

# EFEITO DO TRATAMENTO DE SEMENTES DE CENOURA COM REGULADORES DE CRESCIMENTO<sup>1</sup>

GILBERTO ANTONIO PERIPOLLI BEVILAQUA<sup>2</sup>, SILMAR TEICHERT PESKE<sup>3</sup>,  
BENEDITO GOMES DOS SANTOS FILHO<sup>4</sup> e DORA SUELI BARBOSA DOS SANTOS<sup>5</sup>

**RESUMO** - Os objetivos do trabalho foram avaliar o efeito do tratamento de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.), cv. Brasília, com reguladores de crescimento no vigor das plântulas e as alterações metabólicas decorrentes dos tratamentos. Os reguladores utilizados foram ácido giberélico (AG<sub>3</sub>), etrel e cinetina. O condicionamento foi realizado à temperatura de 25°C e a secagem das sementes em ar ambiente até 12% de umidade. Os parâmetros avaliados em laboratório foram percentagem e primeira contagem de germinação, composição química das sementes, atividade da enzima alfa-amilase e teores de clorofila a+b nas folhas. Em casa de vegetação foram avaliadas a percentagem e velocidade de emergência, peso da matéria seca de raiz e parte aérea, comprimento de raiz e parte aérea. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com três repetições. O AG<sub>3</sub> e o etrel afetam o metabolismo das sementes e aumentam a percentagem e velocidade de emergência das plântulas; o etrel e a cinetina anulam o efeito ocasionado pelo AG<sub>3</sub> sobre o aumento do comprimento das plântulas; a cinetina afeta pouco o vigor das sementes, mas significativamente o metabolismo na germinação; e os reguladores de crescimento aceleram o metabolismo das sementes em maior proporção que o vigor.

Termos para indexação: *Daucus carota*, ácido giberélico, etrel, cinetina, vigor, metabolismo.

## TREATMENT OF CARROT SEEDS WITH GROWTH REGULATORS

**ABSTRACT**- The objectives of this study were to evaluate the treatment of carrot seeds (*Daucus carota* L.), cv. Brasília, with growth regulators on the seedling vigor and metabolic changes in the seeds. Three growth regulators were used: gibberellic acid (AG<sub>3</sub>), kinetin and ethrel. The conditioning was made at 25°C and the seeds were dried at environmental conditions at 12% seed moisture. Germination, first count of germination, seed chemical composition, alfa-amilase activity and chlorophyll a+b in the plants were evaluated in laboratory. Emergence and speed emergence index, dry matter weight and height of the seedlings were evaluated in greenhouse. The AG<sub>3</sub> and ethrel accelerate the seed metabolism and increase the emergence and speed of emergence; the ethrel and kinetin cross out the increase of the seedlings height caused by AG<sub>3</sub>; the kinetin causes little effect on the vigor of the seeds, but affects highly the seed metabolism; and the growth regulators accelerate the seed metabolism in higher proportion that the vigor.

Index terms: *Daucus carota*, gibberellic acid, ethrel, kinetin, vigor, metabolism.

## INTRODUÇÃO

A cultura da cenoura é caracterizada por grande amplitude do período de florescimento, o que leva à maturação desuniforme de sementes e, segundo Andrade et al. (1993), à diferenciação em sua qualidade fisiológica. As sementes provenientes das umbelas primárias e secundárias possuem maior vigor que as provenientes das umbelas terciárias e quaternárias, sugerindo a poda destas como forma de uniformizar e aumentar o vigor das sementes. Segundo Thomas et al. (1978), as sementes oriun-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 3 de novembro de 1997.

Extrato da tese apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

<sup>2</sup> Eng. Agr., Dr., Dep. de Fitotecnia/FAEM/UFPEL, Caixa Postal 354, CEP 96001-970 Pelotas, RS. E-mail: bevilaq@phoenix.ucpel.tche.br

<sup>3</sup> Eng. Agr., Ph.D., Prof. Titular, Dep. de Fitotecnia/FAEM/UFPEL/RS.

<sup>4</sup> Eng. Agr., Dr., Prof. Adjunto, Dep. de Botânica e Fisiologia Vegetal/FCAP, Travessa do Chaco, 2591, Bairro Marco, CEP 66000-000 Belém, PA.

<sup>5</sup> Bióloga, Drª, Profª Adjunta, Dep. de Botânica e Fisiologia Vegetal/FCAP.

das de umbelas terciárias e quaternárias, formadas mais tardiamente na planta de cenoura, possuem menor quantidade de compostos como citocininas e giberelinas, e são menores e mais leves, devido à prioridade na planta de sementes formadas nas umbelas primárias e secundárias.

As espécies olerícolas com semeadura direta no campo, como a cenoura, são frequentemente mais afetadas pelas condições do solo e clima desfavoráveis na época da semeadura (Heydecker & Coolbear, 1977). Esses autores enumeraram alternativas para solucionar o problema de baixo vigor de sementes como: condicionamento osmótico, hidratação/desidratação, tratamento com nutrientes, tratamento com reguladores de crescimento e tratamentos físicos. A uniformização da semente no campo pode ser feita pelo tamanho, peso, densidade ou vigor.

O condicionamento das sementes tem sido usado para obter plântulas mais vigorosas, estandes mais uniformes e precoces no campo e aumento da uniformidade entre os lotes de sementes. Os benefícios do condicionamento no aumento da percentagem e velocidade de emergência com substâncias osmoticamente ativas são relatados por Khan (1978), Aljaro & Martinez (1988) e Andrade (1993), e com água, por Durrant et al. (1983).

O uso de reguladores de crescimento na fase de germinação aumenta o vigor das plântulas, acelerando a velocidade de emergência e realçando o potencial das sementes de várias espécies. Segundo Khan et al. (1978), o uso de compostos químicos biologicamente ativos, como reguladores de crescimento, podem cessar ou diminuir o impacto de fatores adversos na qualidade e desempenho das sementes. O uso de reguladores de crescimento, como giberelinas (Bevilaqua et al., 1993), citocininas (Cunha & Casali, 1989), e etrel (Suge, 1971), na fase de germinação, pode melhorar a performance de sementes de várias espécies, principalmente sob condições adversas.

Pesquisas mais recentes detectaram o efeito inibidor do etileno no crescimento do hipocótilo em plântulas de *Arabidopsis* (Bleecker et al., 1988; Chen & Bleecker, 1995). De maneira semelhante, Su & Howell (1995) comentaram que as citocininas podem não ter efeito sobre o alongamento do hipocótilo de plântulas de *Arabidopsis*. Para Cary et al. (1995)

o efeito das citocininas nas plantas pode estar mediado pelo etileno. Assim, a ação das citocininas estaria ligada à produção de etileno, promovendo uma inibição do crescimento das plântulas.

Os objetivos do trabalho foram avaliar o efeito da embebição das sementes em soluções de substâncias reguladoras de crescimento sobre o vigor das sementes e as alterações metabólicas decorrentes dos tratamentos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes e Laboratório de Fisiologia Vegetal, da Universidade Federal de Pelotas, RS, e os testes de campo em casa de vegetação da Embrapa-Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado (CPACT), Pelotas, RS. Foram usadas sementes fiscalizadas de cenoura (*Daucus carota* L.), cv. Brasília, safra 1991/92, provenientes das empresas Agroceres e Imperial Seeds.

No experimento foram usadas três substâncias reguladoras de crescimento: ácido giberélico (AG<sub>3</sub>), nas doses de 0, 50, 100, 150 e 200 mg/L; cinetina (6-fufurilamino purina), nas doses de 0, 25, 50, 75 e 100 mg/L; e etrel (ácido 2-cloroetil-fosfônico), nas doses de 0, 25, 50, 75 e 100 mg/L. E as seguintes combinações: AG<sub>3</sub>+etrel (100+50 mg/L); AG<sub>3</sub>+cinetina (100+25 mg/L); etrel+cinetina (50+25 mg/L); AG<sub>3</sub>+etrel+cinetina (100+50+25 mg/L); e AG<sub>3</sub>+etrel+cinetina (150+75+50 mg/L); e uma testemunha, sem tratamento.

As sementes foram embebidas nas soluções por 15 horas até atingir teor de umidade aproximado de 45%, variando de 43 a 47%, chegando à fase 2 do processo germinativo, conforme mostram dados de Andrade (1993), em sementes de cenoura. A temperatura de embebição foi mantida a 25°C. Após a embebição, as sementes foram colocadas sob papel mata-borrão para uniformização da umidade. Posteriormente foi feita a secagem em ar ambiente, por 72 horas, até as sementes atingirem 12% de umidade, com variação de 10 a 14%.

### Avaliação da qualidade fisiológica das sementes

Esta avaliação foi feita mediante os seguintes testes: a) germinação, realizada conforme as Regras de Análise de Semente - RAS (Brasil, 1992), com exceção do número de sementes, que foi de 200; b) primeira contagem de germinação, contando-se o número de plântulas normais no sétimo dia do teste de germinação; c) percentagem e velocidade de emergência, feitas em bandejas com solo Podzólico Vermelho-Amarelo, em casa de vegetação, de

fevereiro a abril de 1994. As unidades experimentais foram linhas contendo 50 sementes com duas repetições por lote. As plântulas emergidas foram contadas diariamente até 28 dias após semeadura (DAS). A emergência foi expressa em percentagem e a velocidade de emergência através do IVE; d) comprimento de raiz e parte aérea, realizado em casa de vegetação, medindo-se as 20 maiores plântulas por parcela aos 28 DAS e o resultado expresso em cm; e) peso da matéria seca (PMS) de raiz e da parte aérea, feito em casa de vegetação, as plântulas cortadas aos 28 DAS foram colocadas em estufa a 60°C por 72 horas e o resultado expresso em mg/plântula.

#### Alterações metabólicas nas sementes e plantas

Foram determinados, nas sementes embebidas, os teores de proteínas, aminoácidos e açúcares solúveis e amido seguindo o método descrito pela American Association of Cereal Chemists (1995) e os resultados expressos em µg/g de semente. Os teores de clorofila a+b, nas folhas, foram determinados aos 30 DAS, quando as plantas estavam em crescimento ativo, conforme método descrito por Arnon (1949) e os resultados expressos em mg/g de matéria fresca. A atividade da enzima α-amilase foi determinada nas sementes, de acordo com a American Association of Cereal Chemists (1995), usando-se 0,5 g de semente, aos 0, 2 e 4 dias de germinação. Os resultados foram expressos em mg de amido hidrolizado/g de semente/hora.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições. Os dados foram analisados pelo Sistema de Análise Estatística-SANEST (Zonta et al., 1985). Os efeitos do fator dose foram analisados por regressão polinomial e os do fator regulador de crescimento, pelo teste de Duncan. As variáveis expressas em percentagem foram comparadas em  $\text{arc sen } \sqrt{\%/100}$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Efeito do ácido giberélico

Os resultados indicam que houve efeito positivo do AG<sub>3</sub> (100 mg/L) no vigor das sementes de cenoura (Tabela 1). Verificaram-se aumentos na primeira contagem (Fig. 1) e na velocidade de emergência (Fig. 2), confirmando dados de Bevilaqua et al. (1993), em sementes de arroz, e Khan et al. (1978), em várias espécies, cuja aplicação durante a germinação melhora o desempenho das sementes. O AG<sub>3</sub> também aumentou a altura das plântulas na emergência (Fig. 3), concordando com resultados

de Taylor & Cosgrove (1989), em pepino. Este é um dos efeitos do AG<sub>3</sub>, que resulta da sua capacidade de aumentar a divisão e o alongamento celular, levando ao aumento do comprimento dos entrenós (Graebe, 1987). A dose que mostrou os melhores resultados de primeira contagem de germinação, velocidade de emergência e comprimento de plântula esteve próxima de 100 mg/L.

Observando os resultados da composição química das sementes nota-se que o AG<sub>3</sub> causou efeito linear decrescente do teor de amido (Fig. 4), ou seja, houve diminuição do teor de amido à medida que aumentou a dose. No teor de açúcares solúveis, o efeito de dose mostrou-se quadrático, atingindo o máximo na dose de 100 mg/L (Fig. 5). O efeito significativo do AG<sub>3</sub> está ligado a sua ação positiva na síntese da enzima α-amilase, que é responsável pelo desdobramento dos carboidratos na germinação (Williams & Peterson, 1973; Don, 1979). Os açúcares solúveis formados são responsáveis pela manutenção do crescimento das plântulas na fase de emergência.

O AG<sub>3</sub> também afetou o metabolismo das proteínas, ocasionando um efeito quadrático no conteúdo de proteínas e aminoácidos solúveis (Figs. 4 e 5). A dose que mostrou os valores mais elevados de proteínas e aminoácidos solúveis esteve próxima de 100 mg/L. Tal resultado comprova informações de Graebe (1987), nas quais as giberelinas influem na síntese de proteases, enzimas responsáveis pelo desdobramento das proteínas armazenadas na semente, e liberação de aminoácidos, importantes na síntese de novas proteínas na plântula. Observou-se no presente trabalho um aumento de até 100% nos teores de açúcares e aminoácidos solúveis, que pode elevar a pressão osmótica nas células, aumentando o seu tamanho. No entanto, informações de Taylor & Cosgrove (1989), em pepino, indicam que há aumento do crescimento das plântulas mesmo com pequena variação na pressão osmótica celular.

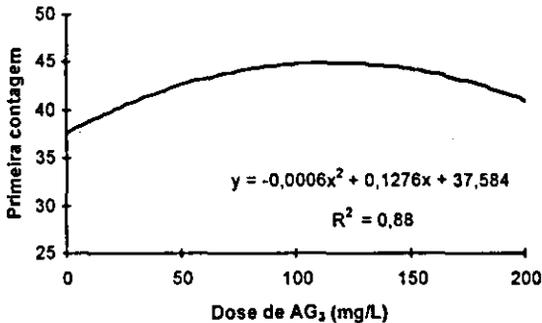
### Efeito do etrel

O etrel apresentou um efeito significativo na primeira contagem de germinação (Fig. 6) e velocidade de emergência das plântulas (Fig. 7). Verificou-se efeito quadrático na primeira contagem de germinação e velocidade de emergência, atingindo os

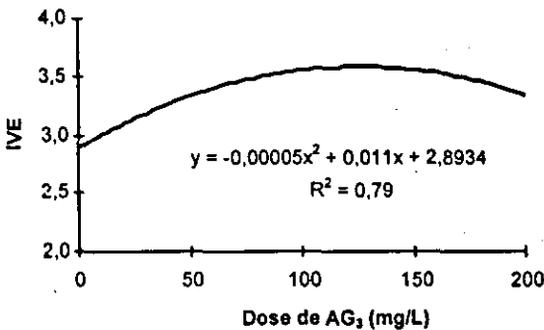
**TABELA 1.** Valores de primeira contagem de germinação, emergência, velocidade de emergência e comprimento da parte aérea de plântulas em sementes de cenoura, cv. Brasília, tratadas com reguladores de crescimento. Pelotas, 1995<sup>1</sup>.

Regulador de crescimento (mg/L)	Prim. cont. (%)	Emergência (%)	IVE	Comprimento da p. aérea (cm)
AG <sub>3</sub> +etrel (100+50)	55a	77a	3,87a	5,1b
AG <sub>3</sub> (100)	54a	76a	3,45ab	6,1a
Etrel (50)	51a	70a	3,40bc	4,8b
AG <sub>3</sub> +etrel+cinetina (100+50+25)	49a	72a	3,06bc	5,0b
Cinetina (25)	47ab	67a	2,89bc	5,0b
Etrel+cinetina (50+25)	48ab	64a	2,71c	4,9b
Testemunha	43b	60b	2,93bc	4,7b
AG <sub>3</sub> +cinetina (100+25)	43b	65a	2,69c	5,2b
Água	42b	62ab	2,77bc	4,9b
AG <sub>3</sub> +etrel+cinetina (150+75+50)	35c	59b	2,83 bc	5,2b
CV (%)	12,2	17,5	19,0	14,7

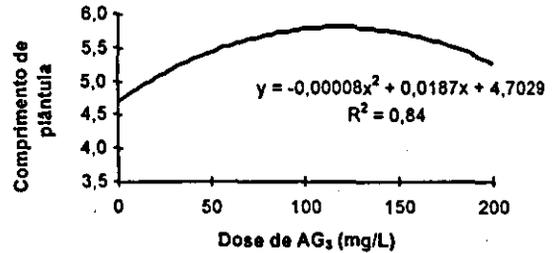
<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.



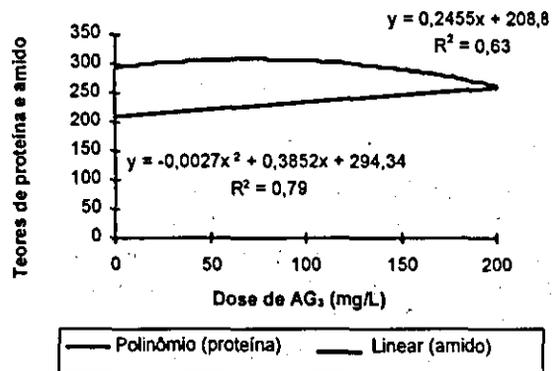
**FIG. 1.** Primeira contagem de germinação (%) em sementes de cenoura, cv. Brasília, tratadas com ácido giberélico. Pelotas, 1995.



**FIG. 2.** Índice de velocidade de emergência (IVE) em sementes de cenoura, cv. Brasília, tratadas com ácido giberélico. Pelotas, 1995.



**FIG. 3.** Comprimento (cm) da parte aérea de plântulas de cenoura, cv. Brasília, tratadas com ácido giberélico. Pelotas, 1995.



**FIG. 4.** Teores (µg/g de semente) de proteínas solúveis e amido em sementes de cenoura, cv. Brasília, tratadas com ácido giberélico. Pelotas, 1995.

valores mais elevados entre 50 e 75 mg/L. Tais resultados corroboram os obtidos por Suge (1971), em sementes de centeio e arroz, que observou um aumento da velocidade e percentagem de germinação com o uso do etefphon, em doses de 50 mg/L.

Ao observar o efeito de dose do etrel na quantidade de proteínas solúveis (Fig. 8), verifica-se que houve um efeito quadrático, atingindo os valores mais elevados entre 50 e 75 mg/L, com um decréscimo nas doses maiores. Houve um efeito linear de dose do etrel no teor de aminoácidos solúveis (Fig. 9), elevando o teor com aumento da dose até 100 mg/L, e um aumento acentuado nos açúcares solúveis (Fig. 10), com aumento da dose de etrel a partir da dose de 50 mg/L. Estes resultados concor-

dam com informações de Salisbury & Ross (1992), nas quais, em frutos, o etileno aumenta a síntese de proteínas e várias enzimas, como ATPase, glucanases, amilases, entre outras. Segundo Chen & Bleecker (1995), o etileno promove a indução da enzima quitinase, nas dose de 1,4 µL/L de etileno, em *Arabidopsis*, com aumento da permeabilidade da membrana celular e conseqüente aumento da movimentação dos compostos solúveis.

Os dados da Fig. 11 mostram aumento nos teores de clorofila a+b à medida que aumentou a dose de etrel, contrários a informações de Salisbury & Ross (1992), que enfatizaram o efeito do etileno na

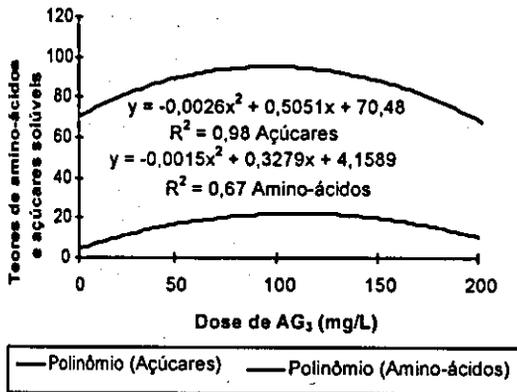


FIG. 5. Teores (µg/g de semente) de aminoácidos e açúcares solúveis em sementes de cenoura, cv. Brasília, tratadas com ácido giberélico. Pelotas, 1995.

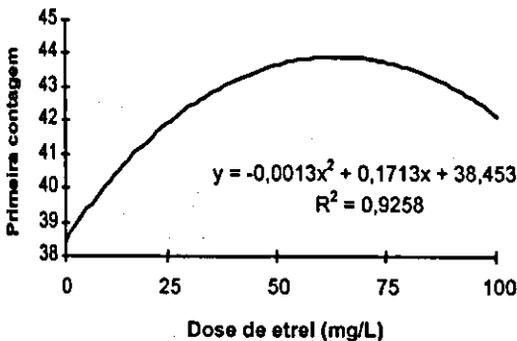


FIG. 6. Primeira contagem de germinação (%) em sementes de cenoura, cv. Brasília, tratadas com etrel. Pelotas, 1995.

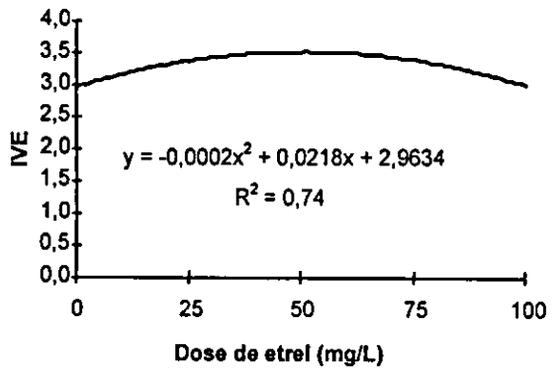


FIG. 7. Índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas em sementes de cenoura, cv. Brasília, tratadas com etrel. Pelotas, 1995.

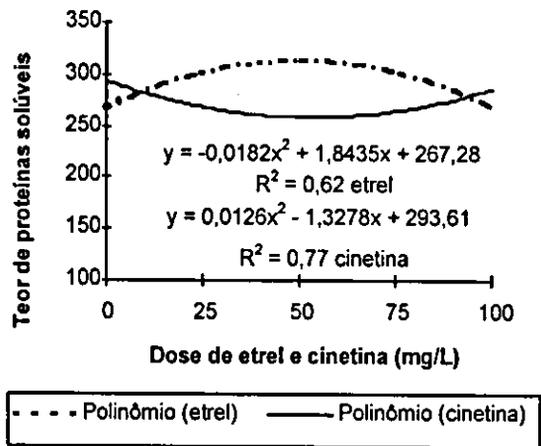


FIG. 8. Teores (µg/g de semente) de proteínas solúveis em sementes de cenoura, cv. Brasília, tratadas com etrel e cinetina. Pelotas, 1995.

promoção da atividade da enzima clorofilase, responsável pela degradação da molécula de clorofila e conseqüente perda da cor verde. No presente estudo, o etrel afetou positivamente os teores de clorofila a+b nas folhas, o que mostra sua atuação diferenciada na semente em germinação.

### Efeito da cinetina

A cinetina mostrou efeito positivo na percentagem de emergência, mas quanto à velocidade de emergência e primeira contagem de germinação não diferiu da testemunha (Tabela 1). Esses resultados

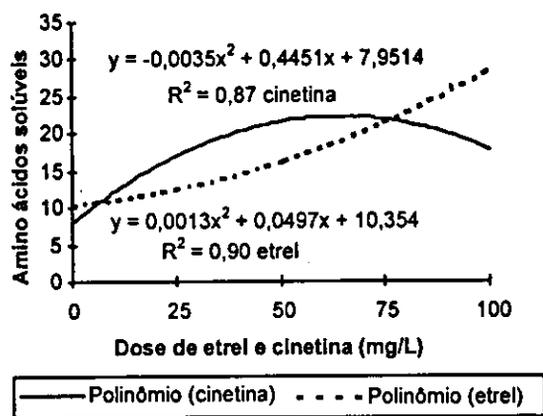


FIG. 9. Teores ( $\mu\text{g/g}$  de semente) de aminoácidos solúveis em sementes de cenoura, cv. Brasília, tratadas com etrel e cinetina. Pelotas, 1995.

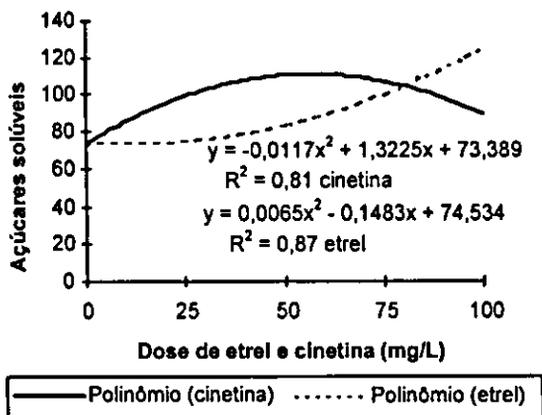


FIG. 10. Teores ( $\mu\text{g/g}$  de semente) de açúcares solúveis em sementes de cenoura, cv. Brasília, tratadas com etrel e cinetina. Pelotas, 1995.

concordam com Khan et al. (1978), em várias espécies, e Cunha & Casali (1989), em alface, que verificaram efeito positivo da cinetina e benziladenina, respectivamente, no desempenho de sementes, principalmente com estresse térmico.

Esse regulador afeta significativamente o metabolismo de sementes e plantas, como mostrado na análise química efetuada. A dose de cinetina teve efeito quadrático no teor de proteínas solúveis (Fig. 8), com decréscimo até a dose de 50 e 75 mg/L, respectivamente, quando atingiu o menor valor, e apresentando pequena variação acima deste. O efeito quadrático também foi verificado no teor de açúcares e aminoácidos solúveis (Figs. 9 e 10), com aumento dos teores até a dose de 50 mg/L, quando atingiu os valores mais elevados. Esses resultados confirmam dados de Khan et al. (1978), em que a cinetina atua positivamente sobre a atividade de várias enzimas que agem sobre o metabolismo de carboidratos e proteínas, aumentando os teores de açúcares e aminoácidos solúveis na semente em germinação. Segundo Cary et al. (1995), os efeitos das citocininas nas plantas são mediados pelo etileno, ou seja, a ação das citocininas está ligada às mesmas respostas do etileno, em virtude de a primeira estimular a síntese do etileno, em plântulas de *Arabidopsis*.

A dose de cinetina mostrou efeito linear nos conteúdos de clorofila a+b, nas folhas (Fig. 11), com aumento dos teores à medida que se aumentou a dose de cinetina até 100 mg/L. Os mesmos resultados foram verificados por Crovetti & Shafer (1989), os quais enfatizam que a benziladenina previne a

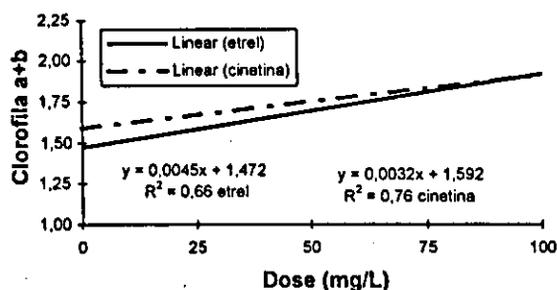


FIG. 11. Teores ( $\text{mg/g}$  de matéria fresca) de clorofila a+b nas folhas, aos 30 dias após semeadura, em sementes de cenoura, cv. Brasília, tratadas com etrel e cinetina. Pelotas, 1995.

senescência de segmentos de folha de centeio, provavelmente por aumentar a atividade de dreno de nutrientes e a síntese de clorofila, na fase de maturação do fruto (Salisbury & Ross, 1992). Em comparação ao etrel, a cinetina apresentou menor efeito sobre a quantidade de clorofila nas folhas, o que fica evidenciado pela menor inclinação da reta (Fig. 11); embora os resultados finais tenham sido semelhantes.

#### Efeito da combinação dos reguladores de crescimento

A embebição das sementes com AG<sub>3</sub>+etrel (100+50 mg/L), AG<sub>3</sub> (100 mg/L), etrel (50 mg/L), AG<sub>3</sub>+etrel+cinetina (100+50+25 mg/L), cinetina (25 mg/L) e etrel+cinetina (50+25 mg/L) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos quanto à primeira contagem de germinação (Tabela 1), com superioridade sobre os demais reguladores e a testemunha, indicando a eficiência dos tratamentos em aumentar o vigor das plântulas. Os tratamentos etrel+cinetina (50+25 mg/L), cinetina (25 mg/L) e AG<sub>3</sub>+cinetina (100+25 mg/L), todavia, não diferiram da testemunha, demonstrando não serem eficientes em aumentar o vigor das sementes. O tratamento com AG<sub>3</sub>+etrel+cinetina (150+75+50 mg/L) mostrou-se inferior à testemunha, na primeira contagem, possivelmente causado pelas altas doses dos reguladores usadas, o que pode ter acarretado balanço desfavorável entre promotores e inibidores na germinação, prejudicando a viabilidade das sementes.

A percentagem e velocidade de emergência também foram significativamente afetadas pelos tratamentos. Os resultados de emergência (Tabela 1) mostraram que AG<sub>3</sub>+etrel+cinetina (150+75+50 mg/L) e água não diferiram da testemunha e mostraram-se inferiores aos demais. Tais resultados contrariam informações de Durrant et al. (1983), em sementes de beterraba, que observaram uma melhora no desempenho das sementes após o condicionamento com água. Quanto à velocidade de emergência, o tratamento com AG<sub>3</sub>+etrel (100+50 mg/L) foi superior aos demais (Tabela 1). Os dados de comprimento da parte aérea indicam que apenas o tratamento com AG<sub>3</sub> revelou-se superior à testemunha, os demais não diferiram entre si (Tabela 1). Tais

resultados indicam a eficiência do AG<sub>3</sub> em aumentar a altura das plântulas, com anulação do efeito na presença do etrel e cinetina. Neste caso, ocorre aumento do vigor sem aumento da estatura. Esses dados confirmam informações de Su & Howell (1995), de que a benziladenina não teve efeito sobre o crescimento de plântulas de *Arabidopsis*, em condições normais de luminosidade, e Chen & Bleecker (1995) encontraram que em doses de 0,1 µL/L de etileno, o crescimento das plântulas de *Arabidopsis* é inibido. Segundo Cary et al. (1995), o efeito da citocinina no alongamento do hipocótilo é mediado pelo etileno e inibidores do etileno bloqueiam muitos dos efeitos inibidores das citocininas no alongamento do hipocótilo.

Na composição química das sementes, os resultados mostraram que a embebição em AG<sub>3</sub>+etrel (100+50 mg/L) apresentou os valores mais elevados de proteínas solúveis, não diferindo dos tratamentos AG<sub>3</sub>+etrel+cinetina (100+50+25 mg/L) e AG<sub>3</sub> (100 mg/L). Enquanto o tratamento com AG<sub>3</sub>+etrel+cinetina (100+50+25 mg/L) apresentou os valores mais elevados de aminoácidos solúveis, o tratamento com AG<sub>3</sub>+etrel (100+50 mg/L) apresentou os maiores resultados de açúcares solúveis, e os tratamentos AG<sub>3</sub>+etrel (100+50 mg/L), AG<sub>3</sub>+etrel+cinetina (100+50+25 mg/L), AG<sub>3</sub> (100 mg/L) e AG<sub>3</sub>+cinetina (100+25 mg/L), os teores mais baixos de amido na semente (Tabela 2). Tais resultados indicam que esses foram os tratamentos mais eficazes em ativar o metabolismo das sementes e também os mais hábeis em aumentar o vigor das plântulas, mostrando estreita relação entre aumento do metabolismo e do vigor das plântulas. Cabe ainda salientar que os tratamentos que continham cinetina aumentaram o metabolismo, mas não afetaram o vigor das sementes na mesma proporção.

Os tratamentos AG<sub>3</sub>+etrel (100+50 mg/L), AG<sub>3</sub> (100 mg/L), cinetina (25 mg/L) e etrel+cinetina (50+25 mg/L) não diferiram da testemunha nos teores de clorofila a+b nas folhas (Tabela 2). No entanto, quando foi usado apenas etrel (50 mg/L) e AG<sub>3</sub>+etrel+cinetina (100+50+25 mg/L), houve queda nos teores de clorofila a+b, o que pode indicar um efeito depressivo dos tratamentos. De acordo com Croveti & Shafer (1989), as citocininas e

giberelinas exercem um efeito positivo sobre a molécula de clorofila, retardando a senescência das folhas, preservando a molécula de clorofila e a cor verde das folhas e frutos. Os resultados iguais à testemunha, na presença do etrel, podem indicar a habilidade deste em reduzir o efeito positivo dos outros reguladores.

A atividade total da enzima  $\alpha$ -amilase em sementes de cenoura apresentada na Fig. 12, mostra que o tratamento AG<sub>3</sub>+etrel (100+50 mg/L) foi o que mostrou os melhores resultados, seguido do tratamento com AG<sub>3</sub> (100 mg/L) e etrel (50 mg/L), sobretudo às 6 e 48 horas do teste de germinação. Os tratamentos com água e a testemunha mostraram os resultados mais baixos, sendo o tratamento com água e etrel (50 mg/L) o que apresentou diferença menos acentuada. Observando o período de realização do teste, verifica-se que os tratamentos AG<sub>3</sub> (100 mg/L) e AG<sub>3</sub>+etrel (100+50 mg/L) apresentaram a maior atividade às 6 horas de germinação, o tratamento com etrel às 48 horas do teste, e os tratamentos água e testemunha às 96 horas, evidenciando a baixa atividade da enzima nesses tratamentos. Esses resultados concordam com Graebe (1987), Khan et al. (1978) e Salisbury & Ross (1992), que ao trabalharem com AG<sub>3</sub>, cinetina e etrel, respectivamente, concluíram que a adição de reguladores de crescimento nas sementes aumenta a quantidade de açúcares so-

lúveis e a atividade de várias enzimas, como a  $\alpha$ -amilase.

A retomada precoce do metabolismo das sementes é essencial para o aumento do vigor das sementes e sua capacidade de competição a fatores adversos na fase de estabelecimento. Esse resultado é muito importante, principalmente em olerícolas com semeadura direta no campo, como é o caso da cenoura.

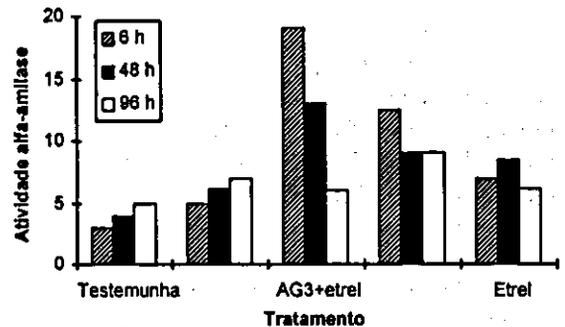


FIG. 12. Atividade total (mg de ácido hidrolizado/g de semente/minuto) da enzima  $\alpha$ -amilase à 6, 48 e 96 horas do teste de germinação em sementes de cenoura, cv. Brasília, tratadas com ácido giberélico (100 mg/L) e etrel (50 mg/L). Pelotas, 1995.

TABELA 2. Composição química das sementes e teores de clorofila a+b em folhas de cenoura, cv. Brasília, tratadas com reguladores de crescimento. Pelotas, 1995<sup>1</sup>.

Regulador de crescimento (mg/L)	Proteínas solúveis	Aminoácidos solúveis	Amido	Açúcares solúveis	Clorofila a+b (mg/g mat. fresca)
	..... (µg/g de semente) .....				
AG <sub>3</sub> +etrel (100+50)	328,5a	28,0b	160,8e	119,1a	2,34a
AG <sub>3</sub> +etrel+cinetina (100+50+25)	306,8ab	46,4a	176,0e	80,5d	2,05bc
AG <sub>3</sub> (100)	306,8ab	29,6b	165,8e	85,9c	2,21ab
AG <sub>3</sub> +cinetina (100+25)	292,8bc	13,5d	165,7e	86,2c	2,15bc
AG <sub>3</sub> +etrel+cinetina (100+75+50)	280,8c	19,1c	196,2d	80,1d	1,98bc
Etrel (50)	252,8d	9,7e	218,1c	63,7e	2,06bc
Cinetina (25)	249,6d	8,9e	251,4b	54,8e	2,21ab
Etrel+cinetina (50+25)	241,3de	18,8c	254,2b	113,6b	2,42a
Água	220,4e	9,9e	262,0ab	61,6e	2,05bc
Testemunha	141,6c	9,5e	279,6a	62,5e	2,44a
CV(%)	5,1	4,5	3,8	5,0	10,5

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

A adição de reguladores de crescimento mostrou efeito positivo no vigor das plântulas. O AG<sub>3</sub> e o etrel foram os mais significativos sobre o vigor das sementes, e a cinetina a que revelou efeitos menos expressivos. O AG<sub>3</sub> também causou aumento do comprimento da parte aérea das plântulas, mas quando na presença do etrel não produziu o mesmo efeito, apresentando plântulas de maior vigor, sem aumento da altura.

Na atividade metabólica da semente e da planta, o AG<sub>3</sub>, o etrel e a cinetina, apresentaram resultados bastante semelhantes, aumentando a atividade da velocidade e da síntese de compostos solúveis importantes na nutrição da plântula. Os teores de proteínas, aminoácidos e açúcares solúveis, a atividade das enzimas  $\alpha$ -amilase, além do teor de clorofila a+b, nas plantas, foram drasticamente afetados pelos reguladores de crescimento, fato que possivelmente foi o responsável pelo aumento do vigor das plântulas. A enzima  $\alpha$ -amilase, chave no processo de germinação, teve sua atividade aumentada pelo AG<sub>3</sub> e etrel. Uma ativação antecipada desta enzima pode levar a um aumento precoce do metabolismo das sementes e a uma emergência mais rápida e uniforme no campo.

Com isso, pode-se afirmar que o tratamento das sementes com AG<sub>3</sub>, cinetina e etrel, nas doses de 100, 25 e 50 mg/L, respectivamente, pode levar à elevação do metabolismo das sementes e do vigor das plântulas, sem aumento do tamanho das plântulas.

## CONCLUSÕES

1. O AG<sub>3</sub> e etrel afetam o metabolismo das sementes e aumentam a percentagem e velocidade de emergência das plântulas.

2. O etrel e a cinetina anulam o efeito ocasionado pelo AG<sub>3</sub> sobre o aumento do comprimento das plântulas.

3. A cinetina afeta o vigor em menor intensidade, mas afeta significativamente o metabolismo na germinação.

4. Os reguladores de crescimento aceleram o metabolismo das sementes em maior proporção que o vigor.

## REFERÊNCIAS

- ALJARO, A.; MARTINEZ, M. Evaluación Agronómica del acondicionamiento osmótico en semillas de Zanahoria (*Daucus carota*). *Agricultura Técnica*, Santiago, v.48, p.227-234, 1988.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. *Approved methods*. 9.ed. Saint Paul, Minnessota, 1995. v.1/2.
- ANDRADE, A.P. Condicionamento osmótico de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.) em diferentes níveis de cloreto de sódio. Pelotas: UFPel, 1993. 65p. Dissertação de Mestrado.
- ANDRADE, R.N.B.; IWASAKY, K.; ANDRADE, A.P.; SANTOS, D.S.B.; SANTOS FILHO, B.G.; COLVARA, V.D. Qualidade física e fisiológica de sementes de cenoura, cv. Tiatc-original obtidas através do método com e sem poda. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.15, p.43-48, 1993.
- ARNON, B.I. Cooper-enzyme in isolated chloroplasts and polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, Bethesda, v.24, p.1-15, 1949.
- BEVILAQUA, G.A.P.; PESKE, S.T.; SANTOS FILHO, B.G.; BAUDET, L. Desempenho de sementes de arroz irrigado tratadas com regulador de crescimento. I. Efeito na emergência a campo. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.15, p.75-80, 1993.
- BLEECKER, A.B.; ESTELLE, M.A.; SOMERVILLE, C.; KENDE, H. Insensitivity of ethylene conferred by dominant mutation in *Arabidopsis thaliana*. *Science*, Washington, DC, v.241, p.1086-1089, 1988.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Produção Vegetal. *Regras para Análise de Sementes*. Brasília, 1992. 530p.
- CARY, A.J.; LIU, W.; HOWELL, S.H. Cytokinin action is coupled to ethylene in its effects on the inhibition of root and hypocotyl elongation in *Arabidopsis* seedlings. *Plant Physiology*, Bethesda, v.107, p.1075-1082, 1995.
- CHEN, Q.G.; BLEECKER, A.B. Analysis of ethylene signal-transduction kinetics associated seedling-growth response and chitinase induction in wild type and mutant *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, Bethesda, v.108, p.597-607, 1995.
- CROVETTI, A.J.; SHAFER, W.E. Considerations in the commercial development of plant growth regulators.

- Acta Horticulturae*, Wageningen, n.239, p.465-475, 1989.
- CUNHA, R.; CASALI, V.W. Efeito de substâncias reguladoras do crescimento sobre a germinação de sementes de alfaca. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, São Carlos, v.1, p.121-132, 1989.
- DON, R. The use of chemical particularly gibberellic acid for breaking cereal seed dormancy. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.7, p.355-367, 1979.
- DURRANT, M.J.; PAYNE, P.A.; McLAREN, J.S. The use of water and some inorganic solutions to advance sugar beet seeds. I. Laboratory studies. *Annual Applied Biology*, v.103, p.507-515, 1983.
- GRAEBE, J. Gibberellins biosynthesis and control. *Annual Review of Plant Physiology*, v.38, p.425-457, 1987.
- HEYDECKER, M.; COOLBEAR, P. Seed treatment for improved performance-survey and attempted prognosis. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.5, p.353-425, 1977.
- KHAN, A.A. Incorporation of bioactive chemicals into seeds to alleviate environmental stress. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v.83, p.2255-2264, 1978.
- KHAN, A.A.; TAO, K.L.; KNYPL, J.S.; BOROWSKA, B.; POWELL, L.E. Osmotic conditioning of seeds: physiological and biochemical changes. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v.83, p.267-278, 1978.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. *Plant Physiology*. 4.ed. Belmont, CA: Wadsworth Publ. Co., 1992. 540p.
- SU, W.; HOWELL, S.H. The effects of cytokinin and light on hypocotyl elongation in *Arabidopsis* seedlings are independent and additive. *Plant Physiology*, Bethesda, v.108, p.1423-1430, 1995.
- SUGE, H. Stimulation of oat and rice mesocotyl growth by ethylene. *Plant and Cell Physiology*, v.12, p.831-837, 1971.
- TAYLOR, A.; COSGROVE, D.J. Gibberellic acid stimulation of cucumber hypocotyl elongation. *Plant Physiology*, Bethesda, v.90, p.1335-1340, 1989.
- THOMAS, T.H.; GRAY, D.; BIDDINGTON, N.L. The influence of the position of the seed on the mother plant on seed and seedling performance. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v.83, p.57-66, 1978.
- WILLIAMS, J.F.; PETERSON, M.L. Relations between  $\alpha$ -amilase activity and growth of rice seedlings. *Crop Science*, Madison, v.13, p.612-615, 1973.
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A.; SILVEIRA JUNIOR, P. *Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores - SANEST*. Pelotas: UFPel, 1985. 190p.