

Tratamento de sementes de canola com zinco

Treatment of canola seeds with zinc

Alessandra Pletsch, Vanessa N. Silva e Amauri N. Beutler

Curso de Agronomia, Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui, Rua Luiz Joaquim de Sá Britto, s/n, Promorar, 97650-000, Itaqui, RS, Brasil.
E-mail: vnpel@yahoo.com.br, author for correspondence.

Recebido/Received: 2014.02.14
Aceitação/Accepted: 2014.03.07

RESUMO

A canola é a terceira oleaginosa mais cultivada no mundo. A produtividade da cultura pode ser afetada por diversos fatores, como a deficiência de micronutrientes. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do tratamento de sementes de canola com Zn na germinação, no potencial fisiológico e no estabelecimento inicial de plantas. Sementes das cultivares de canola 'Hyola 61' e 'Hyola 433' (um lote cada) foram tratadas com seis doses (0, 1, 2, 3, 4 e 5 mL kg⁻¹ de semente) do produto comercial Quimifol Seed 78[®] contendo 787,5 g L⁻¹ de Zn. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado para os testes de potencial fisiológico e de blocos ao acaso para os testes de estabelecimento inicial de plantas. Após o tratamento, as sementes foram avaliadas quanto à germinação (índice de velocidade e porcentagem final), envelhecimento acelerado, comprimento de parte aérea, de raiz, massa seca de plântulas e estabelecimento inicial de plantas em vasos (porcentagem e velocidade de emergência, comprimento de parte aérea, de raiz e massa seca de plantas). A aplicação de Zn via Quimifol Seed 78[®] proporcionou benefícios para a germinação, potencial fisiológico de sementes e estabelecimento inicial de plantas nas doses de 1 a 5 mL do produto/kg de semente.

Palavras-chave: *Brassica napus* L. var. *oleifera*; micronutrientes; vigor.

ABSTRACT

Canola is the third oil plant most cultivated in the world. Several factors may affect canola yield as micronutrient deficiency. The aim of this study was to evaluate the influence of treatment of seeds with different doses of Zn, on germination, seed physiological potential and initial establishment of canola plants. Seeds of canola, cultivars 'Hyola 61' and 'Hyola 433' (each one represented by a lot) were treated with Zn at six application rates (0, 1, 2, 3, 4 and 5 mL per kg⁻¹ of seed) of Quimifol Seed 78[®] with 787.5 g L⁻¹ of Zn. The experimental design was completely randomized for the physiological seed potential tests and randomized blocks for the initial plant establishment evaluations. After treatment, seeds were evaluated by germination (speed of germination and final percentage), accelerated aging, shoot and root length and dry seedling weight, and the initial establishment of plants (percentage and velocity of plant emergence, shoot and root length and dry plant weight). Zinc treatment benefited seed germination, physiological potential and initial plant establishment at rates from 1 to 5 mL/kg seeds, according with the parameters evaluated and cultivar.

Key words: *Brassica napus* var *oleifera*; micronutrient; vigor.

Introdução

A canola (*Brassica napus* L.) é a terceira oleaginosa mais cultivada no mundo, precedida apenas pela soja e palma (Conab, 2013). Os rendimentos da cultura da canola podem ser afetados por diversos fatores, como a deficiência de micronutrientes. Uma forma de promover o aporte de nutrientes à planta é o uso do tratamento de sementes com produtos à base de macro ou micronutrientes. O princípio deste tipo de tratamento é a translocação desses elementos aplicados na semente para a futura planta (Oliveira *et al.*, 2010), tendo como vantagem a uniformi-

dade de distribuição e aplicação de pequenas doses. O zinco (Zn) é essencial para alguns processos fisiológicos e para a homeostase do estado nutricional da planta, atuando como um ativador e componente estrutural de enzimas (Orioli Júnior *et al.*, 2008) e é necessário para a preservação da orientação estrutural das macromoléculas das membranas celulares, para a manutenção da integridade destas e do funcionamento do transporte de íons através das membranas (Hafeez *et al.*, 2013). Assim, é possível que o tratamento de sementes com este elemento possibilite incrementos na germinação e crescimento de plantas, considerando-se

que a atividade enzimática e o bom funcionamento das membranas celulares são indispensáveis para a germinação, visto que interferem na síntese e degradação de compostos durante a mobilização das reservas, assim como na expansão, divisão e crescimento celular, que ocorrem durante a germinação (Nonogaki *et al.*, 2010).

Resultados de pesquisa indicam benefício do tratamento de sementes na germinação e potencial fisiológico para várias espécies, como arroz (Funguetto *et al.*, 2010), sorgo (Yagi *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2008), trigo (Ohse *et al.*, 2012a), mamona (Oliveira *et al.*, 2010), entre outras. Entretanto são escassos na literatura trabalhos a respeito do efeito do tratamento de sementes de canola, especialmente com Zn.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do tratamento de sementes de canola com Zn na germinação, potencial fisiológico e no estabelecimento de plantas.

Material e métodos

Os ensaios foram conduzidos em laboratório e em estufa, no município de Itaqui - RS, de março a setembro de 2013. Para tanto, foram utilizadas sementes de canola das cultivares 'Hyola 433' e 'Hyola 61'. As sementes foram submetidas a tratamento com o produto comercial Quimifol Seed 78®, à base de Zn (787,5 g L⁻¹ de Zn). Inicialmente, foram realizados testes para definir o intervalo de doses a utilizar, estudando-se o intervalo entre 3 e 20 µL de produto. A escolha das doses iniciais baseou-se em indicações de pesquisa para sementes de trigo (Ohse *et al.*, 2012a), dado que não há, até o presente momento, indicações para canola. Para tanto, realizou-se o recobrimento das sementes manualmente, aplicando-se o produto sobre as amostras de sementes acondicionadas em sacos plásticos transparentes com auxílio de um micropipetador. As sementes foram homogeneizadas com o produto aplicado e transferidas para uma bandeja plástica para secagem, onde permaneceram por 50 minutos. Em seguida, foram realizados testes para avaliação do efeito do tratamento na germinação e no potencial fisiológico das sementes, conforme descrição a seguir.

Germinação: quatro repetições de 50 sementes foram distribuídas sobre três folhas de papel germitest, em caixas plásticas (110 x 110 x 35 mm), humedecidas com água destilada, com quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco (Brasil, 2009), colocadas em câmara do tipo Biochemical Oxygen Demand a 20 °C, com fotoperíodo de 8-h de luz e 16-h de escuro. As avaliações foram realiza-

das aos cinco e sete dias após a instalação do teste, contando o número de plântulas normais, de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Índice de velocidade de germinação: foi obtido durante o teste de germinação, contabilizando-se diariamente o número de sementes com protrusão radicular, calculando-se o índice de velocidade de germinação por meio da fórmula proposta por Maguire (1962).

Comprimento de raiz e de parte aérea de plântula: quatro repetições de 10 plântulas normais, escolhidas ao acaso, obtidas no teste de germinação, aos sete dias, foram medidas, manualmente, com régua graduada, obtendo-se o valor médio de comprimento de raiz e de parte aérea de plântula (Nakagawa, 1999).

Massa seca de plântula: após a medição do comprimento das plântulas, estas foram secas a 80 °C durante 24-h (Nakagawa, 1999) e pesadas em balança analítica. O valor obtido para cada repetição foi dividido pelo número de plântulas utilizadas.

Envelhecimento acelerado: quatro repetições de 50 sementes por tratamento, foram distribuídas sobre tela metálica e colocadas no interior de caixas plásticas (110 x 110 x 35 mm) contendo 40 mL de água destilada no fundo. Em seguida as caixas foram fechadas e levadas a uma estufa a 42 °C durante 24-h (Marchiori Junior *et al.*, 2002). Após o período de incubação, foi realizado o teste de germinação, conforme descrito anteriormente. A avaliação foi realizada no quinto dia após o início do teste de germinação, expressando-se os resultados em porcentagem de plântulas normais.

Após a avaliação dos testes preliminares, realizou-se novamente o tratamento de sementes de canola, com seis doses do produto comercial contendo Zn (0, 1, 2, 3, 4 e 5 mL kg⁻¹), com o mesmo produto comercial utilizado nos testes preliminares. Foram realizados novamente os testes para avaliação da germinação e do potencial fisiológico de sementes, conforme metodologia descrita anteriormente e testes para avaliação do efeito do tratamento no estabelecimento inicial de plantas.

A segunda etapa do estudo foi realizada em estufa para a avaliação do efeito do tratamento de sementes no estabelecimento inicial das plantas, conforme descrição na sequência.

Emergência e velocidade de emergência de plantas: quatro repetições de 25 sementes de canola, por cultivar e tratamento, foram semeadas em vasos com 5 L de solo, peneirado e adubado segundo recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (Cqfs, 2004). Utilizou-se um Plintos-

solo Háplico com teor de argila: 20%; pH 5,3; matéria orgânica: 4,7%; fósforo 6,8 mg dm⁻³; potássio 48,0 mg dm⁻³. Foram realizadas regas diárias. O número de plântulas emersas com as folhas cotiledonares visíveis foi avaliado diariamente. A partir dos dados obtidos foi calculado o índice de velocidade de emergência pela fórmula proposta por Maguire (1962). A porcentagem de plântulas emersas foi determinada 30 dias após a sementeira, por meio da contagem das plantas.

Comprimento de parte aérea de planta e de raiz de planta: escolheram-se 10 plantas ao acaso, de cada repetição, de cada tratamento, retirando as mesmas do vaso e procedendo-se a lavagem das raízes e medição do comprimento de ambas as partes, com o auxílio de régua graduada, realizando-se a média por repetição.

Massa seca de raiz e de parte aérea de planta: após a medição do comprimento de parte aérea e de raízes as plântulas foram secas a 80 °C por 24-h e pesadas em balança analítica.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado para os testes realizados em laboratório, com quatro repetições por tratamento, e blocos ao acaso para os testes realizados em estufa, com três repetições por tratamento. Para análise estatística foi adotado esquema fatorial 2 x 6 (cultivares x doses). Para o fator quantitativo (doses de Zn) foram ajustadas equações de regressão. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparação de médias por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o fator qualitativo.

Resultados e discussão

O tratamento de sementes de canola com Zn causou diferenças significativas na germinação entre as doses de Zn, contudo, não houve diferença entre as cultivares nem interação entre as doses de Zn e as cultivares. Na figura 1A é possível visualizar o efeito das doses de Zn, com destaque para a dose de 1,7 mL kg⁻¹ semente, a qual proporcionou maior germinação. Oshe *et al.* (2012b) também verificaram incremento na germinação de sementes de melancia tratadas com 0,95 g de Zn kg⁻¹ de sementes, utilizando o sulfato de zinco como fonte deste nutriente. Este efeito benéfico pode estar associado ao fato do Zn ativar enzimas, como as desidrogenases, aldolases, enolases e isomerases, intensificando a respiração e, conseqüentemente, a produção de ATP para os processos que demandam energia (Taiz e Zeiger, 2010), como a germinação. De maneira semelhante, Santos *et al.* (2008) observaram que plântulas prove-

nientes de sementes de sorgo tratadas com Zn e Co apresentaram maior germinação.

Em relação ao índice de velocidade de germinação, não houve diferença entre cultivares e interação entre os fatores. Porém, para o fator dose de Zn, constatou-se efeito significativo (Figura 1B). Contudo, não houve ajuste dos resultados a nenhuma equação de regressão, não sendo possível desta forma estimar a dose que propicia melhor desempenho das sementes.

Quanto ao comprimento de parte aérea de plântulas, houve diferença entre as doses de Zn (Figura 1C) e também interação entre as doses e cultivares. As doses de 3,39 e 1,22 mL propiciaram o máximo desempenho das sementes das cultivares 'Hyola 61' e 'Hyola 433', respectivamente. Benefícios da aplicação de Zn também foram encontrados para sementes de arroz, com incrementos no comprimento da parte aérea de plântulas de 9,3% e 58% (Funguetto *et al.*, 2010). Presume-se que estes resultados estejam relacionados com a participação do Zn na rota metabólica de síntese do ácido indolacético (AIA), o principal regulador de crescimento da classe das auxinas, envolvido no crescimento vegetal (Taiz e Zeiger, 2010). No entanto, em doses maiores, houve decréscimo no comprimento da parte aérea de plântula. De maneira semelhante, Funguetto *et al.* (2010) ao aplicar 0,67 e 0,77 g Zn kg⁻¹ de sementes verificou uma diminuição no comprimento da parte aérea de 7 e 13%, respectivamente, quando comparado com 0,57 g Zn kg⁻¹ de sementes. Ferreira *et al.* (2007) observaram menor atividade da enzima malato desidrogenase em sementes de milho tratadas com 10 mL kg⁻¹ de sementes de produto comercial com 5% de Zn. Essa enzima catalisa a conversão de malato a oxalacetato, tendo importante função no ciclo de Krebs (Taiz e Zeiger, 2010); segundo os autores, quando a via respiratória aeróbica é comprometida, a anaeróbica é ativada e produtos tóxicos às células como acetaldeído e etanol são acumulados, podendo desta forma comprometer o metabolismo celular e a liberação de energia para o crescimento da plântula.

Quanto ao comprimento da raiz primária, houve diferença entre cultivares e doses de Zn, não apresentando, porém, interação entre os fatores (Figura 1D). Para a cultivar 'Hyola 61' houve resposta linear crescente, no entanto, para a cultivar 'Hyola 433' houve resposta quadrática, com o máximo comprimento na dose de 3,2 mL. O aumento no comprimento de raiz em razão da aplicação de Zn, provavelmente se deve ao fato deste elemento ser necessário para a síntese do aminoácido triptofano, precursor de fitormônios do tipo auxina, responsáveis principal-

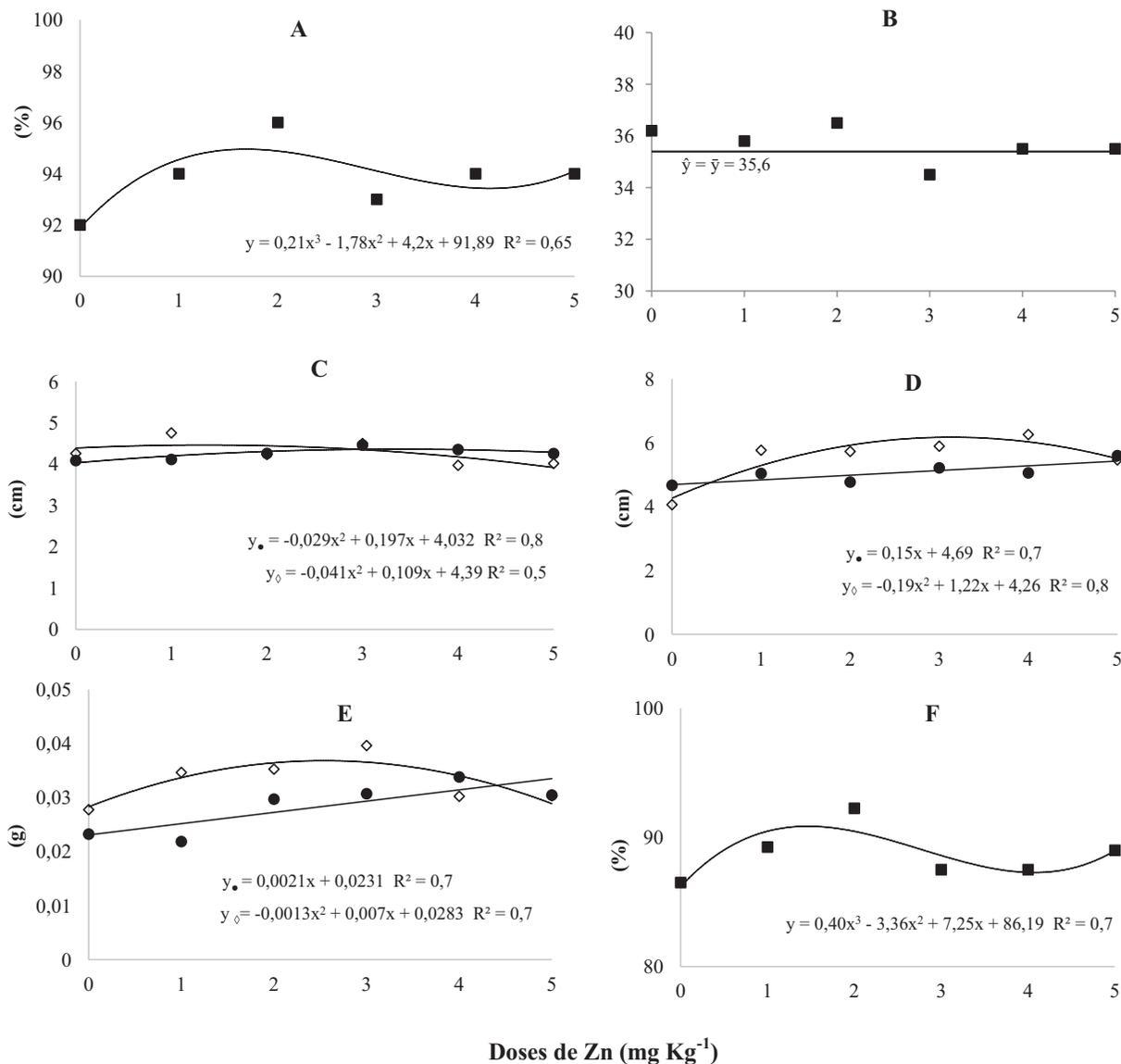


Figura 1 – Resultados médios de germinação (A), índice de velocidade de germinação (B), comprimento de parte aérea (C) e de raízes (D) de plântulas, massa seca (E) de plântulas e envelhecimento acelerado (F) de sementes de canola, cultivares Hyola 61 (●) e Hyola 433 (◇), em função do tratamento com diferentes doses de zinco. Apenas uma linha na figura indica que não houve diferença significativa entre as duas cultivares ($p < 0,05$), representando valores médios de ambas.

mente pela diferenciação e alongamento das células da raiz (Overvoorde *et al.*, 2010).

Para a massa seca, constatou-se efeito para as cultivares e doses, e houve interação entre os fatores. Para a cultivar ‘Hyola 61’ houve efeito linear crescente, já para a cultivar ‘Hyola 433’ o ajuste quadrático permitiu identificar a dose mais efetiva de 2,7 mL, sendo que doses maiores provocaram uma redução de matéria seca (Figura 1E). Ohse *et al.* (2012a) verificaram redução na matéria seca de plântulas de trigo a partir de doses de 0,95 g kg⁻¹ de sulfato de zinco. Presume-se que tais reduções estejam associadas ao efeito tóxico do Zn e sua inibição

no alongamento radicular, conforme anteriormente relatado, refletindo-se assim em um menor acúmulo de matéria seca.

O envelhecimento acelerado, foi influenciado pelas doses de Zn, entretanto, não se verificou diferença entre cultivares e interação entre os fatores. De acordo com a equação de regressão que melhor se ajustou aos dados, constatou-se que para ambas cultivares a dose de 1,5 mL favoreceu o potencial fisiológico de sementes.

Em relação ao estabelecimento de plantas, verificou-se que na percentagem de emergência de plantas em vasos houve diferença entre as doses de Zn (Fi-

gura 2A). Os melhores resultados ocorreram com as doses de 1,7 mL e 2,6 mL para as cultivares 'Hyola 61' e 'Hyola 433', respectivamente. Trabalhando com sementes de aveia-branca, Tavares *et al.* (2013) observaram incremento na emergência de plantas na dose de 3 mL kg⁻¹ de sementes, de produto comercial com 780 g L⁻¹ de Zn, e redução nas doses maiores.

Houve decréscimo na emergência a partir de doses maiores que 1,7 mL para a cultivar 'Hyola 61', sen-

do que na dose de 5 mL a percentagem de plantas emersas diminuiu 25,6% em relação à testemunha. Possivelmente este resultado está relacionado com algum efeito fitotóxico, sendo possível que estas doses tenham causado excesso de Zn nas células vegetais, pois este elemento quando em maiores quantidades geralmente induz danos oxidativos, dando início à peroxidação de lipídios e à degradação de outros compostos na planta (Malavolta, 2006). Neste contexto, Malavolta (2006) explica que há uma

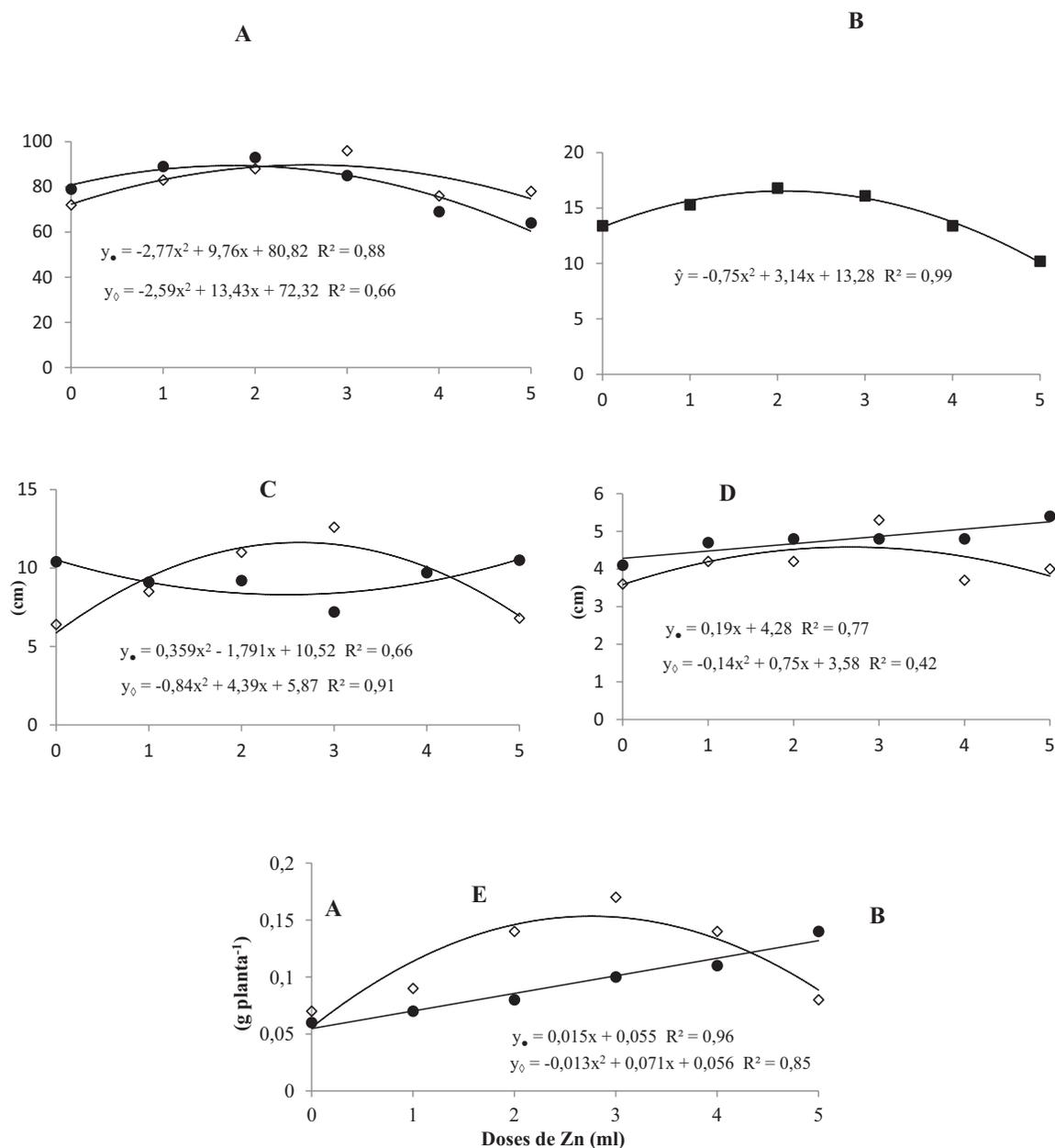


Figura 2 – Resultados médios de percentagem (A) e velocidade (B) de emergência de plantas, comprimento de parte aérea (C) e de raízes (D) de plantas e massa seca (E) de plantas de canola, cultivares Hyola 61 (●) e Hyola 433 (◇), em função do tratamento de sementes com diferentes doses de zinco. Apenas uma linha na figura indica que não houve diferença significativa entre as duas cultivares ($p < 0,05$), representando valores médios de ambas.

faixa estreita entre o efeito benéfico e a toxicidade de Zn. Resultados semelhantes foram descritos por Gonçalves Junior *et al.* (2005), os quais verificaram que a aplicação de Zn em sementes de milho prejudicou a emergência de plantas, com efeitos mais drásticos na dose de 5,0 g kg⁻¹ de sementes.

Sendo assim, o uso de doses de 1,7 e 2,6 mL de Quimifol Seed 78[®], como fonte de Zn apresenta-se como alternativa interessante, para as referidas cultivares, visto que o aumento na percentagem de plantas emersas é positivo em cultivos comerciais de canola, pois pode refletir em maior população e uniformidade de estande de plantas no campo, podendo, com isso facilitar a gestão e auxiliar na redução de custos.

Para o parâmetro velocidade de emergência houve diferença somente em relação ao fator doses de Zn, com a dose de 2,1 mL proporcionando o melhor desempenho para as sementes (Figura 2B). Resultados semelhantes são descritos na literatura para sementes de sorgo (Santos *et al.*, 2008). Entretanto, observa-se que houve redução da velocidade de emergência a partir desta dose, semelhante aos resultados da percentagem de emergência. Li *et al.* (2012) verificaram resultados semelhantes ao tratar sementes de trigo com Zn, atribuindo isto às doses altas deste elemento próximas às raízes, e que a acumulação de Zn provocou aumento de peróxido de hidrogênio e perda de viabilidade celular, efeitos diretamente relacionados com a redução do crescimento radicular. Em relação ao comprimento da parte aérea de plantas, não houve diferença entre cultivares, no entanto, houve diferenças quanto às doses e também interação entre os fatores (Figura 2C). A melhor dose foi a de 2,6 mL. Albuquerque *et al.* (2010) explicam que em níveis excedentes no ambiente, o Zn afeta o crescimento e o metabolismo normal das espécies vegetais, dessa forma, podendo causar efeitos fitotóxicos.

O comprimento de raiz de planta, por sua vez, diferiu entre as doses e cultivares e houve interação entre estes fatores (Figura 2D). É possível observar que para a cultivar 'Hyola 61' houve resposta linear crescente; já para a cultivar 'Hyola 433' a dose de 2,7 mL foi a mais efetiva, propiciando incremento neste parâmetro.

Quanto à massa seca de plantas, constatou-se que houve diferenças significativas entre as cultivares, doses de Zn e interação entre os fatores. Para a cultivar 'Hyola 61' houve efeito linear crescente, enquanto que para a cultivar 'Hyola 433' a melhor dose foi a de 2,7 mL (Figura 2E). Conforme Funguetto *et al.* (2010) pressupõem-se que os incrementos na matéria seca resultantes do tratamento com Zn estão

ligados ao envolvimento deste nutriente em diversas rotas metabólicas promotoras do crescimento de plantas, provocando assim um acréscimo na área fotossintetizante ativa.

Conclusões

A aplicação de Zn via tratamento de sementes de canola mostrou-se uma alternativa promissora podendo fornecer este nutriente na fase inicial de crescimento e desta forma suprir as necessidades das plantas, o que pode contribuir para o melhor estabelecimento da cultura. Em síntese, verificou-se neste trabalho que a resposta ao tratamento de sementes de canola com zinco é variável em função da cultivar estudada, assim como do parâmetro avaliado. A aplicação de Zn via Quimifol Seed 78[®] proporcionou benefícios para a germinação, potencial fisiológico de sementes e estabelecimento inicial de plantas de canola, cultivares 'Hyola 61' e 'Hyola 433', nas doses de 1 a 5 mL do produto/kg de semente, de acordo com o parâmetro avaliado e a cultivar.

Referências bibliográficas

- Albuquerque, K.A.D.; Oliveira, J.A.; Silva, P.A.; Veiga, A.D.; Carvalho, B.O. e Alvim, P.O. (2010) - Armazenamento e qualidade de sementes de tomate enriquecidas com micronutrientes e reguladores de crescimento. *Revista Ciência e Agro-tecnologia*, vol. 34, n. 1 p. 20-28, 2010.
- Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009) - *Regras para análise de sementes*. Brasília: MAPA/ACS.
- CONAB (2013) - Área, produção e rendimento de canola no Brasil, total e por estado. Brasília, DF. Disponível em <http://www.conab.gov.br>. Acesso em 08 de junho de 2013.
- Ferreira, L.A.; Oliveira, J.A.; Von Pinho, E.V.R. e Queiroz, D.V. (2007) - Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 29, n. 2, p. 80-89.
- Funguetto, C.I.; Pinto, Baudet, L. e Peske, S.T. (2010) - Desempenho de sementes de arroz irrigado recobertas com zinco. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 32, n. 2, p. 117-115.
- Gonçalves Junior, A.C.; Ribeiro, O.L.; Santos, A.L.; Sacon, E. e Mondardo, E. (2005) - Emergência de plântulas de milho em resposta ao tratamento de sementes com zinco. *Revista Varia Scientia*, vol. 5, n. 10, p. 145-153.

- Hafeez, B.; Khanif, Y.M. e Saleem, M. (2013) - Role of Zinc in Plant Nutrition- A Review. *American Journal of Experimental Agriculture*, vol. 3, n. 2, p. 374-391.
- Li, X.; Yang, Y.; Zhang, J.; Jia, L.; Qiaoxia, L.; Zhang, T.; Qiao, K. e Ma, S. (2012) - Zinc induced phytotoxicity mechanism involved in root growth of *Triticum aestivum* L. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 86, n. 1, p. 198-203.
- Malavolta, E. (2006) - *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres.
- Maguire, J.D. (1962) - Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, Madison, vol. 2, n. 1, p. 176-177.
- Marchiori Jr., O.; Inoue, M.H.; Braccini, A.L.; Oliveira Jr., R.S.; Avila, M.R.; Lawder, M. e Constantin, J. (2002) - Qualidade e produtividade de sementes de canola (*Brassica napus*) após aplicação de dessecantes em pré-colheita. *Planta Daninha*, vol. 20, n. 2, p. 253-261.
- Nakagawa, J. (1999) - Testes de vigor baseados na avaliação de plântulas. In: Krzyzanowski, F.C.; Vieira, R.D.; França-Neto, J.B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. p. 2: 1 - 2: 21.
- Nonogaki, H.; Bassel, G.W. e Bewley, J.D. (2010) - Germination - Still a mystery. *Plant Science*, vol. 179, n. 6, p. 574-581.
- Ohse, S.; Cubis, J.G.; Rezende, B.L.A.; Cortez, M.G. e Otto, R.F. (2012a) - Vigor e viabilidade de sementes de trigo tratadas com zinco. *Biotemas*, vol. 25, n. 4, p. 49-58.
- Ohse, S.; Rezende, B.L.A.; Lisik, D. e Otto, R.F. (2012b) - Germinação e vigor de sementes de melancia tratadas com zinco. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 34, n. 2, p. 282-292.
- Oliveira, R.H.; Souza, M.J.L.; Moraes, O.M.; Guimarães, B.V.C. e Pereira Junior, H.A. (2010) - Potencial fisiológico de sementes de mamona tratadas com micronutrientes. *Acta Scientiarum. Agronomy*, vol. 32, n. 4, p. 701-707.
- Orioli Junior, V.; Prado, R.M.; Leonel, C.L.; Cazetta, D.A.; Silveira, C.M.; Queiroz, R.J.B. e Bastos, J.C.H.A. (2008) - Modos de aplicação de zinco na nutrição e na produção de massa seca de plantas de trigo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, vol. 8, n. 1, p. 28-36.
- Overvoorde, P.; Fukaki, H. e Beeckman, T. (2010) - Auxin Control of Root Development. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, vol. 2, n. 6, p. 1-16.
- Santos, H.C.; Viana, J.S.; Gonçalves, E.P.; Bruno, R.L.A. e Fraga, V.S. (2008) - Qualidade fisiológica de sementes de sorgo em resposta à adubação com cobre e zinco. *Caatinga*, vol. 21, n. 1, p. 64-70.
- Taiz, L. e Zeiger, E. (2010) - *Plant Physiology*. 5 edition. 782 pp. <http://www.star-bk.com/pic/pdf/0878935657.pdf>
- Tavares, L.C.; Brunes, A.P.; Gadotti, G.I.; Tunes, L.M.; Barros, A.C.A. e Villela, F.A. (2013) - The yield and physiological quality of oat seeds subjected to cover with zinc. *Acta Scientiarum. Agronomy*, vol. 35, n. 3, p. 357-361.
- Yagi, R.; Fimili, S.S.; Araújo, J.C.; Prado, R.M.; Sanchez, S.V.; Ribeiro, C.E.R. e Barretto, V.C.M. (2006) - Aplicação de zinco via sementes e seu efeito na germinação, nutrição e desenvolvimento inicial do sorgo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 41, n. 6, p. 655-660.