; AMORIM, J.R.A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A.C.; SÁ, F.V.S. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F.; GOMES FILHO, E. (Ed). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. INCT Sal: Fortaleza-CE, 2016, p.35-47.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção Agrícola Municipal. Culturas Temporárias e Permanentes 2013. Volume 40. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_%5banual%5d/2013/pam2013.pdf. Acesso em: 20/08/2018.

JUNG, S et al. Antioxidant responses of cucumber to photoinhibition and oxidative stress induced by norflurazon under high and low PPFDs. **Plant Science**, v. 153, p. 145-154, 2000.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2^a ed. Rio de Janeiro: GAUANABARA KOOGAN, 2008. 431p.

KLESSIG, D. F.; CHOI, H. W.; DEMPSEY, D. M. A. Systemic acquired resistance and salicylic acid: past, present, and future. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 31, p. 871–888, 2018.

KRANTEV A.; et al. Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 165, p. 920–931, 2008.

KUMARI, G. J.; et al. Jasmonic acid induced changes in protein pattern, antioxidative enzyme activities and peroxidase isozymes in peanut seedlings. **Biologia Plantarum**, v. 50, n. 2, 219-226, 2006.

LOPES, V. A.; et al. Initial growth of eucalyptus plants treated with gibberellin. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 11, p. 1251-1255, 2015.

MACHADO NETO, N. B. et al. Proline: use as an indicator of temperature stress in bean seeds. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 4, p. 330-337, 2004.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015.

MARURI-LOPEZ, I.; et al. Intra and Extracellular Journey of the Phytohormone Salicylic Acid. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p.423, 2019.

MATIAS, J.R.; SILVA, T.C.F.S.; RAMOS, D.L.D.; SANTOS, R.S.; ARAGÃO, C.A.; DANTAS, B.F. Germinação em água bioessalina de sementes de pepino osmocondicionadas. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p.7757-7764, 2012.

MEDEIROS, L. S.; et al. Primeiro ciclo de seleção massal na população PM3 de melão (*Cucumis melo* L.) First mass selection cycle in melon PM3 population (*Cucumis melo* L.). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, p. 21-27, 2015.

MILIND P., KULWANT S. Muskmelon is eat-must melon. **International Research Journal of Pharmacy**, v. 2, p. 52–57, 2011.

MIRANDA, L. **Efeito de fitorreguladores e rizobactérias promotoras de crescimento na produção de mudas clonais de *Pinus taeda***. 2015. Dissertação (Mestrado em engenharia florestal). Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati - PR. 44p. 2015.

NASCIMENTO, W.M.; COSTA, C.J. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças. In: NASCIMENTO, W.M. (ed). **Tecnologia de sementes de hortaliças**. Embrapa Hortaliças: Brasília, 2009, 432p

NORIEGA, G.; et al. The role of salicylic acid in the prevention of oxidative stress elicited by cadmium in soybean plants. **BioMetals.**, v. 25, p. 1155–1165, 2012.

PAPARELLI, E.; et al. Nighttime Sugar Starvation Orchestrates Gibberellin Biosynthesis and Plant Growth in *Arabidopsis*. **Plant Cell.**, v. 25, n. 10, p. 3760-3769, 2013.

PIERTERSE, C. M.; et al. Hormonal modulation of plant immunity. **Annual Review of Cell and Developmental Biology**, v. 28, p. 489–521, 2012.

PIMENTA, A. C.; et al. Giberelina na superação de dormência de sementes de araticunzeiro (*Annona crassiflora* MART. – ANNONACEAE). **Global Science and Technology**, v.12, n.02, p.79-86, 2019.

PISKUREWICZ, U.; et al. The gibberellic acid signaling repressor RGL2 inhibits *Arabidopsis* seed germination by stimulating abscisic acid synthesis and ABI5 activity. **Plant Cell.**, v. 20, p. 2729–2745, 2008.

RIVERO, R. M.; et al. Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. **Plant Science**, v. 160, p. 315 –321, 2001.

RODRIGUES, S. B. S.; et al. Necessidades hídricas de mudas de eucalipto na região centro-oeste de Minas Gerais. **Irriga**, v.16, n.2, p.212-223, 2011.

SAKHABUTDINOVA, A. R.; et al. Effect of salicylic acid on the activity of antioxidant enzymes in wheat under conditions of salination. **Applied Biochemistry Microbiology**, v. 40, n. 5, p. 501-505, 2004.

SANTI, A.; et al. Desempenho e orientação do crescimento do pepino japonês em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 4, p. 649-653, 2013.

SILVA, L. R.; FERREIRA, L. G. Desenvolvimento de mudas de melancia sob efeitos de diferentes tipos de bandejas e substratos. **Connection line**, v. 1, n. 2, 2015.

- SILVA, R. C. B.; et al. Estresse térmico e efeitos fisiológicos em sementes de melancia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 1, 2018.
- SOUZA, J. R. P.; et al. Ação do stress térmico na selva de lama e produção de camomila originada de sementes importadas e nacionais. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 233-236, 2006.
- SOUZA, T. C.; et al. Leaf plasticity in successive selection cycles of ‘Saracura’ maize in response to soil flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 01, p. 16- 24, 2010.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2009. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: ARTMED.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2013. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ARTMED.
- VARIER, A.; VARI, A.K.; DADLANI, M. The subcellular basis of seed priming. **Current Science**, v.99, n.4, p.450-456, 2010.
- VICENTE, R. S.; PLASENCIA, J. Salicylic acid beyond defence: Its role in plant growth and development. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, p. 3321–3338, 2011
- VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. Em: KRZYZANOWSKI, FC; VIEIRA, RD; FRANÇA NETO, JB (Eds.) **Vigor de sementes: conceitos e testículos**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-26.
- VLOT, A. C.; DEMPSEY, D. A.; KLESSIG, D. F. Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. **Annual Review of Phytopathology**, v. 47, p. 177–206, 2009.
- WANG, Y.; et al. Relationship between endogenous salicylic acid and antioxidant enzyme activities in maize seedlings under chilling stress. **Exp. Agric.**, v. 49, p. 295–308, 2013.
- WARAICH, E. A.; et al. Alívio do estresse de temperatura por manejo de nutrientes em plantas cultivadas: uma revisão. **Revista de Ciência do Solo e Nutrição Vegetal**, v. 12, n. 2, p. 221-244, 2012.
- ZHANG, C.; WHITING, M. Os reguladores de crescimento das plantas melhoram a qualidade dos frutos de cereja doce sem reduzir o crescimento do endocarpo. **Scientia Horticulturae**, v.150, n.4, p.73-79, 2013.

CAPÍTULO I

ÁCIDO SALICÍLICO INIBE A GERMINAÇÃO DE *Cucumis melo* L. CV. MELÃO AMARELO

RESUMO

A germinação e o estabelecimento de plântulas são as fases mais sensíveis do desenvolvimento e a indisponibilidade de água pode afetar drasticamente estes processos. O uso de fitorreguladores naturais e sintéticos e choque à frio podem reverter os efeitos deletérios dos fatores abióticos que causam estresse pela indução de mecanismos de resistência na plântula. O ácido salicílico (AS) e giberélico (GA3) são hormônios vegetais que podem ser utilizados como fitorreguladores. O AS pode inibir ou melhorar a germinação e desenvolvimento de plântulas por funcionar como chave regulatória. O GA3 induz o desenvolvimento de plantas, germinação de sementes, alongamento de caule e desenvolvimento floral, pois desencadeia a fraqueza no tegumento das sementes, estimulando a expressão gênica envolvida na expansão e modificação celular, primeiro aumenta o potencial de crescimento do embrião e depois induz enzimas hidrolíticas. O choque frio (CF) proporciona tolerância da mesma, por gerar proteínas responsáveis para adaptações à estresses abióticos. Desta forma, objetivou-se avaliar a influência do ácido salicílico, da giberelina e do choque frio na germinação e vigor das sementes de melão. As sementes foram pré-tratadas em oito condições, sendo P1 (testemunha), P2 (CF), P3 (AS), P4 (AS+CF), P5 (GA3), P6 (GA+AS), P7 (GA3+CF) e P8 (GA3+AS+CF) e foi avaliado a qualidade fisiológica (teste de germinação, primeira contagem de germinação e índice de velocidade de germinação) e atividade enzimática (atividade da ascorbato peroxidase, catalase, peroxidase de fenóis, quantificação de proteínas, eletroforese desnaturante SDS-PAGE e lipase) em delineamento inteiramente casualizado e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as variáveis foram influenciadas pelos pré-tratamentos. O ácido salicílico inibe a germinação de sementes de melão e o choque à frio o potencializa a ação inibitória. A giberelina associado com o choque frio induz a germinação de sementes de melão.

Palavras-chave: Pré-tratamentos; fisiologia de sementes; biologia molecular.

ABSTRACT

Germination and seedling establishment are the most sensitive stages of development and the unavailability of water can drastically affect these processes. The use of natural and synthetic phytohormones and cold shock can reverse the deleterious effects of abiotic factors that cause stress by inducing resistance mechanisms in the seedling. Salicylic acid (SA) and gibberellic acid (GA3) are plant hormones that can be used as phytohormones. SA can inhibit or improve seedling germination and development by functioning as a regulatory key. GA3 induces plant development, seed germination, stem elongation and floral development, as it triggers weakness in the seed coat, stimulating gene expression involved in cell expansion and modification, first increases the growth potential of the embryo and then induces hydrolytic enzymes. Cold shock (CS) provides tolerance, as it generates proteins responsible for adaptations to abiotic stresses. Thus, the objective was to evaluate the influence of salicylic acid, gibberellin and cold shock on the germination and vigor of melon seeds. The seeds were pre-treated in eight conditions, being P1 (control), P2 (CS), P3 (SA), P4 (SA + CS), P5 (GA3), P6 (GA + SA), P7 (GA3 + CS) and P8 (GA3 + SA + CS) and physiological quality (germination test, first germination count and germination speed index) and enzymatic activity (ascorbate peroxidase activity, catalase, phenol peroxidase, protein quantification) were evaluated, denaturing electrophoresis SDS-PAGE and lipase) in a completely randomized design and compared by Tukey's test at 5% probability. All variables were influenced by pre-treatments. Salicylic acid inhibits the germination of melon seeds and cold shock potentiates it. Gibberellin associated with cold shock induces germination of melon seeds.

Keywords: Pre-treatments; seed physiology; molecular biology.

1 INTRODUÇÃO

A germinação e o estabelecimento de plântulas são as fases mais sensíveis do desenvolvimento. A exposição a estresses abióticos, como indisponibilidade de água e salinidade, podem afetar drasticamente estes processos (SOUZA et al., 2014). O uso de fitorreguladores naturais e sintéticos e choque à frio pode reverter os efeitos deletérios dos fatores abióticos que causam estresse pela indução de mecanismos de resistência na plântula.

Fitorreguladores são uma classe de substâncias naturais ou sintéticas que, aplicadas em pequena quantidade, promovem, inibem ou modificam processos fisiológicos/metabólicos (TAIZ; ZEIGER, 2017). A germinação, crescimento e desenvolvimento das plântulas envolve a integração de muitos sinais ambientais e endógenos juntamente com uma complexa programação genética e metabólica (MALAMY, 2005). A aplicação ou suplementação exógena de fitorreguladores durante a embebição, pode modificar a percepção destes sinais e o metabolismo germinativo, alterando o crescimento, estimulando mecanismos de resistência e melhorando o estabelecimento da plântula (KERBAUY, 2008).

Os ácidos salicílico (AS) e giberélico (GA3) são hormônios vegetais que podem ser utilizados como fitorreguladores. O AS é um sinalizador da indução da resposta imune em plantas a estresses bióticos e abióticos (AN; MOU, 2011; DIERYCKX et al., 2015) e pode inibir ou melhorar a germinação e desenvolvimento de plântulas (RAJJOU et al., 2006) por funcionar como chave regulatória (MOTERLE et al., 2011). O GA3 induz a germinação e o desenvolvimento de plantas, germinação de sementes, alongamento de caule e desenvolvimento floral (GUPTA; CHAKRABARTY, 2013), pois desencadeia a fraqueza no tegumento das sementes, estimulando a expressão gênica envolvida na expansão e modificação celular, primeiro aumenta o potencial de crescimento do embrião e depois induz enzimas hidrolíticas (FINKELSTEIN et al., 2008).

O choque à frio desencadeia uma ligação a ácidos nucleicos altamente conservado que podem ser encontrados em bactérias, animais e plantas (SASAKI; IMAI, 2012) e que são essenciais para a ligação de DNA / RNA de fita simples (WANG et al., 2000). A temperatura tem um impacto significativo no ritmo da embebição das sementes e consequentemente da germinação. Quanto mais alta a temperatura, mais rapidamente as sementes absorvem água (PLAZEK et al., 2018) e se estiver em baixa temperatura proporcionará tolerância da mesma, por gerar proteínas responsáveis para adaptações a estresses abióticos (XIA et al., 2001).

Desta forma, objetivou-se avaliar a influência do ácido salicílico, da giberelina e do choque à frio na germinação e vigor das sementes de melão amarelo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Procedimento experimental

Sementes de *Cucumis melo* L. cv. Melão Amarelo (Marca Feltrin) foram embebidas em solução aquosa de AS à 0,025 mM (CARVALHO et al., 2007), solução aquosa de GA3 à 1 mM (MEGURO; SATO, 2014), solução de AS (0,025 mM) + GA3 (1 mM) ou mantidas secas. A embebição ocorreu em papel de germinação (Germitest[®]) umedecido com 2,5 vezes o peso do substrato seco e mantidas à temperatura constante de 25 °C nas primeiras 24 horas. Parte das sementes embebidas foram submetidas a choque frio sendo armazenadas a 7 °C por 24 horas (CUSTÓDIO et al., 2009). O resumo das oito condições de tratamentos segue:

Tratamento 1: sem choque frio, ácido salicílico e giberelina (testemunha);

Tratamento 2: com choque frio;

Tratamento 3: com ácido salicílico;

Tratamento 4: com ácido salicílico e choque frio;

Tratamento 5: com giberelina;

Tratamento 6: com giberelina e ácido salicílico;

Tratamento 7: com giberelina e choque frio;

Tratamento 8: com giberelina, ácido salicílico e choque frio.

2.2 Avaliações

2.2.1 Qualidade fisiológica

Teste de germinação: quatro subamostras de 50 sementes foram distribuídas em papel para germinação (Germitest[®]), formando rolos e previamente umedecidas com água destilada, equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco e mantidas em câmaras de germinação (B.O.D.) a 20-30 °C e fotoperíodo de 8/16 horas em luz/escuro, computando-se apenas as plântulas normais no final do 8º dia. Os resultados foram expressos em porcentagem (BRASIL, 2009).

Primeira contagem de germinação: o número de sementes germinadas que formaram plântulas normais foram contadas ao quarto dia após a semeadura e os resultados foram expressos em porcentagem (BRASIL, 2009). Esta avaliação foi realizada juntamente com o teste de germinação.

Índice de velocidade de germinação: as sementes com protrusão da raiz primária com cinco (5) mm de comprimento foram contadas diariamente no mesmo horário entre o quarto ao oitavo dia. O cálculo utilizado foi segundo fórmula proposta por Maguire (1962): $IVG = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$. Onde, IVG= Índice de velocidade de germinação; N= Número de dias da semeadura a cada contagem e G= Número de plântulas normais emergidas observadas em cada contagem. Esta avaliação foi realizada juntamente com o teste de germinação.

2.2.2 Atividade enzimática

Preparação do extrato das sementes: Os extratos enzimáticos usados para determinar as atividades da APX, CAT, POX, lipase, eletroforese e a quantificação de proteínas foram obtidos pelo método descrito por Hodges (1997) com adaptações. Amostras de 0,3 g foram pesadas, maceradas em nitrogênio líquido com o auxílio de gral e pistilo e homogeneizadas com 2 mL de tampão fosfato de potássio 50 mM, pH 6,8 e 1% (m/v) polyninylpolypyrrolidona (PVPP). Este extrato foi centrifugado a 14.000 g por 15 min a 4 °C e o sobrenadante coletado foi usado como extrato enzimático. O sobrenadante (extrato) foi armazenado a -20 °C até o momento das análises.

Atividade da APX: A atividade da ascorbato peroxidase foi determinada pelo ensaio contendo 100 µL do extrato enzimático bruto e 2,9 mL de um meio de reação constituído de 1,45 mL de tampão de fosfato 50 mM, pH 7,8, 400 µL de ácido ascórbico 0,25 mM contendo EDTA 0,1 mM, e 300 µL de H₂O₂ 0,3 mM, adaptado de Ramalheiro (2009). A variação da absorbância a 210 nm, à temperatura de 25 °C, foi medida durante dois minutos com intervalo de 30 segundos entre cada leitura, sendo a atividade da APX determinada com base na inclinação da reta após o início da reação. A atividade enzimática foi calculada utilizando o coeficiente de extinção molar de 2,8 mM⁻¹ cm⁻¹ (NAKANO et al., 1981).

Atividade da CAT: A atividade da catalase foi determinada pelo ensaio contendo 20 µL do extrato enzimático bruto e 580 µL de um meio de reação constituído de 208 µL de tampão fosfato 50 mM, pH 7,0 e 12,5 mM de H₂O₂, adaptado de Hodges (1997). A variação na absorbância a 240 nm, à temperatura de 25 °C, foi medida durante dois minutos de reação a cada 30 s, sendo a atividade da CAT determinada com base na inclinação da reta após o início

da reação. A atividade enzimática foi calculada, utilizando-se o coeficiente de extinção molar de $36 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ (ANDERSON et al., 1995).

Atividade da POX: A atividade da peroxidase de fenóis (POX) foi determinada conforme Kar e Mishra (1976). Alíquotas de $50 \mu\text{L}$ do extrato foram transferidas para tubos de ensaio contendo $550 \mu\text{L}$ de tampão fosfato de potássio 25 mM (pH 6,8), ácido pirogálico 20 mM e H_2O_2 20 mM . A mistura foi incubada à temperatura ambiente por 1 min. Em seguida, as leituras foram realizadas a 420 nm e a atividade de POX foi expressa em $\text{M s}^{-1} \text{ mg ptn}^{-1}$.

Quantificação das proteínas: As quantificações de proteínas das amostras do extrato bruto das amostras foi feito pelo método de Bradford, em triplicata (BRADFORD, 1976). Uma curva padrão foi preparada com concentrações variando entre 0 e $15 \mu\text{g } \mu\text{L}^{-1}$, diluído com o mesmo tampão utilizado na diluição das amostras.

Eletroforese desnaturante SDS-PAGE: A eletroforese foi realizada em condições desnaturantes, de acordo com o método de Laemmli (1970). O gel de separação utilizado teve $1,5 \text{ mm}$ de espessura e concentração de 10% de poliacrilamida tamponada em $1,5 \text{ M}$ Tris-HCl, pH 8,8. Cada caneta recebeu $50 \mu\text{g}$ de proteínas totais, derivadas das amostras previamente fervidas com tampão de amostra 4X, composto por $277,8 \text{ mM}$ Tris-HCl, pH 6,8, 44,4% glicerol, 4,4% SDS e 0,02% de azul de bromofenol. As proteínas separadas na eletroforese foram aquelas provenientes do extrato bruto das amostras. A corrida eletroforética foi executada a 200 V para, em seguida, o gel ser fixado em solução aquosa de 10% metanol e 5% ácido acético por 2 h sob agitação. A coloração foi realizada em solução de coomassie G250 até o aparecimento das bandas correspondentes às proteínas.

Lipase: A atividade de lipase foi determinada pelo kit Bioclin (K025), segundo recomendações do fabricante, contendo o tampão Tris (Hidroximetilamino Metano) (1 mL) (pH 8,5), o inibidor enzimático Fenilmetil Sulfonil Fluoreto ($50 \mu\text{L}$), o reagente de cor DTNB (Ácido Ditionitrobenzóico) ($100 \mu\text{L}$), $0,1 \text{ mL}$ do extrato bruto e $0,5 \text{ mL}$ de Acetona P.A. As leituras foram realizadas a 410 nm e expressa em (U dL^{-1}).

2.3. Delineamento experimental e Análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com oito tratamentos. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste de F. As análises qualitativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade em função de cada pré-tratamento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Qualidade fisiológica

Os pré-tratamentos aplicados nas sementes de *C. melo* foram significativos ($p < 0,01$) para a porcentagem de germinação (PG), primeira contagem de germinação (PCG) e índice de velocidade de germinação (IVG) (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo de análise de variância para a porcentagem de germinação (PG), primeira contagem de germinação (PCG) e índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de *Cucumis melo* L. cv. Melão Amarelo. Pombal, CCTA/UFCG, 2019

FV	GL	PG	PCG	IVG
Pré-tratamento	7	390,10**	605,91**	7**
Erro	24	11,84	17,72	0,26
CV (%)		4,92	7,75	6,44

**Significativos a 1% de probabilidade. CV= coeficiente de variação.

A PG, PCG e IVG das sementes de *C. melo* foi menor quando embebidas em ácido salicílico à concentração de 0,025 mM e depois submetidas ao choque frio à 7 °C por 24 horas cada (50,5; 32 e 5,59, respectivamente) e maior quando embebidas em giberelina à 1 mM e choque frio à 7 °C por 24 horas cada (85,25; 72,50 e 10,20%, respectivamente) (Tabela 2).

Tabela 2. Porcentagem de germinação (PG), primeira contagem de germinação (PCG) e índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de melão pré-tratadas com ácido salicílico, giberelina e choque frio (AS= ácido salicílico; CF= choque frio; GA3= giberelina). Pombal, CCTA/UFCG, 2019

Tratamentos	PG (%)	PCG (%)	IVG
Testemunha	73,25 ± 2,5 bc	59,25 ± 0,95 bc	8,49 ± 0,005 b
CF	73,25 ± 7,54 bc	46,50 ± 5,25 d	7,82 ± 0,74 bc
AS	66,00 ± 4,72 c	52,50 ± 2,82 cd	7,18 ± 0,50 c
AS + CF	50,50 ± 1,63 d	32,00 ± 1,91 e	5,59 ± 0,15 d
GA3	74,50 ± 2,5 b	65,25 ± 3,0 ab	8,82 ± 0,52 b
GA3 + AS	66,50 ± 4,32 bc	50,00 ± 4,12 cd	7,91 ± 0,70 bc
GA3 + CF	85,25 ± 5,0 a	72,50 ± 4,11 a	10,20 ± 0,52 a
GA3 + AS + CF	70,50 ± 1,91 bc	56,50 ± 3,41 bc	8,10 ± 0,49 bc

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Figura 1. Emissão da radícula no primeiro dia de contagem de germinação de sementes de *C. melo* cv. Melão Amarelo tratadas com ácido salicílico, ácido giberélico e choque frio. (T=testemunha; AS= ácido salicílico; CF= choque frio; GA3= giberelina).

A menor PG, PCG e IVG em sementes de *C. melo* tratadas com AS + choque frio se deve, possivelmente, a inibição na produção de energia térmica e na produção de elétrons não fosforilantes pela via oxidase causada pelo AS (MARAVCOVÁ et al., 2018). O choque à frio potencializa este resultado por proporcionar uma maior concentração de AS endógeno provocando um estresse ainda maior na semente, dificultando a germinação (LI et al., 2017), causando danos oxidativos dos lipídios e proteínas (DAS; ROYCHOUDHURY, 2014) e enfraquecendo o endosperma que dificulta o alongamento das raízes (ZHANG et al., 2014).

A germinação nas sementes de *C. melo* foi maior com a aplicação GA3 + choque frio devido a indução na expressão de genes que codificam enzimas como endo- β -1,3-glucanase, β -1,4-manano endo-hidrolase e α -amilase (BEWLEY, 1997; LEE et al., 2002) que hidrolisam o endosperma, disponibilizando energia metabólica para o crescimento embrionário (PŁAŻEK et al., 2018). A GA3 é necessária para a germinação das sementes e sua biossíntese é regulada, a nível transcricional, pela luz e frio (DERKX; KARSSSEN, 1993). O frio induz a expressão e atividade da enzima ácido giberélico 3-oxidase (GA3ox) que catalisa a etapa final da biossíntese de GA3 (PARK et al., 2009), aumentando sua concentração nas sementes e potencializando seus efeitos (DEBEAUJON; KOORNNEEF, 2000). Além disso, o GA3 + choque frio estimula o complexo ligase de ubiquitina E3 que catalisa a reação de ubiquitinação e inativação (ARIIZUMI e STEBER, 2007), favorecendo a germinação das sementes (LEE et al., 2002).

3.2 Atividade enzimática

Os pré-tratamentos aplicados nas sementes de *C. melo* foram significativos ($p < 0,01$) para a atividade das enzimas peroxidase de fenóis (POX), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX) e da lipase (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo de análise de variância para a atividade da peroxidase de fenóis (POX), atividade da catalase (CAT), atividade da ascorbato peroxidase (APX) e atividade da lipase em sementes de *Cucumis melo* L. cv. Melão Amarelo. Pombal, CCTA/UFCG, 2019.

FV	GL	POX	CAT	APX	LIPASE
Tratamento	7	0,000678**	$7,48^{-7}$ **	0,000021 **	13,21**
Erro	16	0,000007	$4,54^{-10}$	$4,83^{-8}$	0,000521
CV (%)		15,41	3,46	5,28	4

**Significativos a 1% de probabilidade. CV= coeficiente de variação.

A atividade da POX e CAT foi maior quando as sementes de *C. melo* L. cv. Melão Amarelo foram embebidas em solução de giberelina à concentração de 1 mM, ácido salicílico à concentração de 0,025 mM e submetidas ao choque frio à 7 °C (0,05035 e 0,00164, respectivamente). A atividade da APX foi maior quando as sementes foram embebidas no ácido salicílico à concentração de 0,025 mM e submetida ao choque à frio à 7 °C (0,0091). A atividade da lipase foi maior quando as sementes foram embebidas em solução de giberelina à concentração de 1 mM e submetida ao choque frio à 7 °C (9,53). Os dados das atividades das enzimas POX, CAT, APX e lipase estão presentes na tabela 4.

Tabela 4. Atividade da peroxidase de fenóis (POX), da catalase (CAT), do ascorbato peroxidase (APX) e da lipase em sementes de *Cucumis melo* L. cv. Melão Amarelo pré-tratadas com ácido salicílico, giberelina e choque frio (AS= ácido salicílico; CF= choque frio; GA3= giberelina). Pombal, CCTA/UFCG, 2019.

Tratamentos	POX (M s ⁻¹ mg ptn ⁻¹)	CAT (Ms ⁻¹ mg ptn ⁻¹)	APX (Ms ⁻¹ mg ptn ⁻¹)	LIPASE (UI/mg)
Testemunha	0,0076 ± 0,0001 de	0,00055 ± 7 ⁻⁶ e	0,0033 ± 1 ⁻⁴ d	4,54 ± 0,001 f
CF	0,015367 ± 0,0002 c	0,00064 ± 5 ⁻⁶ d	0,0020 ± 5 ⁻⁶ f	3,72 ± 0,008 g
AS	0,008367 ± 0,0005 cde	0,00013 ± 5 ⁻⁶ g	0,0018 ± 2 ⁻⁴ f	3,55 ± 0,06 h
AS + CF	0,014197 ± 0,003 cd	0,00072 ± 2 ⁻⁵ c	0,0091 ± 3 ⁻⁴ a	4,68 ± 0,001 e
GA3	0,002267 ± 0,00005 e	0,00005 ± 1 ⁻⁵ h	0,0027 ± 1 ⁻⁴ e	5,77 ± 0,002 d
GA3 + AS	0,024033 ± 0,003 b	0,00084 ± 1 ⁻⁵ b	0,0052 ± 2 ⁻⁴ c	7,94 ± 0,007 b
GA3 + CF	0,0114 ± 0,004 cd	0,00033 ± 4 ⁻⁵ f	0,0022 ± 3 ⁻⁴ ef	9,53 ± 0,01 a
GA3+AS + CF	0,05035 ± 0,001 a	0,00164 ± 2 ⁻⁶ a	0,0068 ± 5 ⁻⁴ b	6,22 ± 0,02 c

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A maior atividade da POX e CAT no tratamento das sementes que foram embebidas com solução de ácido giberélico + ácido salicílico + choque frio e a maior atividade da APX nas sementes embebidas com ácido salicílico + choque frio se deve pela tentativa de evitar o estresse causado pelos procedimentos, não conseguindo eliminar essas substâncias, causou danos oxidativos na célula (ALI et al., 2016) e desnaturação de enzimas importantes no processo metabólico (ATAIDE et al., 2015), promovendo uma baixa germinação (Tabela 2) (FLORES et al., 2014).

A maior atividade da lipase foi nas sementes embebidas com ácido giberélico + choque à frio causado pela ativação dos peroxissomos que desencadeiam uma explosão de hidrólise de lipídeos de armazenamento, favorecendo a germinação das sementes (Tabela 2) (THAZAR-POULOT et al., 2015).

As corridas eletroforéticas revelaram perfis proteicos obtidos a partir dos tratamentos realizados sobre as sementes de *C. melo* cv. Melão Amarelo. As sementes pré-tratadas com solução de ácido salicílico à concentração de 0,025 mM, ácido salicílico à concentração de 0,025 mM + choque à frio à 7° C, solução de ácido giberélico à concentração de 1mM e ácido giberélico à concentração de 1mM + choque frio à 7° C apresentaram os tratamentos com as proteínas totais mais abundantes do extrato bruto (Figura 2) por apresentar maior diferença revelada no padrão de bandas.

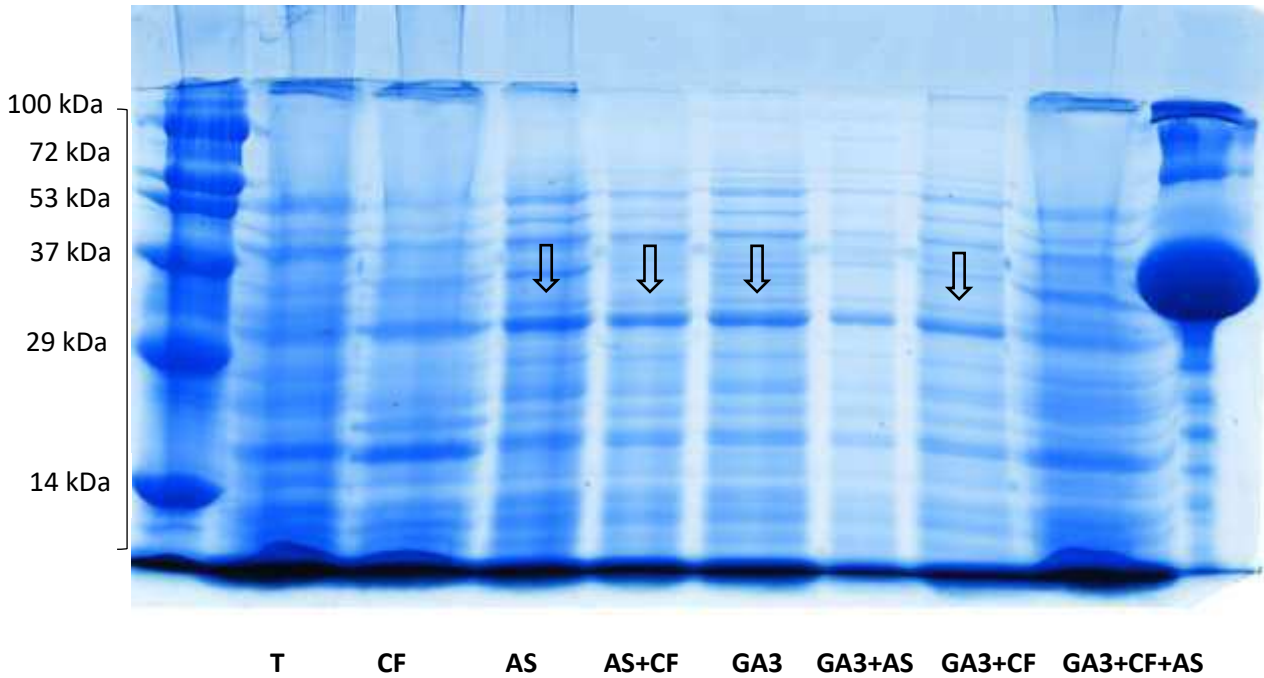


Figura 2. SDS-PAGE das proteínas totais das amostras das sementes de *Cucumis melo* cv. Melão Amarelo e seus pré-tratamentos. (T=testemunha; AS= ácido salicílico; CF= choque frio; GA3= giberelina).

A presença de proteínas é essencial para formação de enzimas glicolíticas, ATP sintases mitocondriais, aldolases redutases, metionina sintases e moléculas que estimulam a germinação e podem proteger a célula contra os efeitos negativos das EROs (WOJTYLA et al., 2016), acontecendo isto com as sementes embebidas em solução de ácido giberélico e ácido giberélico + choque frio, proporcionando uma maior germinação (Tabela 2).

Existe ácidos que inibem/dificultam a germinação em sementes de melão e um deles pode ser o ácido salicílico por promover uma regulação das proteínas inibindo os genes responsáveis pelo alongamento e tamanho celular, comprometendo as atividades de proteases e mostrando ser a função regulatória dessas enzimas determinante, diminuindo a germinação e crescimento da cultura (Tabela 2) (SRIVASTAVA et al., 2016).

4 CONCLUSÕES

O ácido salicílico inibe a germinação de sementes de melão amarelo e o choque à frio o potencializa. A giberelina associado com o choque à frio induz a germinação de sementes de melão amarelo.

5 REFERÊNCIAS

- ALI, M.K.; et al. Antioxidant defence system and oxidative damages in rice seedlings under heat stress. **Pure Applied Biology**, v.5, n.4, p.1131-1141, 2016.
- AN, C.; MOU, Z. Salicylic acid and its function in plant immunity. J. Integr. **Plant Biology**, v. 53, p. 412–428, 2011.
- ANDERSON, M.D.; PRASAD, T.K.; STEWART, C.R. Changes in isozyme profiles of catalase, peroxidase, and glutathione reductase during acclimation to chilling in mesocotylus of maize seedlings. **Plant Physiology**, v.109, n.4, p.1247-1257, 1995.
- ARIIZUMI, T.; STEBER, M. Seed germination of GA-insensitive sleepy1 mutants does not require RGL2 protein disappearance in Arabidopsis. **Plant Cell.**, v. 19, p. 791–804, 2007.
- ATAIDE, G.M.; BORGES, E.E.L.; FILHO, A.T.L. Alterações fisiológicas e biométricas em sementes de *Melanoxylon brauna* durante a germinação em diferentes temperaturas. **Árvore**, v.40, n.1, p.61-70, 2015.
- BEWLEY, J. D. Seed Germination and Dormancy. **Plant Cell.**, v. 9, n. 7, p. 1055-1066, 1997.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1/2, p. 248-254, 1976.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009.
- CARVALHO, P. R.; MACHATO NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C. Ácido salicílico em sementes de Calêndula (*Calendula officinalis* L.) sob diferentes estresses. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p.114-124, 2007.
- CUSTÓDIO, C. C.; et al. Tolerância cruzada induzida por choque térmico na germinação de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p.131-143, 2009.
- DAS, K.; ROYCHOUDHURY A. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. **Frontiers in Environmental Science**, v. 2, p. 53, 2014.
- DEBEAUJON, I.; KOORNNEEF, M. Gibberellin requirement for Arabidopsis seed germination is determined both by testa characteristics and embryonic abscisic acid. **Plant Physiology**, v. 122, n. 2, p. 415-24, 2000.
- DERKX, M. P. M.; KARSSSEN, C. M. Effects of light and temperature on seed dormancy and gibberellin-stimulated germination in Arabidopsis thaliana: Studies with gibberellin-deficient and -insensitive mutants. **Plant Physiology**, v. 89, p. 360-368, 1993.
- DIERYCKX, C.; et al. Beyond plant defense: insights on the potential of salicylic and methylsalicylic acid to contain growth of the phytopathogen *Botrytis cinérea*. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 859, 2015.

- FINKELSTEIN, R.; et al. Molecular aspects of seed dormancy. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 387-415, 2008.
- FLORES, A.V.; et al. Germinação de sementes de *Melanoxylon brauna* em diferentes temperaturas. **Árvore**, v.38, n.6, p.1147-1154, 2014.
- GUPT, R.; CHAHAKRABARTY, S. K. Gibberellic acid in plant. **Plant Signaling & Behavior**, v. 8, n. 9, p. e25504, 2013.
- HODGES, P.W.; et al. Contraction of the human diaphragm during postural adjustments. **Physiology**, v. 505, n. 2, p. 539-548, 1997.
- KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, v.57, n.2, p.315-319, 1976.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2^a ed. Rio de Janeiro: GUANABARA KOOGAN, 2008
- LAEMMLI, U. K. Cleavage of structural proteins assembly of the head of bacteriophage T4. **Nature**, v. 227, p. 680-685, 1970.
- LEE, S.; et al. Gibberellin regulates Arabidopsis seed germination via RGL2, a GAI/RGA-like gene whose expression is up-regulated following imbibition. **Genes & Development**, v. 16, p. 646–658, 2002.
- LI, Z.; et al. The Synergistic Priming Effect of Exogenous Salicylic Acid and H₂O₂ on Chilling Tolerance Enhancement during Maize (*Zea mays* L.) Seed Germination. **Frontiers in plant Science**, v. 8, p. 1153, 2017.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
- MALAMY, J. E. Intrinsic and environmental response pathways that regulate root system architecture. **Plant, Cell & Environment**, v. 28, p. 67–77, 2005.
- MARAVCOVÁ, S.; et al. Influence of salicylic acid pretreatment on seeds germination and some defence mechanisms of *Zea mays* plants under copper stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 122, p. 19-30, 2018.
- MEGURO, A.; SATO, Y. Salicylic acid antagonizes abscisic acid inhibition of shoot growth and cell cycle progression in rice. **Scientific Reports**, v. 4, p. 4555, 2014.
- MOTERLE, L. M.; et al. Effect of plant growth regulator on germination and vigor of soybean seeds. **Revista Ceres**, v. 58, n. 5, p. 651-660, 2011.
- NAKANO, Y. ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant Cell Physiology**. v.22, n.5, p.867-880, 1981.

- PARK, S. J.; et al. Cold shock domain proteins affect seed germination and growth of *Arabidopsis thaliana* under abiotic stress conditions. **Plant Cell Physiology**, v. 50, p. 869–878, 2009.
- PLAZEK, A.; et al. Seed Hydropriming and Smoke Water Significantly Improve Low-Temperature Germination of *Lupinus angustifolius* L. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 4, p. 992, 2018.
- RAJJOU, L.; et al. Proteomic investigation of the effect of salicylic acid on arabidopsis seed germination and establishment of early defense mechanisms. **Plant Physiology**, v. 141, p. 910 – 923, 2006.
- RAMALHEIRO, J. P. S. C. **Contribuição para a caracterização bioquímica do estado de maturação de azeitonas de diferentes variedades**. 2009, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal. p.51, 2009.
- SASAKI, K.; IMAI, R. Pleiotropic roles of cold shock domain proteins in plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 2, p. 116, 2012.
- SOUZA, C. L. M.; et al. Effect of priming on germinability and salt tolerance in seeds and seedlings of *Physalis peruviana* L. **African Journal of Biotechnology**, v.13, n.19, p.1955-1960, 2014.
- SRIVASTAVA, A.K.; ZHANG, C.; SADANANDOM, A. Rice OVERLY TOLERANT SALT 1 (OTS1) SUMO protease is a positive regulator of seed germination and root development. **Plant Signaling Behavior**. v.11, n.5, p.3, 2016.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: ARTMED, 2009.
- THAZAR-POULOT, N.; et al. Peroxisome extensions deliver the *Arabidopsis* SDP1 lipase to oil bodies. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 13, p. 4158–4163, 2015.
- WANG, N.; YAMANAKA, K.; INOUE, M. Acquisition of double-stranded DNA-binding ability in a hybrid protein between *Escherichia coli* CspA and the cold shock domain of human YB-1. **Molecular Microbiology**, v. 38, p. 526-534, 2000.
- WOJTYLA, L.; LECHOWSHA, K.; KUBALA, S.; GARNCZARSKA, M. Different modes of hydrogen peroxide action during seed germination. **Plant Science**, v.7, n.66, p.346-357, 2016.
- XIA, B.; KE, H.; INOUE, M. Acquirement of cold sensitivity by quadruple deletion of the cspA family and its suppression by PNPase S1 domain in *Escherichia coli*. **Molecular Microbiology**, v. 40, p. 179-188, 2001.
- ZHANG, Y.; et al. Involvement of reactive oxygen species in endosperm cap weakening and embryo elongation growth during lettuce seed germination. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, p. 3189–3200, 2014.

CAPÍTULO II

**ÁCIDO GIBERÉLICO E CHOQUE À FRIO NÃO INDUZ A
RESISTÊNCIA AO ESTRESSE HÍDRICO EM SEMENTES E
PLÂNTULAS DE *Cucumis melo* L. CV. MELÃO AMARELO**

RESUMO

Extremos de temperatura e seca afetam o crescimento e a formação de rendimento das plantas. Alterações nos padrões de precipitação e aumento da evapotranspiração induzidos pelo aquecimento global aumentaram a frequência e a gravidade do estresse hídrico e os reguladores de crescimento de plantas modulam as respostas das plantas a estresses e regulam seu crescimento e desenvolvimento. A giberelina tem a capacidade de ativar a produção das enzimas que promovem o afrouxamento da parede celular, e por consequência o crescimento do tecido, e o choque frio libera substâncias que promovem a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas. Diante disto, objetivou-se avaliar o ácido giberélico e o choque frio na indução de resistência ao estresse hídrico em sementes e plântulas de *Cucumis melo* cv. Melão Amarelo. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x4, correspondendo a duas condições de pré-tratamento das sementes: pré-tratadas com giberelina e choque frio e sem nenhum pré-tratamento e quatro potenciais osmóticos: 0,0 – água, -0,3, -0,6, -0,9Mpa e as capacidades de retenção de água na areia: 100, 80, 60, e 20%. Foi avaliado a qualidade fisiológica das sementes e índices de crescimento das plântulas, por meio do teste padrão de germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação, comprimento de radícula, emergência de plântulas, índice de emergência de plântulas, comprimento e massa seca da parte aérea e da raiz. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F e quando significativas as médias do fator qualitativo foram comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade e as médias referentes ao fator quantitativo, desdobrados em parâmetros de regressão. As variáveis foram influenciadas pela interação entre os potenciais osmóticos e os pré-tratamentos, e pelas capacidades de retenção de água e os pré-tratamentos, exceto, o comprimento da raiz e massa seca da parte aérea. À medida que a capacidade de retenção de água na areia aumenta, o vigor das sementes e das plântulas de *Cucumis melo* cv. Melão Amarelo diminui. O ácido giberélico + choque à frio não proporcionaram indução de resistência ao estresse hídrico. As sementes sem pré-tratamento resistem até -0,3 Mpa e 40% da capacidade de retenção de água na areia.

Palavras-chave: Deficiência hídrica; fisiologia vegetal; germinação; emergência.

ABSTRACT

Temperature and drought extremes affect plant growth and yield formation. Changes in precipitation patterns and increased evapotranspiration induced by global warming have increased the frequency and severity of water stress and plant growth regulators modulate plant responses to stress and regulate their growth and development. Gibberellin has the ability to activate the production of enzymes that promote loosening of the cell wall, and consequently the growth of tissue, and the cold shock releases substances that promote seed germination and seedling development. In view of this, the objective was to evaluate gibberellic acid and cold shock in inducing resistance to water stress in seeds and seedlings of *Cucumis melo* cv. Yellow melon. The experiment was carried out in a completely randomized design in a 2x4 factorial scheme, corresponding to two pre-treatment conditions of the seeds: pre-treated with gibberellin and cold shock and without any pre-treatment and four osmotic potentials: 0.0 - water, - 0.3, -0.6, -0.9Mpa and the water retention capacities in the sand: 100, 80, 60, and 20%. The physiological quality of seeds and seedling growth indexes were evaluated by means of the germination pattern, first count and germination speed index, root length, seedling emergence, seedling emergence index, length and dry mass of the seedling. shoot and root. The data obtained were subjected to analysis of variance by the F test and when significant, the averages of the qualitative factor were compared by the Tukey test at 5% probability and the averages referring to the quantitative factor, broken down into regression parameters. The variables were influenced by the interaction between the osmotic potentials and the pre-treatments, and by the water retention capacities and the pre-treatments, except for the length of the root and dry mass of the aerial part. As the water retention capacity in the sand increases, the vigor of the seeds and seedlings of *Cucumis melo* cv. Yellow melon decreases. Gibberellic acid + cold shock did not provide induction of resistance to water stress. The seeds without pre-treatment resist up to -0.3 Mpa and 40% of the water retention capacity in the sand.

Keywords: Water deficiency; plant physiology; germination; emergency.

1 INTRODUÇÃO

Os fatores abióticos são os principais fatores de limitação de produção para as plantas cultivadas (CANTER, 2018; ZORB et al., 2019). Extremos de temperatura, seca, inundação, salinidade e estresse por metais pesados, entre outros, afetam o crescimento e a formação de rendimento das plantas (WAGAS et al., 2017; VAUGHAN et al., 2018).

Estimativas baseadas na integração de modelos de mudança climática e rendimento de culturas previram perdas adicionais na produtividade de diversas culturas, que podem ter sérias consequências para a segurança alimentar (TIGCHELAAR et al., 2018), demonstrando a importância de utilizar de técnicas e/ou produtos para driblar esses problemas climáticos.

Alterações nos padrões de precipitação e aumento da evapotranspiração induzidos pelo aquecimento global aumentaram a frequência e a gravidade do estresse hídrico (DAI, 2011). Reguladores de crescimento de plantas modulam as respostas das plantas a estresses bióticos e abióticos e regulam seu crescimento e desenvolvimento (WAGAS et al., 2019).

Tratamentos pré-germinativos podem propiciar melhor desempenho das sementes e o condicionamento fisiológico permite à hidratação controlada em sementes (MARCOS FILHO, 2005) enquanto que diferentes capacidades de retenção disponibiliza o controle do balanço hídrico (PAZINATO et al., 2012). Estudos relacionados com a resposta germinativa de sementes à condição de estresses artificiais é fundamental para a ecofisiologia e constituem-se em ferramentas que possibilitam a avaliação dos limites e tolerância de sobrevivência e adaptação destas espécies às condições de déficit (GUEDES et al., 2013).

O uso de reguladores vegetais, especialmente ácido giberélico é uma prática promissora, por promover incrementos significativos na germinação e biomassa, sendo uma forma de aumentar o vigor das plantas e com maior possibilidade de produtividade (AMARO et al., 2018).

A giberelina tem a capacidade de ativar a produção das enzimas que promovem o afrouxamento da parede celular, e por consequência o crescimento do tecido, e o choque frio libera substâncias que promovem a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Diante disto, objetivou-se avaliar o efeito do ácido giberélico e do choque à frio na indução de resistência ao estresse hídrico em sementes e plântulas de *Cucumis melo* cv. Melão Amarelo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Procedimento experimental

Sementes de *Cucumis melo* L. cv. Melão Amarelo (Marca Feltrin) foram embebidas em solução aquosa de GA3 à 1 mM (MEGURO; SATO, 2014) ou mantidas secas. A embebição ocorreu em papel de germinação (Germitest[®]) umedecido com 2,5 vezes o peso do substrato seco e mantidas a temperatura constante de 25 °C nas primeiras 24 horas. As sementes embebidas no GA3 foram submetidas a choque frio (CF) sendo armazenadas a 7 °C por 24 horas (CUSTÓDIO et al., 2009).

Após os pré-tratamentos as sementes foram submetidas aos potenciais osmóticos para o teste de germinação e diferentes capacidades de retenção de água na areia para o teste de emergência. Resumindo em um fatorial 2x4, sendo dois pré-tratamentos (secas e GA3+CF) e quatro potenciais osmóticos (0,0 – água; -0,3 Mpa; -0,6 Mpa; -0,9Mpa) ou quatro capacidades de retenção (100%; 80%; 60%; 20%).

2.2 Avaliações

Teste de germinação: quatro subamostras de 50 sementes foram distribuídas em papel para germinação (Germitest[®]), formando rolos e previamente umedecidas, o equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco, com soluções nos diferentes potenciais osmóticos e mantidas em câmaras de germinação (B.O.D.) sob temperatura alternada de 20-30 °C e fotoperíodo de 8/16 horas (luz/escuro), computando-se apenas as plântulas normais no final do 8º dia. Os resultados foram expressos em porcentagem (BRASIL, 2009).

Primeira contagem de germinação: o número de sementes germinadas que formaram plântulas normais foram contadas no quarto dia após a semeadura e os resultados foram expressos em porcentagem (BRASIL, 2009). Esta avaliação foi realizada juntamente com o teste de germinação.

Índice de velocidade de germinação: as sementes com protrusão da raiz primária com cinco (5) mm de comprimento foram contadas diariamente no mesmo horário entre o quarto ao oitavo dia. O IVG foi cálculo segundo fórmula proposta por Maguire (1962): $IVG = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$. Onde, IVG= Índice de velocidade de germinação; N= Número de dias da

semeadura a cada contagem e G = Número de plântulas normais emergidas observadas em cada contagem. Esta avaliação foi realizada juntamente com o teste de germinação.

Comprimento de radícula: as sementes foram distribuídas em uma linha no terço superior do papel toalha (germitest) no sentido longitudinal, o qual foi umedecido com os diferentes potenciais osmóticos na quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa seca do papel, totalizando quatro repetições de 10 sementes. As sementes foram posicionadas com a micrúpila voltada para a parte inferior do papel e acondicionados em sacos plásticos posicionados verticalmente no germinador por quatro dias a 25 °C na ausência de luz. Ao final deste período foi efetuado a medida da raiz primária das plântulas normais utilizando um paquímetro, sendo os resultados médios expressos em mm planta^{-1} .

Emergência de plântulas: foi empregado como substrato a areia autoclavada distribuída em bandejas plásticas, umedecidas com as diferentes capacidades de retenção. Quatro repetições de 25 sementes foram semeadas a 2 cm profundidade e espaçadas em 4 cm entre si. O teste de emergência foi realizado na B.O.D. regulada a temperatura alternada de 20-30°C e as avaliações realizadas diariamente por meio da quantificação do número de plântulas emergidas até o vigésimo dia após a semeadura. A porcentagem de plântulas normais foi obtida conforme as prescrições contidas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Índice de velocidade de emergência: foi quantificado o número de plântulas normais emergidas diariamente, à mesma hora, até o vigésimo dia após a semeadura, em conjunto com o teste de emergência. O índice de velocidade de emergência foi calculado usando a fórmula de Maguire (1962).

Comprimento da parte aérea e da raiz: No final do teste de emergência, as plântulas normais de cada repetição foram medidas com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, para avaliação do comprimento. Os dados foram expressos em cm planta^{-1} .

Massa seca de parte aérea e da raiz: as plântulas e raízes normais de cada repetição do teste de emergência foram colocadas em sacos de papel, separados por subamostras e secadas em estufa com circulação forçada de ar, à 60°C, durante 48 horas. Após esse período, as amostras foram colocadas para esfriar em dessecador e determinada sua massa em balança de precisão de 0,0001g (NAKAGAWA, 1999). Os resultados serão expressos em g planta^{-1} .

2.3. Delineamento experimental e Análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2x4. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste de

F e quando significativas as médias do fator qualitativo foram comparadas empregando-se o teste de Tukey à 5% de probabilidade, enquanto que, as médias referentes ao fator quantitativo foram desdobrados em parâmetros de regressão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Germinação

A interação entre os pré-tratamentos e os diferentes potenciais osmóticos aplicados nas sementes de *Cucumis melo* foram significativos ($p < 0,01$) para a porcentagem de germinação (PG), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG) e comprimento de radícula (CR) (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo de análise de variância para a porcentagem de germinação (PG), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG) e comprimento de radícula (CR) em sementes de *Cucumis melo* L. cv. Melão Amarelo. (P.T. = Pré-tratamentos; P.O. = Potencial osmótico). Pombal, CCTA/UFCEG, 2019.

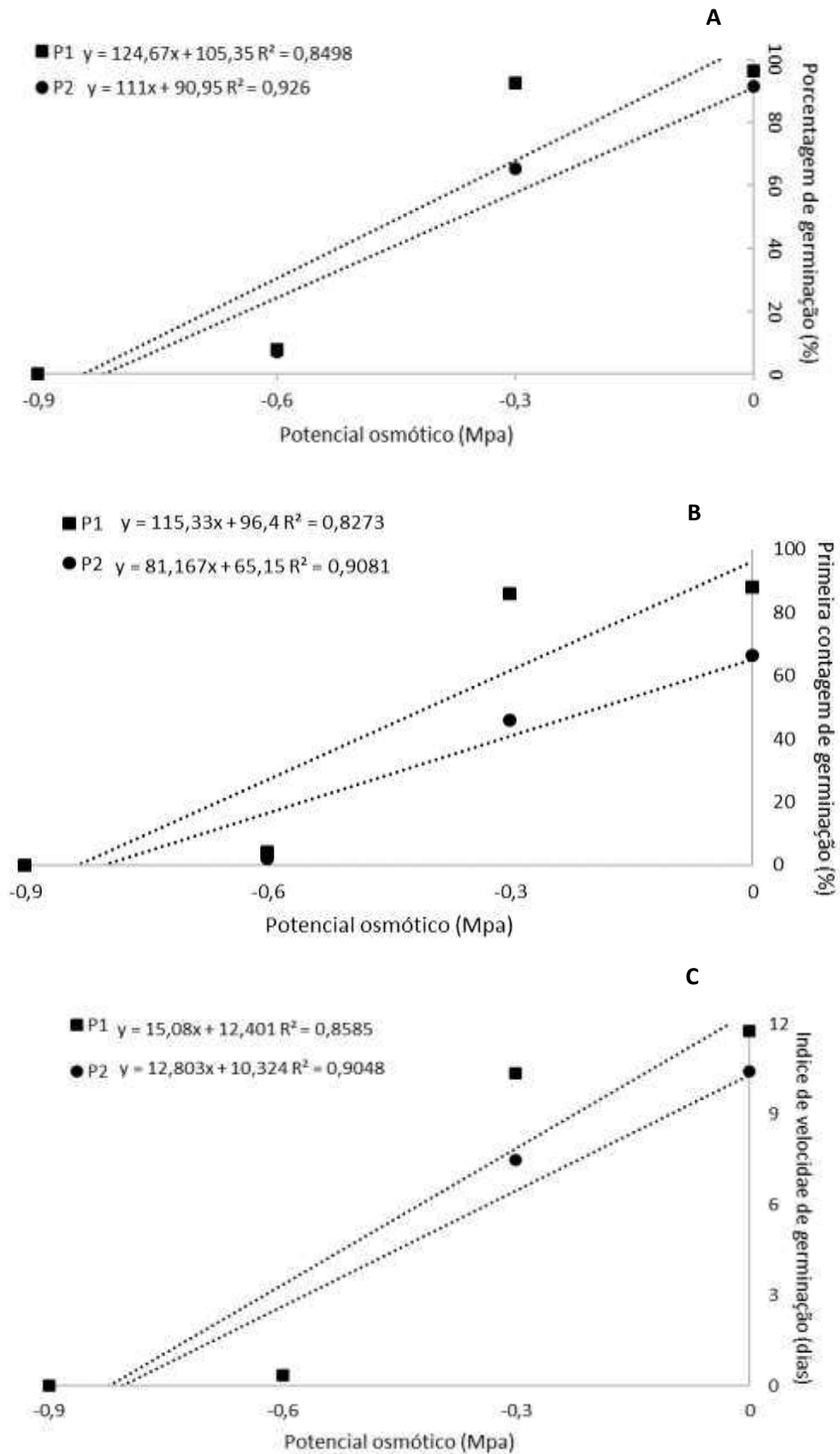
FV	PG	PCG	IVG	CR
P.T.	480,5**	1922**	13,36**	90,75 ns
P.O.	19255,16**	13889,5**	275,32**	9705,85**
P.T. x P.O.	343,16**	761**	6,64**	547,36**
Erro	12	15,25	0,14	18,5
C.V. (%)	7,81	10,89	7,39	13,61

**Significativos a 1% de probabilidade. ns = não significativo. C.V.= coeficiente de variação.

A porcentagem de germinação, primeira contagem de germinação e o índice de velocidade de germinação diferiram e reduziram com os potenciais osmóticos mais negativos nas sementes com e sem pré-tratamento, se ajustando em modelo linear decrescente. Não houve diferença estatística entre as sementes umedecidas com água e com soluções de -0,3 Mpa, ocorrendo nestas condições os melhores valores das variáveis analisadas nas sementes que não sofreram nenhum pré-tratamento, apresentando 92,5% (PG), 86% (PCG) e 10,35 (IVG) (Figuras 1A, B e C, respectivamente).

O comprimento da radícula diferiu e reduziu com a diminuição do potencial osmótico nas sementes com e sem pré-tratamento, se ajustando em modelo linear decrescente. As

sementes que não sofreram o pré-tratamento apresentaram 86,91 mm quando umedecidas com água (Figura 1D), sendo este o melhor resultado.



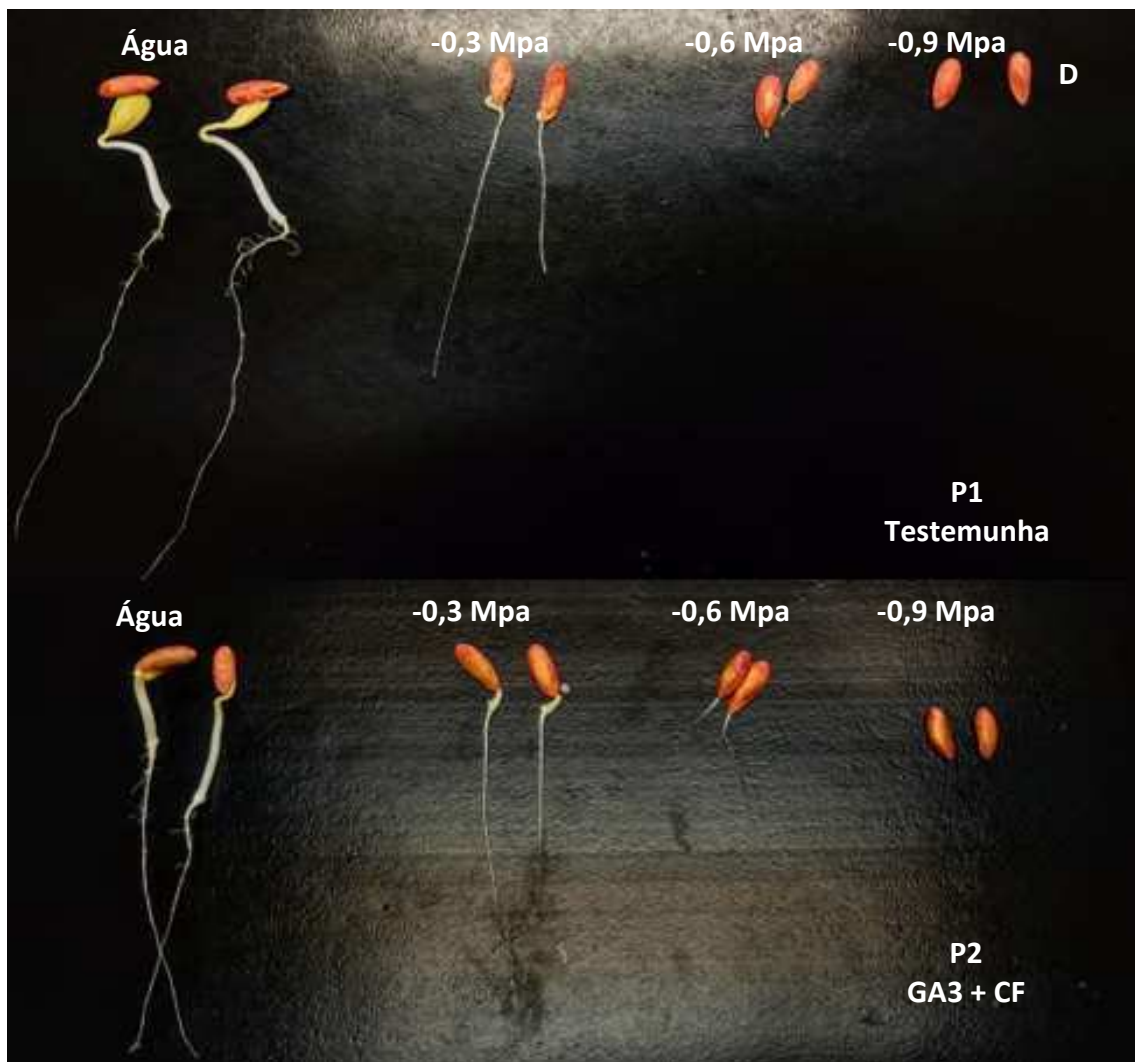
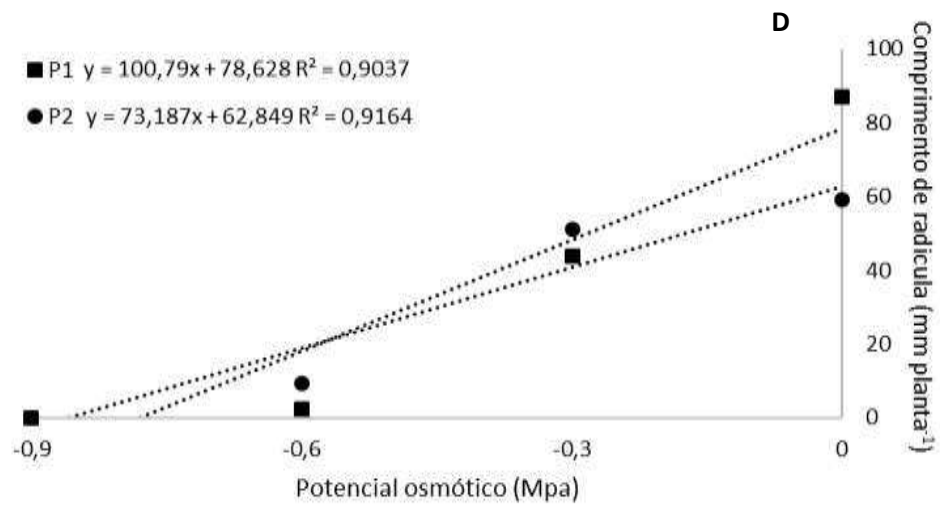


Figura 1. Dados relativos à porcentagem (A), primeira contagem (B), índice de velocidade de germinação (C) e comprimento de radícula (D) das sementes de *C. melo* cv. Melão Amarelo em função dos potenciais osmóticos. (P1 = Testemunha; P2 = Ácido giberélico + choque frio).

A PG, PCG, IVG e comprimento da radícula obtiveram os piores resultados nas sementes que foram pré-tratadas com ácido giberélico + choque frio devido as giberelinas estarem envolvidos em processos celulares, como a promoção ou inibição do alongamento e divisão celular (ZHONG et al., 2015). Em altas concentrações de GA3, tornam-se inibidoras e, na maioria dos casos, as raízes contêm níveis quase saturados de GA3, dificultando a promoção do crescimento da planta (TANIMOTO, 2012). Vários estudos tentam explicar o funcionamento do GA3 nas plantas, mas as respostas ainda não são claras. Evidências apoiam o papel da proteína AtGASA6 na mediação não apenas das respostas do GA3, mas também das respostas do ácido abscísico, paclobutrazol e glicose na regulação do tempo da germinação das sementes e sugere que os membros da família GASA funcionem em uma rede de múltiplos fitohormônios (ZHONG et al., 2015). Alguns genes da família GASA funcionam em conjunto das proteínas DELLA e mostram que o GA3 intercede a função da proteína GASA em diferentes processos de desenvolvimento de plantas através da regulação das proteínas DELLA (SUN et al., 2013), não ocorrendo a interseção entre as proteínas, ocorre a ausência do ABI5, que atua em conjunto com o ABI3, e reprime a germinação das sementes em resposta a quantidade do GA3 (PISKUREWICZ et al., 2008).

3.2 Emergência

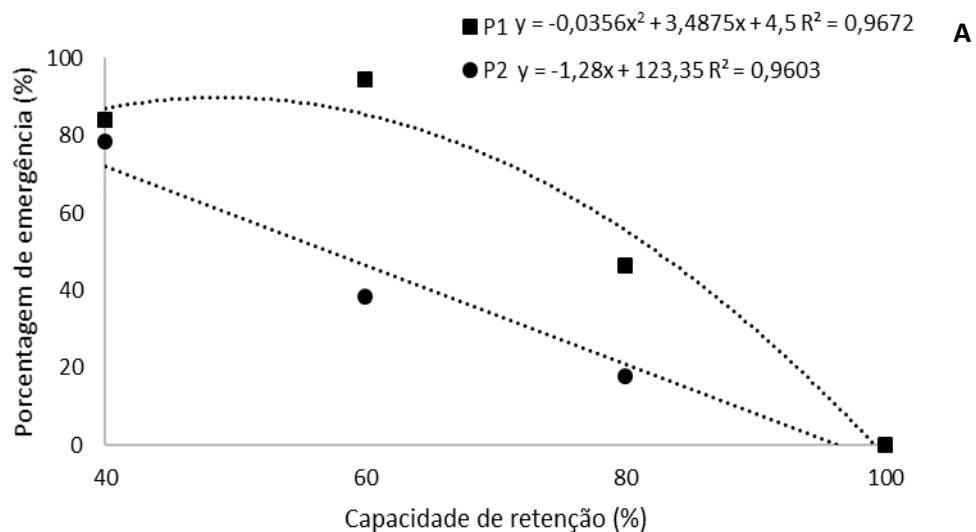
A interação entre os pré-tratamentos e as diferentes capacidades de retenção de água na areia aplicados nas sementes de *Cucumis melo* foram significativos ($p < 0,01$) para a porcentagem de emergência (PE), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento da parte aérea (CPA) e massa seca da raiz (MSR). O comprimento da raiz (CR) e a massa seca da parte aérea (MSPA) foram significativos ($p < 0,01$) isoladamente apenas para as diferentes capacidades de retenção da água na areia (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo de análise de variância para a porcentagem de emergência (PE), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) em sementes de *Cucumis melo* L. cv. Melão Amarelo. (P.T. = Pré-tratamentos; C.R. = Capacidade de retenção). Pombal, CCTA/UFCEG, 2019.

FV	PE	IVE	CPA	CR	MSPA	MSR
P.T.	4050**	10,79**	18,27**	0,53 ns	0,000003 ns	0,007**
C.R.	10570,3**	24,42**	245,73**	104,82**	0,0005**	0,005**
P.T. x C.R.	1302,3**	2,35**	5,32**	0,13 ns	0,000003 ns	0,002**
Erro	23,83	0,03	0,63	0,26	0,00001	0,000036
C.V. (%)	10,85	10,71	9,65	9,86	30,95	16,24

**Significativos a 1% de probabilidade. ns = não significativo. C.V. = coeficiente de variação.

A porcentagem e o índice de velocidade de emergência das sementes diferiram e diminuíram com o aumento das capacidades de retenção. As sementes que não sofreram nenhum pré-tratamento se ajustaram em modelo quadrático e apresentaram ponto máximo em 48,97% da capacidade de retenção do substrato, proporcionando 89,88% para a PE e 85% de emergência em 40% da capacidade de retenção (Figura 2A). Não houve diferença estatística quando a areia foi umedecida entre 40% e 60% para o IVE, apresentando 4,47 em 40% de retenção de água na areia (Figura 2B), ajustando-se em modelo linear.



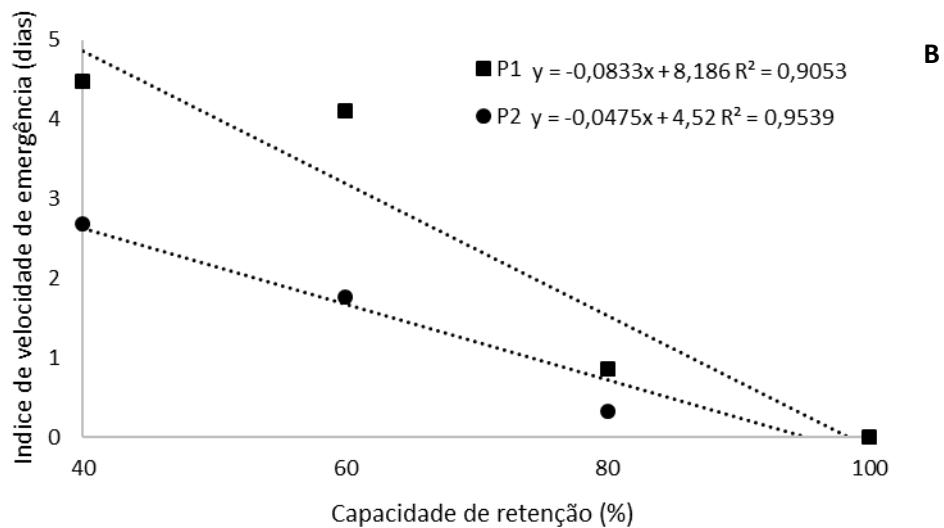
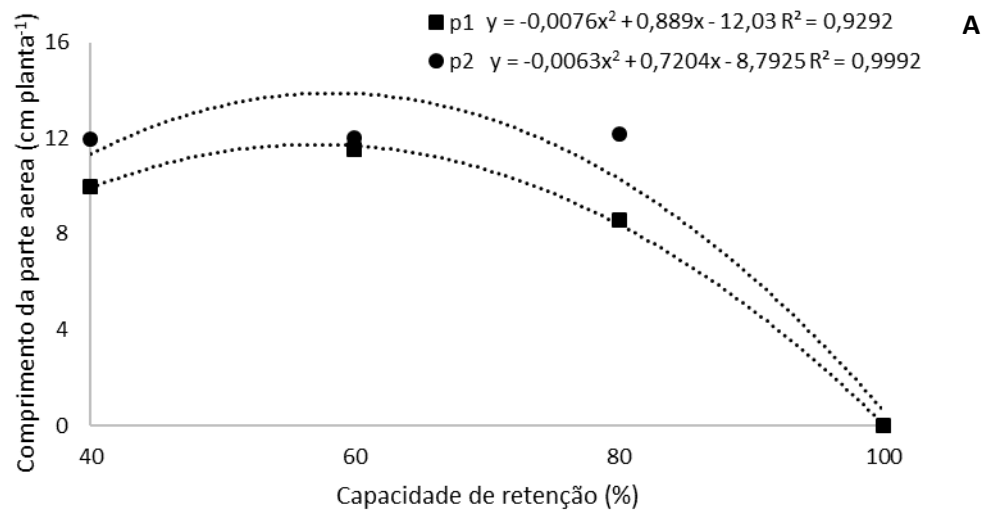


Figura 2. Dados relativos à porcentagem (A) e índice de velocidade de emergência (B) das sementes de *C. melo* cv. Melão Amarelo em função das capacidades de retenção de água na areia. (P1 = Testemunha; P2 = Ácido giberélico + choque frio).

A natureza complexa da arquitetura genética da tolerância à estresses, o conhecimento dos componentes genéticos da tolerância seria essencial para o design ideal de ferramentas e estratégias destinadas a melhorar a tolerância em cultivares (ARZANI; ASHAF, 2016). Apesar do grande número de dados sobre análise genética em condições ambientais, pouco foi relatado na literatura sobre a herança da tolerância ao estresse hídrico no melão (AKRAMI; ARZANI, 2019), justificando esta pesquisa.

A porcentagem de emergência e o índice de velocidade de emergência foi maior nas sementes que não sofreram nenhum pré-tratamento, devido a quantidade de GA3 aplicada nas sementes, dificultando a germinação e o crescimento das plântulas, como discutido anteriormente, após a figura 1.

O comprimento da parte aérea e a massa seca da raiz das plântulas diferiram e diminuíram com o aumento das capacidades de retenção, ajustando-se em modelo quadrático. Não houve diferença estatística quando a areia foi umedecida entre 40% a 80% entre as sementes que foram pré-tratadas com ácido giberélico + choque frio quanto ao comprimento da parte aérea, apresentando ponto máximo de $13,5 \text{ cm planta}^{-1}$ em 58,48% da capacidade de retenção e $11,95 \text{ cm}$ em 40% de retenção (Figura 3A). A massa seca das plântulas oriundas de sementes que não sofreram nenhum pré-tratamento apresentou melhores resultados no ponto máximo de 61,25% da capacidade de retenção, apresentando $0,1 \text{ gramas}$ e $0,9 \text{ gramas plântula}^{-1}$ em 60% da capacidade de retenção (Figura 3B).



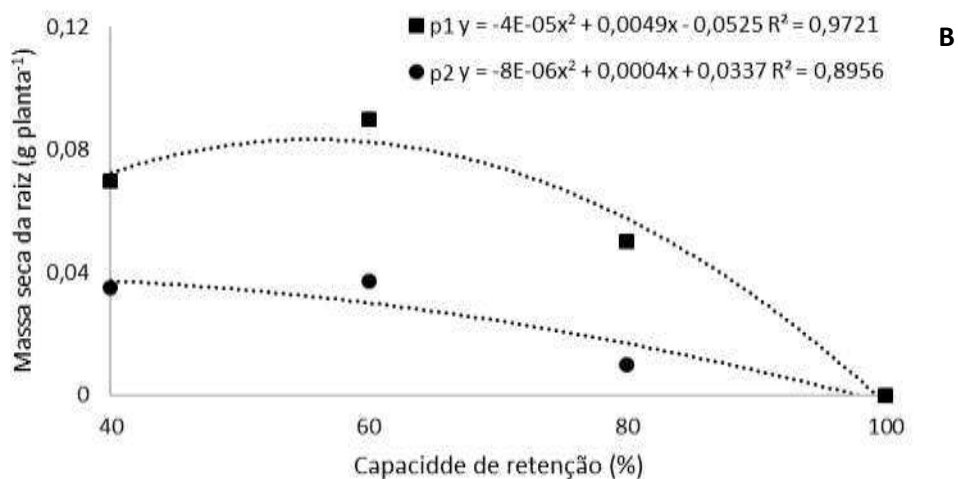


Figura 3. Dados relativos ao comprimento da parte aérea (A) e massa seca da raiz (B) das plântulas de *C. melo* cv. Melão Amarelo em função das capacidades de retenção de água na areia. (P1 = Testemunha; P2 = Ácido giberélico + choque frio; C.R.: Capacidade de retenção).

O maior comprimento da parte aérea de plântula foi oriunda das sementes pré-tratadas com ácido giberélico + choque frio, porque o ácido giberélico tem efeitos profundos no crescimento das plantas, promovendo o alongamento celular aprimorado, devido ao relaxamento da parede celular (HEDDEN; SPONDEL, 2015), assim, o transporte de GA3 é implicado na promoção do alongamento e crescimento do caule e de toda parte aérea (DAYAN et al., 2012) e o efeito do choque frio potencializa a capacidade do GA3 (LI et al., 2017).

A massa seca da raiz foi maior nas plântulas oriundas de sementes sem nenhum pré-tratamento porque as giberelinas podem ser inibidoras e são mais acumuladas nas raízes, impedindo o seu crescimento e desenvolvimento (TANIMOTO, 2012), conseqüentemente um menor tamanho e menor peso da raiz. Isto acontece porque a aplicação de GA3 diminuiu os níveis de transcrição dos genes que codificam GA20-oxidase e GA3-oxidase, mas aumentou os dos genes que codificam GA2-oxidase, demonstrando que o GA3 é firmemente estabelecida como um mecanismo para manter a homeostase em plantas superiores e não nas raízes (GALLEGO-GIRALDO et al., 2008).

O comprimento da raiz e a massa seca da parte aérea das plântulas reduziu com o aumento das capacidades de retenção, se ajustando ao modelo linear e apresentando 8,27 cm planta⁻¹ e 0,018 gramas planta⁻¹, respectivamente, em 40% da capacidade de retenção de água na areia (Figuras 4A e B).

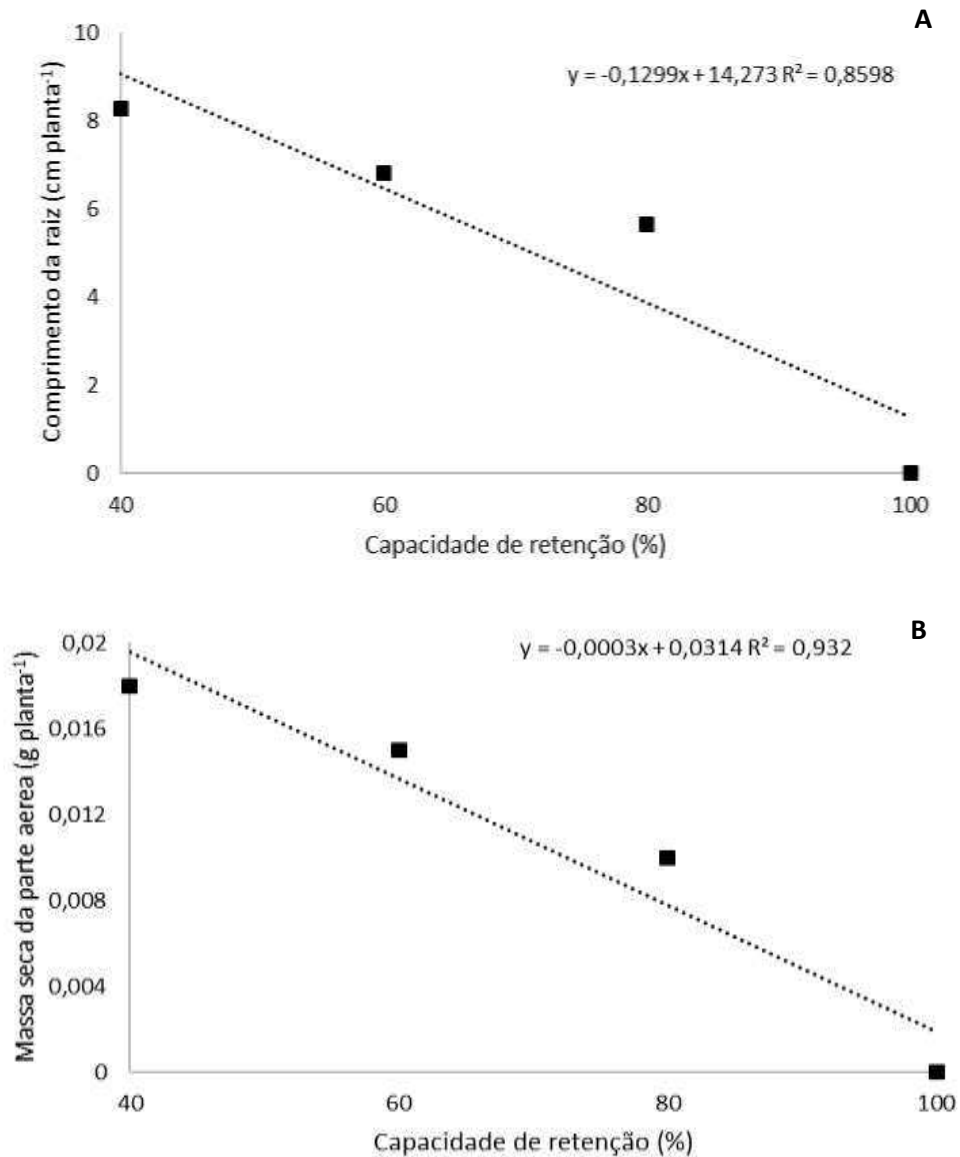


Figura 4. Dados relativos ao comprimento da raiz (A) e massa seca da parte aérea (B) das plântulas de *C. melo* cv. Melão Amarelo em função das capacidades de retenção de água na areia.

O comprimento da raiz e a massa seca da parte aérea foi maior em 40% da capacidade de retenção de água na areia devido as plantas expressam proteínas diferentes causando alterações fenotípicas que influenciam a tolerância da planta ao estresse (ANSARI et al., 2019), acumulando compostos fenólicos e adaptabilidade bioquímica das plantas para destruir os radicais livres (BLOKHINA et al., 2003), fornecendo melhor integridade celular, que é suportado pelo aumento da concentração de fenol (ANSARI et al., 2019).

4 CONCLUSÃO

À medida que a capacidade de retenção de água na areia aumenta, o vigor das sementes e das plântulas de *Cucumis melo* cv. Melão Amarelo diminui. O ácido giberélico + choque à frio não proporciona indução de resistência ao estresse hídrico. As sementes sem pré-tratamento resistem até -0,3 Mpa e 40% da capacidade de retenção de água na areia.

5 REFERÊNCIAS

AKRAMI, M.; ARZANI, A. Inheritance of fruit yield and quality in melon (*Cucumis melo* L.) grown under field salinity stress. **Scientific Reports**, v. 9, n. 7249, 2019.

AMARO, A. C. E.; et al. Effects of the fungicides azoxystrobin, pyraclostrobin and boscalid on the physiology of Japanese cucumber. **Scientia Horticulturae**, v.228 p.66-75, 2018.

ANSARI, W. A.; et al. Drought mediated physiological and molecular changes in muskmelon (*Cucumis melo* L.). **Plos one**, v. 14, n. 9, p. e0222647, 2019.

ARZANI, A.; ASHRAF, M. Smart engineering of genetic resources for enhanced salinity tolerance in crop plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 35, p. 146–189, 2016.

BLOKHINA, O.; VIROLAINEN, E.; FAGERSTEDT, K. V. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. **Annals of Botany**, v. 91, p. 179–194, 2003.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009.

CANTER, L. W. **Environmental Impact of Agricultural Production Activities**. Broken Sound Parkway NW: CRC Press, 2018.

CUSTÓDIO, C. C.; et al. Tolerância cruzada induzida por choque térmico na germinação de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p.131-143, 2009.

DAI, A. Drought under global warming: a review. **Wiley Interdisciplinary Reviews Climate Change**, v. 2, p. 45–65, 2011.

DAYAN, J.; et al. Leaf-induced gibberellin signaling is essential for internode elongation, cambial activity, and fiber differentiation in tobacco stems. **Plant Cell**, v. 24, p. 66–79, 2012.

GALLEGO-GIRALDO, L.; et al. Gibberellin homeostasis in tobacco is regulated by gibberellin metabolism genes with different gibberellin sensitivity. **Plant Cell Physiology**, v. 49, n. 5, p. 679–90, 2008.

GUEDES, R. S.; et al. Germinação e vigor de sementes de *Apeibatibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 45-53, 2013.

HEDDEN, P.; SPONDEL, V. A Century of Gibberellin Research. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 34, p. 740–760, 2015.

LI, Z.; et al. The Synergistic Priming Effect of Exogenous Salicylic Acid and H₂O₂ on Chilling Tolerance Enhancement during Maize (*Zea mays* L.) Seed Germination. **Frontiers in plant Science**, v. 8, p. 1153, 2017.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba-SP: FEALQ, 2005. 495 p.

MEGURO, A.; SATO, Y. Salicylic acid antagonizes abscisic acid inhibition of shoot growth and cell cycle progression in rice. **Scientific Reports**, v. 4, p. 4555, 2014.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.24.

PAZINATO, A. C.; et. al. **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sulbrasileira**. 2^a ed. – Brasília, DF: EMBRAPA, 2012. 544p.

PISKUREWICZ, U. The gibberellic acid signaling repressor RGL2 inhibits *Arabidopsis* seed germination by stimulating abscisic acid synthesis and ABI5 activity. **Plant Cell.**, v. 20, p. 2729–2745, 2008.

SUN, S.; et al. GASA14 regulates leaf expansion and abiotic stress resistance by modulating reactive oxygen species accumulation. **Journal of Experimental Botany**, v. 64, p. 1637–164, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2013.

TANIMOTO, E. Tall or short? Slender or thick? A plant strategy for regulating elongation growth of roots by low concentrations of gibberellin. **Annals of Botany**, v. 110, p. 373–381, 2012.

TIGCHELAAR, M.; et al. Future warming increases probability of globally synchronized maize production shocks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, p. 6644–6649, 2018.

VAUGHAN, M. M.; et al. The effects of climate change associated abiotic stresses on maize phytochemical defenses. **Phytochemistry Reviews**, v. 17, p. 37–49, 2018.

WAGAS, M. A.; et al. Exogenous application of plant growth regulators (PGRs) induces chilling tolerance in short-duration hybrid maize. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, p. 11459–11471, 2017.

WAGAS, M. A.; et al. Potential Mechanisms of Abiotic Stress Tolerance in Crop Plants Induced by Thiourea. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1336, 2019.

ZHONG, C.; et al. Gibberellic Acid-Stimulated Arabidopsis6 Serves as an Integrator of Gibberellin, Abscisic Acid, and Glucose Signaling during Seed Germination in *Arabidopsis*. **Plant Physiology**, v. 169, p. 2288–2303, 2015.

ZORB, C.; GEILFUS, C. M.; DIETZ, K. J. Salinity and crop yield. **Plant Biology**, v. 21, p. 31–38, 2019.