

Germinação de sementes de melancia sob diferentes métodos de tratamento com reguladores vegetais

T. C. F. S. Silva¹; R. C. B. Silva¹; J. E. S. B. Silva¹; R. S. Santos²;
C. A. Aragão¹; B. F. Dantas².

1 Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais/Universidade do Estado da Bahia, 48900-000 Juazeiro-BA, Brasil.

2 Laboratório de Análises de Sementes/Embrapa Semiárido, 56302-970 Petrolina-PE, Brasil.

Barbara.dantas@embrapa.br

(Recebido em 23 de janeiro de 2014; aceito em 05 de março de 2014)

A melancia é uma cultura importante para o Brasil pela demanda intensiva de mão-de-obra rural, perfil predominante pela produção familiar e retorno em torno de 85 dias em relação às outras oleráceas. O uso de reguladores de crescimento pode favorecer o desempenho das plântulas, acelerando a velocidade de emergência de sementes de várias espécies. Acredita-se que possam desempenhar um papel importante na regulação de certos aspectos das sementes, além de estarem envolvidas no crescimento de frutos e outros determinados fenômenos fisiológicos. Sementes de melancia cv. Crimson Sweet foram submetidas a dois métodos de tratamento com regulador: a) sementes embebidas: embebição das sementes em regulador por 8 horas; b) substrato embebido em regulador sendo utilizados os reguladores: ácido salicílico (0; 0,5; 5; 25 e 50 $\mu\text{mol.L}^{-1}$); putrescina (0; 50; 100; 500 e 1000 $\mu\text{mol.L}^{-1}$) e ácido giberélico (0, 50, 100 e 500 $\mu\text{g.g}^{-1}$). Para ácido salicílico e putrescina utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5 (métodos de tratamento x concentrações do regulador), com ácido giberélico foi utilizado esquema fatorial 2 x 4, com quatro repetições de 50 sementes cada. O método mais eficiente com ácido salicílico foi o uso de substrato embebido, juntamente com 0, 25 e 50 $\mu\text{mol.L}^{-1}$. A concentração de 1000 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de putrescina teve efeito negativo sobre as raízes das plântulas. 50 e 100 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de GA_3 promoveu maior desenvolvimento da parte aérea das plântulas. 500 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de GA_3 teve efeito fitotóxico sobre as sementes e posteriormente sobre as plântulas de melancia.

Palavras-chave: Ácido giberélico, Putrescina, Ácido salicílico.

Regulators and protectors vegetable seed germination of watermelon

Watermelon is an important crop for Brazil by intensive demand of skilled manpower rural predominant profile by household production and return around 85 days compared to other vegetables. The use of growth regulators can promote seedling performance, accelerating the speed of emergence of seeds of various species. It is believed to play an important role in regulating certain aspects of the seeds and to be involved in the growth of certain fruits and other physiological phenomena. Watermelon seeds cv. Crimson Sweet were subjected to two methods of treatment with regulator: a) soaked seeds: seed soaking in regulator for 8 hours b) substrate soaked in regulating the regulators being used: salicylic acid (0; 0,5; 5; 25 and 50 $\mu\text{mol.L}^{-1}$); putrescine (0; 50; 100; 500 and 1000 $\mu\text{mol.L}^{-1}$) and gibberellic acid (0; 50; 100 and 500 $\mu\text{g.g}^{-1}$). For salicylic acid and putrescine used the completely randomized factorial 2 x 5 (treatment methods x concentrations regulator) with gibberellic acid was used 2 x 4 factorial design, with four replications of 50 seeds each. The most efficient method with the use of salicylic acid was soaked substrate, together with 0, 25 and 50 $\mu\text{mol.L}^{-1}$. The concentration 1000 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, putrescine had a negative effect on the roots of seedlings. 50 and 100 $\mu\text{g.g}^{-1}$ GA_3 promoted further development of the seedling shoot. 500 $\mu\text{g.g}^{-1}$ GA_3 had phytotoxic effect on seed and later on watermelon seedlings.

Keywords: Gibberellic acid, Putrescine, Salicylic Acid.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da melancia tem fácil manejo e menor custo de produção quando comparada a outras hortaliças, constituindo-se em importante cultura para o Brasil pela demanda intensiva de mão-de-obra rural. Do ponto de vista social, gera renda e empregos, e ajuda a manter o homem no campo, além de ter um bom retorno econômico para o produtor [27]. Apresenta um perfil

predominante pela produção familiar por sua rusticidade, pelo menor investimento de capital e retorno em torno de 85 dias em relação às outras oleráceas [11].

As variedades de melancia mais cultivadas no Brasil são japonesas e americanas como Crimson Sweet, Madera, Congo, Charleston Gray e Rubi AG-08 [30]. As principais regiões produtoras de melancia no país são o Nordeste e o Sul, contribuindo, respectivamente com 34,15 e 24,63% do total nacional; no nordeste a Bahia se destaca como maior produtora da cultura com cerca de 50% da produção da região [15].

As condições ambientais interferem, decisivamente, na produção de hortaliças [12]. As plantas estão frequentemente expostas aos estresses ambientais, ou seja, fatores externos que exercem influência desvantajosa sobre elas, dessa forma compreender os processos fisiológicos subjacentes aos danos provocados por estresses, bem como os mecanismos de adaptação das plantas aos estresses ambientais é de grande importância para a agricultura e o ambiente [29]. As sementes de melancia possuem germinação epigea e beneficiam-se de uma embebição durante 24 h em água tépida. Sob condições ótimas de temperatura (25 a 30 °C) a germinação ocorre em três dias e sob temperaturas menores (15 a 20 °C) são necessárias duas semanas para que ocorra a emergência [1].

O uso de reguladores de crescimento pode favorecer o desempenho das plântulas, acelerando a velocidade de emergência de sementes de várias espécies [4]. Hormônio vegetal é um composto orgânico, não nutriente, de ocorrência natural, produzido na planta, que inibe, promove ou modifica processos morfológicos e fisiológicos do vegetal. Os reguladores de crescimento são substâncias naturais ou sintetizadas e, quando aplicadas exogenamente nas plantas possuem ações similares aos hormônios vegetais conhecidos [8]. Os reguladores de crescimento e/ou hormônios desempenham um papel importante na regulação da maturação, dormência e germinação das sementes, além de estarem envolvidas no crescimento de frutos e outros fenômenos fisiológicos dos vegetais [5]. As auxinas, as citocininas, as giberelinas, o etileno e o ácido abscísico têm sido bastante estudados nos últimos 50 anos. Os brassinosteróides, as poliaminas, o ácido jasmônico e o ácido salicílico são compostos que podem afetar o crescimento e o desenvolvimento vegetal, no entanto muitas dúvidas ainda permaneçam quanto à classificação como hormônios vegetais [9].

O presente trabalho teve como objetivo determinar as concentrações e métodos de aplicação dos reguladores de crescimento ácido salicílico, putrescina e ácido giberélico em sementes de melancia cv. Crimson Sweet.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de agosto de 2011 a setembro de 2012 com uso de sementes de melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) cv. Crimson Sweet.

Foram realizados três experimentos independentes para cada regulador de crescimento (ácido salicílico, putrescina e ácido giberélico). Nos experimentos com os reguladores de crescimento ácido salicílico e putrescina utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5 (métodos de tratamento x concentrações de reguladores de crescimento) com quatro repetições de 50 sementes cada. Para os experimentos com ácido giberélico, baseando-se em experimentos anteriores, foi utilizado esquema fatorial 2 x 5 (métodos de tratamento x concentrações de ácido giberélico) com quatro repetições de 50 sementes cada.

Foram testadas diferentes concentrações de reguladores de crescimento, sendo: ácido salicílico (0; 0,5; 5; 25 e 50 $\mu\text{mol.L}^{-1}$); putrescina (0; 50; 100; 500 e 1000 $\mu\text{mol.L}^{-1}$) e ácido giberélico (0; 50; 100 e 500 $\mu\text{g.g}^{-1}$). Para tanto, as sementes de melancia foram submetidas a dois métodos de tratamento com regulador de crescimento: a) sementes embebidas: embebição das sementes em regulador de crescimento por 8 horas, posteriormente semeadas em papel *germitest* umedecidos com água destilada na quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel; b) substrato embebido em solução de regulador de crescimento- papel *germitest* umedecido com soluções de regulador na quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel, após os papéis serem umedecidos foi realizada a semeadura. Em seguida os rolos de papel

foram acondicionados em germinador tipo BOD a 25°C por 14 dias com um fotoperíodo de 12 horas.

A emissão de radícula (ER) foi avaliada diariamente, sendo consideradas as sementes com emissão de 2 mm de radícula. A germinação foi obtida pela porcentagem de plântulas normais aos 14 dias após a semeadura e a porcentagem de plântulas anormais, obtida pela quantidade de plântulas danificadas, deformadas, deterioradas e/ou com defeitos no sistema radicular ou na parte aérea [7].

Após 14 dias de avaliação diária de ER, foram calculados o tempo médio de germinação – TMG [17], velocidade média de germinação – VMG [16] e o índice de velocidade de germinação – IVG [21], de acordo com as seguintes equações:

$$ER = \frac{\sum_{i=1}^k ni}{A} * 100 \quad TMG = \frac{\sum_{i=1}^k ni.ti}{\sum_{i=1}^k ni} \quad VMG = \frac{\sum_{i=1}^k ni.ti}{\sum_{i=1}^k ni.ti} \quad IVG = \sum_{i=1}^k \frac{Ni}{ti}$$

Em que:

Ni = número acumulado de sementes germinadas;

ni = número não acumulado de sementes germinadas;

ti = número de dias;

A = número total de sementes colocadas para germinar;

K = último dia de observação.

O comprimento da parte aérea e da raiz principal foram avaliados ao final do experimento, separando-se dez plântulas normais por repetição e medindo-as em régua graduada do ápice ao colo (comprimento da parte aérea – CPA) e do colo a extremidade da raiz primária (comprimento da raiz – CR). Massa seca da parte aérea (MSPA) Massa seca da raiz (MSR) foram obtidos logo após a medição de comprimento, onde essas plântulas foram colocadas em sacos de papel, separando-se a parte aérea da raiz, e levadas à estufa com circulação de ar forçada a 65°C até obter massa constante, em seguida foram pesadas em balança analítica, sendo seus valores expressos em miligramas.

Os dados médios das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com uso do programa Assistat versão 7.6 beta.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Germinação de sementes de melancia cv. Crimson Sweet sob dois métodos de utilização do ácido salicílico no plantio.

Os métodos de tratamento de sementes utilizados influenciaram a germinação, tempo médio de germinação, velocidade média de germinação, índice de velocidade de germinação, porcentagem de plântulas anormais e comprimento da parte aérea e massa seca da parte aérea de plântulas de melancia cv Crimson Sweet (Tabelas 1 e 2). Houve interação entre as concentrações e os métodos apenas para comprimento da parte aérea e massa seca da raiz de plântulas de melancia (Tabelas 3 e 4). Quando o ácido salicílico foi aplicado no substrato, houve uma maior germinação, uma menor porcentagem de plântulas anormais e um maior crescimento da parte aérea das plântulas (Tabelas 2 e 3). O ácido salicílico representa uma das várias formas de combate ao estresse, sendo sua aplicação de forma exógena ou pelo estímulo à síntese endógena [24].

Quando o ácido salicílico foi utilizado na embebição das sementes, a germinação foi mais rápida, evidenciada pela maior velocidade média de germinação, maior índice de velocidade de germinação e menor tempo médio (Tabela 2). Estudos sobre o uso de ácido salicílico em sementes de soja demonstraram que embora ácido salicílico tenha estimulado a atividade da enzima α -amilase teve efeito negativo na germinação [22].

Tabela 1. Quadrados médios da análise de variância da emissão de radícula (ER), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG), índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de plântulas anormais (AN), porcentagem de germinação (G), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) no processo de germinação de melancia cv *Crimson Sweet* sob dois métodos de utilização do ácido salicílico (AS) no plantio.

FV	Quadrados Médios				
	ER (%)	TMG (dias)	VMG (dias ⁻¹)	IVG (plântulas. dia ⁻¹)	AN (%)
AS	1,25 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,00025 ^{ns}	0,31 ^{ns}	33,15 ^{ns}
Métodos	6,40 ^{ns}	0,207 ^{**}	0,00578 ^{**}	14,50 ^{**}	462,40 ^{**}
AS* Métodos	1,15 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,00019 ^{ns}	0,45 ^{ns}	28,15 ^{ns}
FV	G (%)	CPA (cm)	CR (cm)	MSPA (mg)	MSR (mg)
AS	39,35 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,00000 ^{ns}	0,00000 ^{ns}
Métodos	562,50 ^{**}	8,24 ^{**}	1,31 ^{ns}	0,00002 ^{**}	0,00000 ^{ns}
AS*Métodos	34,25 ^{ns}	2,58 [*]	0,18 ^{ns}	0,00000 ^{ns}	0,00000 [*]

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 = p < 0,05$) ns não significativo ($p \geq 0,05$). AS (Ácido Salicílico: 0; 0,5; 25; 50 $\mu\text{mol.L}^{-1}$). Métodos (sementes embebidas, papel embebido).

O comprimento da parte aérea das plântulas de melancia não foi influenciado pelas concentrações de ácido salicílico quando as sementes foram pré-embebidas por 8 horas. No entanto, quando se utilizou o substrato umedecido com as soluções contendo 5 e 50 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de ácido salicílico as plântulas apresentaram um menor comprimento da parte aérea, quando comparadas às plântulas germinadas em água destilada (Tabela 3). O maior ganho em peso da massa seca da raiz no método do substrato embebido foi obtido com uso de 25 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ (Tabela 4). O maior tempo de contato com o regulador de crescimento (método do substrato embebido) foi favorável ao processo germinativo das sementes de melancia, uma vez que mesmo a germinação tendo sido mais lenta houve uma maior porcentagem de germinação de sementes quando comparadas as sementes que foram embebidas no regulador por 8 horas. Resultados semelhantes foram observados em sementes de camomila e calêndula, onde o ácido salicílico teve efeito negativo na germinação de sementes de camomila embebidas por 24 horas em solução contendo 0,2 mM já em sementes de calêndula tanto favoreceu a germinação como o índice de velocidade de germinação quando o papel mata borrão foi umedecido com solução contendo 0,025 e 0,05 mM [26].

Tabela 2. Porcentagem de emissão de radícula (ER), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG), índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de plântulas anormais (AN), porcentagem de germinação (G), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) no processo de germinação de melancia cv Crimson Sweet sob dois métodos de utilização do ácido salicílico no plantio.

Métodos	ER (%)	TMG (dias)	VMG (dias ⁻¹)	IVG (plântulas.dia ⁻¹)	AN (%)
Sementes embebidas	98,60 a	2,36 b	0,423 a	22,92 a	14,8 a
Substrato embebido	99,40 a	2,51 a	0,399 b	21,71 b	8,0 b
Métodos	G (%)	CPA (cm)	CR (cm)	MSPA (mg)	MSR (mg)
Sementes embebidas	83,7 b	7,19 b	6,62 a	14,27 b	3,65 a
Substrato embebido	91,2 a	8,10 a	6,99 a	15,51 a	3,61 a

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

A embebição das sementes em ácido salicílico permitiu que a germinação ocorresse rapidamente, mas em menor porcentagem que as sementes plantadas diretamente no substrato umedecido com soluções do regulador (Tabela 2). Trabalhos com sementes de arroz indicam que o ácido salicílico aplicado em doses crescentes teve efeito inibitório sobre a germinação e dentre as alterações bioquímicas analisadas promoveu à atividade das enzimas fosfatase ácida e α -amilase aos 14 dias após a germinação além de provoca diminuição na quantidade de açúcares solúveis e aumento na quantidade de amido e de proteínas [28]. Trabalhos que avaliam os efeitos do ácido salicílico em sementes de cucurbitáceas, em especial a melancia, ainda são escassos, tornando-se necessários maiores estudos relacionados à sua utilização.

Tabela 3. Comprimento da parte aérea (cm) de plântulas de melancia sob diferentes concentrações e dois métodos de utilização de ácido salicílico no plantio.

Ácido salicílico ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	Comprimento da parte aérea (cm)	
	Sementes embebidas	Substrato embebido
0	7,05 aB	9,07 aA
0,5	6,84 aB	8,68 abA
5	7,36 aA	7,26 bA
25	6,94 aB	8,21 abA
50	7,77 aA	7,28 bA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Tabela 4. Massa seca da raiz (mg) de plântulas de melancia sob diferentes concentrações e dois métodos de utilização de ácido salicílico no plantio.

Ácido salicílico ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	Massa seca da raiz (mg)	
	Sementes embebidas	Substrato embebido
0	4,00 aA	3,30 abA
0,5	3,80 aA	2,80 bB
5	3,40 aA	4,00 abA
25	3,50 aB	4,10 aA
50	3,50 aA	3,80 abA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Germinação de sementes de melancia cv. Crimson Sweet sob dois métodos de utilização de putrescina no plantio.

A germinação, o tempo médio de germinação, a velocidade média de germinação, a porcentagem de plântulas anormais, o comprimento da raiz e a massa seca da raiz foram influenciados pelas diferentes concentrações de putrescina (Tabela 5). As poliaminas parecem servir como fontes de nitrogênio, além de interagir com membranas celulares, eliminar radicais livres e alterar a expressão gênica, seu e a sua concentração em sementes maduras é variável a depender da espécie, havendo uma distribuição entre os órgãos de reserva (cotilédones e endosperma) e eixo embrionário; aumentando durante os estágios iniciais de germinação [23].

Os métodos de aplicação de putrescina influenciaram os resultados referentes ao tempo médio de germinação, a velocidade média de germinação, ao índice de velocidade de germinação, ao comprimento da parte aérea, a massa seca da parte aérea e a massa seca da raiz (Tabela 5).

Embora tenha acelerado a germinação, uma vez que aumentou a velocidade média de germinação e reduziu o tempo médio de germinação, a concentração de $1000 \mu\text{mol.L}^{-1}$ de putrescina promoveu menor porcentagem de germinação quando comparada às concentrações de 0 e $50 \mu\text{mol.L}^{-1}$, além de uma maior porcentagem de plântulas anormais (Tabela 6). Possivelmente a alta concentração de putrescina pode ter causado estresse nas sementes provocando uma germinação mais rápida, embora menos eficiente, como uma forma de sair dessa condição desfavorável. Alguns trabalhos vêm sendo realizados para verificar a associação das poliaminas com respostas a estresses. A utilização de diferentes concentrações de putrescina e espermidina em sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* Spreng) atenuou parcialmente os efeitos do estresse hídrico [6]. O uso de espermidina e putrescina também atenuou os efeitos do estresse hídrico em sementes de *Adenantha pavonina* L. submetidas a estresse hídrico induzido sob temperatura ótima [13].

Tabela 5. Quadrados médios da análise de variância da emissão de radícula (ER), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG), índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de plântulas anormais (AN), porcentagem de germinação (G), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) no processo de germinação de melancia cv Crimson Sweet sob dois métodos de utilização de putrescina (PUT) no plantio.

FV	Quadrados Médios				
	ER (%)	TMG (dias)	VMG (dias ⁻¹)	IVG (plântulas.dia ⁻¹)	AN (%)
PUT	2,15 ^{ns}	0,038*	0,00115*	1,09 ^{ns}	273,4**
Métodos	8,10 ^{ns}	0,064*	0,00202*	4,13*	25,60 ^{ns}
PUT*Métodos	3,85 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,00027 ^{ns}	1,27 ^{ns}	89,60 ^{ns}
FV	G (%)	CPA (cm)	CR (cm)	MSPA (mg)	MSR (mg)
PUT	275,50**	1,28 ^{ns}	2,40**	0,00000 ^{ns}	0,00000*
Métodos	57,60 ^{ns}	10,07**	0,10 ^{ns}	0,00005**	0,00000*
PUT*Métodos	71,10 ^{ns}	0,84 ^{ns}	4,72**	0,00000 ^{ns}	0,00000 ^{ns}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 = p < 0,05$) ns não significativo ($p \geq 0,05$). PUT (Putrescina: 0; 50; 500; 1000 $\mu\text{mol.L}^{-1}$). Métodos (sementes embebidas, papel embebido).

A pré-embebição das sementes influenciou positivamente o tempo médio de germinação, a velocidade média de germinação e o índice de velocidade de germinação em relação ao método do substrato embebido embora não tenha obtido o melhor resultado para porcentagem de germinação, comprimento da parte aérea, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz (Tabela 7). Em estudos relacionados a estresse osmótico, a utilização de putrescina adicionada ao meio germinativo de sementes de *Orchroma pyramidale*, na concentração de 4 mM atenuou o estresse através do aumento da germinação em potenciais osmóticos mais negativos, embora tenha diminuído o índice de velocidade de germinação [10].

Apenas o comprimento da raiz das plântulas de melancia foi influenciado pela interação entre as concentrações e os métodos de tratamento (Tabela 8). Para comprimento da parte aérea, não houve diferença estatística entre as concentrações de putrescina quando as sementes foram pré-embebidas. Houve um menor comprimento radicular das plântulas, em substrato embebido, com a utilização de 1000 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de putrescina. No entanto, quando as sementes germinaram em substrato umedecido com putrescina o sistema radicular foi influenciado negativamente a partir da concentração de 100 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, podendo ser considerada uma concentração limite para este método.

O substrato com 50 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de putrescina induziu maior comprimento da raiz principal das plântulas, quando comparado com a embebição das sementes com a mesma concentração de putrescina. As poliaminas, dentre elas a putrescina, parecem estar envolvidas na divisão e alongamento celulares, eventualmente, essas substâncias podem ser usadas como substitutas do tratamento com auxinas, sugerindo uma atividade como mensageiros secundários dessa classe hormonal [9].

O melhor método de tratamento das sementes com putrescina foi a germinação em substrato umedecido com este regulador, exceto a concentração de 1000 $\mu\text{mol.L}^{-1}$. A utilização de putrescina na concentração de 1000 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ no substrato causou fitotoxidez nas sementes e plântulas de melancia cv Crimson Sweet.

O efeito da utilização de putrescina em sementes de espécies florestais vem sendo bastante explorado, no entanto fazem-se necessários mais estudos relacionados à sua utilização em sementes de espécies hortícolas, dentre elas as pertencentes às cucurbitáceas.

Tabela 6. Porcentagem de emissão de radícula (ER), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG), índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de plântulas anormais (AN), porcentagem de germinação (G), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), a massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) no processo de germinação de melancia cv Crimson Sweet sob diferentes concentrações de putrescina.

Putrescina ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	ER (%)	TMG (dias)	VMG (dias ⁻¹)	IVG (plântulas.dia ⁻¹)	AN (%)
0	99,50 a	2,48 a	0,402 b	22,15 a	10,50 b
50	98,25 a	2,44 ab	0,410 ab	22,19 a	15,00 b
100	98,75 a	2,35 ab	0,425 ab	22,86 a	18,00 ab
500	98,50 a	2,36 ab	0,423 ab	22,75 a	17,00 ab
1000	98,25 a	2,31 b	0,432 a	22,92 a	26,50 a
Putrescina ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	G (%)	CPA (cm)	CR (cm)	MSPA (mg)	MSR (mg)
0	88,75 a	6,87 a	6,87 a	15,32 a	3,65 ab
50	83,25 a	6,23 ab	6,23 ab	14,58 a	3,91a
100	80,75 ab	6,30 ab	6,30 ab	14,53 a	3,49 ab
500	82,25ab	5,72 b	5,72 a	14,80 a	3,94 a
1000	72,50b	5,46 b	5,46 a	16,12 a	2,96 a

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

Tabela 7. Porcentagem de emissão de radícula (ER), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG), índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de plântulas anormais (AN), porcentagem de germinação (G), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de melancia cv Crimson Sweet sob dois métodos de utilização de putrescina no plantio.

Métodos	ER (%)	TMG (dias)	VMG (dias ⁻¹)	IVG (plântulas.dia ⁻¹)	AN (%)
Sementes embebidas	98,20 a	2,35 b	0,426 a	22,90 a	18,20 a
Substrato embebido	99,10 a	2,43 a	0,411 b	22,25 b	16,60 a
Métodos	G (%)	CPA (cm)	CR (cm)	MSPA (cm)	MSR (cm)
Sementes embebidas	2,35 b	7,10 b	6,17 a	13,94 b	3,38 b
Substrato embebido	2,43 a	8,10 a	6,09 a	16,20 a	3,80 a

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

Tabela 8. Comprimento da raiz (cm) de plântulas de melancia sob diferentes concentrações e dois métodos de utilização de putrescina no plantio.

Putrescina ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	Comprimento da raiz (cm)	
	Sementes embebidas	Substrato embebido
0	6,56 aA	7,18 aA
50	5,60 aB	6,87 abA
100	6,55 aA	6,06 abcA
500	5,83 aA	5,61 bcA
1000	6,31 aA	4,61 cB

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Germinação de sementes de melancia cv. Crimson Sweet sob dois métodos de utilização de ácido giberélico (GA_3) no plantio.

As diferentes concentrações de GA_3 influenciaram significativamente a porcentagem de germinação, o tempo médio de germinação, a velocidade média de germinação, o índice de velocidade de germinação, a porcentagem de plântulas anormais, o comprimento da parte aérea, o comprimento da raiz e a massa seca da parte aérea (Tabela 9). O ácido giberélico pode influenciar uma grande variedade de processos do crescimento e desenvolvimento vegetal como quebra de dormência em sementes, germinação, alongamento celular, desenvolvimento de frutos além de mudança da fase juvenil para madura, sendo que a sua ação frequentemente ocorre de maneira integrada a outros hormônios vegetais [14].

Tabela 9. Quadrados médios da emissão de radícula (ER), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG), índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de plântulas anormais (AN), porcentagem de germinação (G), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) no processo de germinação de melancia cv Crimson Sweet sob dois métodos de utilização de aplicação de ácido giberélico (GA_3) no plantio.

FV	Quadrados Médios				
	G (%)	ER (%)	TMG (dias)	VMG (dias^{-1})	IVG ($\text{plântulas.dia}^{-1}$)
GA_3	5507,79**	3,00 ^{ns}	0,2001**	0,00379**	8,2372**
Métodos	465,12 ^{ns}	2,00 ^{ns}	0,130**	0,00226*	3,4125*
GA_3 * Métodos	1322,79**	4,33 ^{ns}	0,220**	0,00438**	8,3852**
FV	AN (%)	CPA (cm)	CR (cm)	MSPA (mg)	MSR (mg)
GA_3	5369,50**	8,035**	9,296**	0,00004**	0,00000 ^{ns}
Métodos	544,50*	13,248**	0,867 ^{ns}	0,00002*	0,00002**
GA_3 * Métodos	1459,50**	3,420*	4,344**	0,00000 ^{ns}	0,00000**

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$). GA_3 (Ácido giberélico: 0; 50; 100; 500 $\mu\text{g.g}^{-1}$). Métodos (sementes embebidas, papel embebido).

A porcentagem de germinação de sementes tratadas com as concentrações de 50 e 100 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de GA_3 não diferiram estatisticamente da testemunha. A menor porcentagem de germinação foi obtida com 500 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de GA_3 , nessa concentração a germinação foi mais lenta verificada pelo maior tempo médio de germinação, menor velocidade média de germinação e menor índice de velocidade de germinação (Tabela 10).

Trabalhos realizados com sementes abóbora demonstraram que a embebição por 6 horas de sementes de abóbora cv. BRS Brasileira em solução contendo GA_3 promoveu maiores médias em teste de leitura de primeira germinação e germinação, diferindo das testemunhas e demais tratamentos [19]. Houve também uma maior porcentagem de plântulas anormais com o uso de 500 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de GA_3 , quando comparado à testemunha em água destilada. A aplicação de giberelina bioativa, que representa um regulador natural de processos envolvidos na germinação, estimula a produção de hidrolases e α -amilases pelas células da camada de aleurona de sementes de cereais em germinação [29].

O comprimento da parte aérea foi influenciado positivamente pela presença do GA_3 , uma vez que os tratamentos com este regulador obtiveram maiores valores em comprimento quando comparados com a testemunha em água destilada (Tabela 10). Não houve diferença estatística entre 0, 50 e 100 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de GA_3 para comprimento radicular, por outro lado, 500 $\mu\text{g.g}^{-1}$ promoveu um menor comprimento. As concentrações de 50, 100 e 500 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de GA_3 promoveram maior ganho em massa seca da parte aérea quando comparadas à testemunha em água destilada. Respostas relacionadas a crescimento também foram observados em alface, onde a aplicação de ácido giberélico nas concentrações de 100, 200 e 300 mg.L^{-1} , nas sementes juntamente com condicionamento osmótico de 0,80 MPa promoveu acréscimos no comprimento de plântulas [25].

Tabela 10. Porcentagem de emissão de radícula (ER), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG), índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de plântulas anormais (AN), porcentagem de germinação (G), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de melancia sob diferentes concentrações de GA_3 .

GA_3 ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	ER (%)	TMG (dias)	VMG (dias ⁻¹)	IVG (plântula.dia ⁻¹)	AN (%)
0	99,50 a	2,48 c	0,402 a	22,15 a	10,50 b
50	99,00 a	2,72 ab	0,372 bc	20,74 bc	22,25 b
100	98,25 a	2,65 bc	0,377 b	20,95 b	19,50 b
500	98,25 a	2,86 a	0,349 c	19,68 c	68,25 a
GA_3 ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	G (%)	CPA (cm)	CR (cm)	MSPA (mg)	MSR (mg)
0	88,75 a	8,06 c	6,87 a	15,30 b	15,32 b
50	76,75 a	10,19a	6,63 a	19,10 a	19,16 a
100	78,75 a	9,40 ab	6,59 a	19,00 a	19,05 a
500	30,00 b	8,26 bc	4,55 b	20,20 a	20,23 a

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

Os maiores resultados para as variáveis analisadas foram observados no método do substrato embebido com GA_3 , exceto para porcentagem de emissão de radícula, porcentagem plântulas anormais e massa seca da raiz que apresentaram resultados mais satisfatórios com a pré-embebição das sementes (Tabela 11).

Tabela 11. Porcentagem de emissão de radícula (ER), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG), índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de plântulas anormais (AN), porcentagem de germinação (G), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de melancia cv *Crimson Sweet* sob dois métodos de utilização de GA_3 nas sementes.

Métodos	ER (%)	TMG (dias)	VMG (dias ⁻¹)	IVG (plântulas.dia ⁻¹)	AN (%)
Sementes embebidas	98,50 a	2,74 a	0,367 b	20,55 b	26,00 b
Substrato embebido	99,00 b	2,61 b	0,384 a	21,21 a	34,25 a
Métodos	G (%)	CPA (cm)	CR (cm)	MSPA (mg)	MSR (mg)
Sementes embebidas	72,37 a	8,33 b	6,33 a	17,75 b	4,32 a
Substrato embebido	64,75 a	9,62 a	6,00 a	19,13 a	2,87 b

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

As sementes embebidas em $50 \mu\text{g.g}^{-1}$ de GA_3 alcançaram maior tempo médio de germinação quando comparadas àquelas embebidas em água destilada. Essa mesma resposta foi observada com $500 \mu\text{g.g}^{-1}$ no método do substrato embebido (Tabela 12). Esses resultados influenciaram a velocidade média de germinação em que a concentração de $50 \mu\text{g.g}^{-1}$ proporcionou uma menor velocidade de germinação quando comparada à germinação em água destilada. A velocidade média de germinação em sementes pré-embebidas foi menor na presença de 50 e $500 \mu\text{g.g}^{-1}$ de GA_3 . Conseqüentemente nessas concentrações, o índice de velocidade de germinação foi mais baixo quando comparado à água destilada. Em estudos com sementes de híbridos triploides de melancia o tratamento pré-germinativo com papel toalha embebido em solução de 100mg.L^{-1} de GA_3 promoveu menor porcentagem de germinação, se mostrando, neste caso, ineficiente para aumento de germinação [2]

Nos resultados referentes à interação entre concentração do regulador e método de tratamento das sementes, verificou-se que a porcentagem de germinação foi menor com $500 \mu\text{g.g}^{-1}$ de GA_3 para ambos os métodos utilizados. Nas sementes germinadas em substrato embebido com $500 \mu\text{g.g}^{-1}$ de GA_3 houve maior porcentagem de plântulas anormais (Tabela 13). De um modo geral, a utilização de GA_3 favoreceu ganho em comprimento da parte aérea de plântulas aos 14 dias, independente do método de tratamento das sementes (Tabela 13). O resultado mais baixo para comprimento da raiz foi obtido em substrato embebido com $500 \mu\text{g.g}^{-1}$ de GA_3 . O menor valor para massa seca da raiz foi obtido em substrato embebido com $50 \mu\text{g.g}^{-1}$ de GA_3 .

A utilização do ácido giberélico embora tenha tornado a germinação mais lenta não afetou a porcentagem de germinação e favoreceu um maior desenvolvimento da parte aérea das plântulas, exceto a concentração de $500 \mu\text{g.g}^{-1}$ que provavelmente possuiu efeito fitotóxico sobre as sementes e posteriormente sobre as plântulas. Em sementes de milho super doce, a utilização de ácido giberélico (GA_3) a 50mg.L^{-1} na pré-embebição das sementes favoreceu aumento na germinação e vigor, e um menor teor de proteínas totais e maior atividade amilolítica [3].

Tabela 12. Porcentagem de germinação, tempo médio de germinação (dias), velocidade média de germinação (dias) e índice de velocidade de germinação (plântulas. dia⁻¹) de melancia sob diferentes concentrações e dois métodos de utilização de GA₃ nas sementes.

GA ₃ (µg.g ⁻¹)	Sementes pré-embebidas	Substrato embebido
	Porcentagem de germinação (%)	
0	85,50 aA	92,00 aA
50	73,00 abA	80,50 aA
100	78,00 aA	79,50 aA
500	53,00 bA	7,00 bB
	Tempo médio de germinação (dias)	
0	2,41 cA	2,56 bA
50	3,02 aA	2,42 bB
100	2,70 bA	2,59 bA
500	2,84 abA	2,89 aA
	Velocidade média de germinação (dias ⁻¹)	
0	0,415 aA	0,390 aA
50	0,331 cB	0,413 aA
100	0,369 bA	0,385 aA
500	0,353 bcA	0,346 bA
	Índice de velocidade de germinação (plântulas. dia ⁻¹)	
0	22,92 aA	21,39 aB
50	19,04 bB	22,45 aA
100	20,65 bA	21,25 abA
500	19,61 bA	19,75 bA

Mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Tabela 13. Porcentagem de plântulas anormais, comprimento da parte aérea (cm), comprimento da raiz (cm) e massa seca da raiz (mg) de plântulas de melancia sob diferentes concentrações e dois métodos de utilização de GA₃ nas sementes.

GA ₃ (µg.g ⁻¹)	Sementes pré-embebidas	Substrato embebido
	Porcentagem de plântulas anormais (%)	
0	13,50 bA	7,50 bA
50	26,50 abB	18,00 bA
100	20,00 bA	19,00 bA
500	44,00 aB	92,50 aA
Comprimento da parte aérea (cm)		
0	7,05 bB	9,07 bcA
50	9,26 aB	11,13 aA
100	8,43 abB	10,37 abA
500	8,60 abA	7,92 cA
Comprimento da raiz (cm)		
0	6,56 aA	7,18 aA
50	6,64 aA	6,62 aA
100	6,31aA	6,88 aA
500	5,80 aA	3,31bB
Massa seca da raiz (mg)		
0	4,00 bA	3,30 aB
50	4,50 abA	2,30 bB
100	4,70 aA	2,70 abB
500	4,20 abA	3,20 aB

Mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

4. CONCLUSÕES

- A técnica de embebição do substrato com 0, 25 e 50 µmol. L⁻¹ de ácido salicílico é indicada para testes de germinação de melancia;
- A concentração de 1000 µmol. L⁻¹ de putrescina apresenta efeito negativo sobre as raízes das plântulas de melancia;
- A utilização do ácido giberélico induz a germinação mais lenta de sementes de melancia sem afetar a porcentagem de germinação;
- O ácido giberélico nas concentrações de 50 e 100 µg.g⁻¹ promove maior desenvolvimento da parte aérea das plântulas;
- A concentração de 500 µg.g⁻¹ de GA₃ tem efeito fitotóxico sobre as sementes e as plântulas de melancia.

1. Almeida D P F. Cultura da melancia. 2003. Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. [Acesso em 18 de junho de 2011]. Disponível em <http://dalmeida.com/hortnet/Melancia.pdf>.
2. Alves J C S F, Dias R C S, Teixeira, F A, Damaceno, L S, Gama R N C S. Germinação de híbridos de melancia triploide submetidos a procedimentos pré-germinativos. In: Jornada de iniciação científica da Embrapa Semiárido, 6, 2011, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.[Acesso em 27 de fevereiro de 2014]. Disponível em <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/905034>.
3. Aragão C A, Dantas B F, Alves E, Cataneo A C, Cavariani C, Nakagawa J. Atividade amilolítica e qualidade fisiológica de sementes armazenadas de milho super doce tratadas com ácido giberélico. Revista Brasileira de Sementes. 2003; 25(1): 43-48.
4. Aragão C A, Deon M D, Queiróz M A, Dantas B F. Germinação e vigor de sementes de melancia com diferentes ploidias submetidas a tratamentos pré-germinativos. Revista Brasileira de Sementes. 2006; 28(3):82-86.
5. Bewley J D, Black M. Seeds: physiology of development and germination. New York: Plenum; 1985: 74-84.
6. Botelho B A, Perez S C J G A. Estresse hídrico e reguladores de crescimento na germinação de sementes de Canafístula. Scientia Agricola. 2001; 58(1):43-49.
7. Brasil. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ ACS. 2009:365.
8. Castro P R C, Vieira E L. Aplicação de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba: Agropecuária. 2001: 132.
9. Colli S. Outros reguladores: Brassinoesteróides, poliaminas, ácidos jasmônico e salicílico. In: Kerbauy G B. Fisiologia Vegetal. 2nd. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2008: 297-302.
10. Dalberto D S, Braga L F. Estresse osmótico e putrescina na germinação de sementes de *Ochroma pyramidale* (Cav. ExLam) Urb (Malvaceae). Científica, 2013; 41(2):99-110.
11. Dias R C S, Rezende G M. Sistema de Produção de Melancia. Versão eletrônica. 2010. [Acesso em 22 de julho de 2011]. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>.
12. Filgueira F A R. Novo manual de Olericultura: agrotecnologia moderna para produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV. 2000:402.
13. Fonseca S C L, Perez S C J G A. Ação do polietileno glicol na germinação de sementes de *Adenantha pavonina* L. e o uso de poliaminas na atenuação do estresse hídrico sob diferentes temperaturas. Revista Brasileira de Sementes. 2003; 25(1):1-6.
14. Guerra M P, Rodrigues M A. Giberelinas. In: KERBAUY G. B. Fisiologia Vegetal. 2nd. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2008: 235-254.
15. IBGE. Produção agrícola municipal 2010: Culturas temporárias e permanentes. [Acesso em 28 de janeiro de 2013]. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>.
16. Kotowski F. Temperature relations to germination of vegetable seeds. Proceedings of the American Society of Horticultural Science, Alexandria. 1926; 23: 176-184.
17. Labouriau L G. A germinação das sementes. Washington: Secretaria Geral da O.E.A. 1983:173.
18. Leão D A S. Estresse hídrico e adubação fosfatada no desenvolvimento inicial e na qualidade da forragem da gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). Patos. 2006:60. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia).
19. Lima C B de, Villela T T, Gomes M M, Boaventura A C. Tratamentos de pré-embebição e qualidade fisiológica de sementes de abóbora. Cadernos de Agroecologia.2013; 8(2). ISSN 2236-7934.
20. Lima, G P P, Brasil O G, Oliveira A M. Poliaminas e atividade peroxidase da em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado sob estresse salino. Scientia Agricola. 1999; 56(1): 21-26.
21. Maguire J D. Speed of germination - aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science. 1962; 2:176-177.
22. Maia F C, Moraes D M, Moraes R C P. Ácido salicílico: efeito na qualidade de sementes de soja. Revista Brasileira de Sementes. 2000; 22: 264-270.
23. Matilla A J. Polyamines and seed germination. Seed Science Research. 1996;6: 81-93.
24. McCue P, Zheng Z, Pinkham J, Shetty K. A model for enhanced pea seedling vigour following low pH and salicylic acid treatments. Process Biochemistry. 2000;35: 603-613.
25. Menezes N L, Espindola M C G, Pasqualli L L, Santos C M R, Frazin S M. Associação de tratamentos pré-germinativos em sementes de alface. FZVA. 2006; 13(1): 1-11.

26. Pacheco A C, Custódio CC, Machado Neto N B, Carvalho P R, Pereira D N, Pacheco J G E. Germinação de sementes de camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] e calêndula (*Calendula officinalis* L.) tratadas com ácido salicílico. *Rev. Bras. Pl. Med.* 2007;9(1):61-67.
27. Rocha M R. Sistemas de cultivo para a cultura da melancia. Santa Maria, RS. 2010:76. (Dissertação mestrado).
28. Silveira M A M, Moraes D M, Lopes N F. Germinação e alterações bioquímicas em sementes de arroz tratadas com ácido salicílico. *Revista Brasileira de Sementes.* 2000; 22: 200-205.
29. Taiz L; Zeiger E. *Fisiologia Vegetal*, 4ed, Porto Alegre: Artmed. 2009: 571-602.
30. Teixeira T. Melancia. *Revista A Granja.* 2008 (714). [Acesso em 29 de janeiro de 2013]. Disponível em <http://www.edcentaurus.com.br/materias/granja>.