

O tratamento de sementes de feijão com zinco afeta a qualidade fisiológica de sementes e o teor foliar de micronutrientes

Common bean seed treatment with zinc affects the physiological seed quality and the leaf content of micronutrients

Caio Sippel Dörr*, Felipe Koch, Aline Klug Radke, Patrícia Migliorini, Paulo Eduardo Rocha Eberhardt e Ledemar Carlos Vahl

Submissão: 12/03/2015 / Aceite: 02/05/2017

RESUMO

O trabalho teve com o objetivo avaliar o efeito de concentrações de zinco aplicado ao tratamento de sementes sobre a qualidade fisiológica de sementes de feijão e o teor foliar dos micronutrientes ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn) para a cultivar BRS Expedito. O trabalho foi desenvolvido com sementes obtidas na safra agrícola 2014/2015. Os tratamentos foram constituídos pelas seguintes concentrações de Zn aplicados via tratamento de sementes com concentrações de 0, 12, 24, 36 e 48 g Zn 100 kg⁻¹ de sementes. Foram realizadas as avaliações de emergência, índice de velocidade de emergência, teste de frio, comprimento de parte aérea e radicular, massa seca de parte aérea e radicular de plântulas e determinação dos teores de micronutrientes (Fe, Cu, Zn e Mn). Os resultados das variáveis emergência, índice de velocidade de emergência e teste de frio não apresentaram efeitos significativos decorrentes do aumento das concentrações de Zn no tratamento de sementes. Entretanto, na análise do crescimento das plântulas, o Zn promoveu aumento no comprimento radicular e aéreo e na massa seca produzida, tanto parte aérea como de raiz. O teor de Zn no tecido foliar aumentou e o de manganês reduziu de acordo com o aumento da concentração de zinco no tratamento de sementes. O tratamento de sementes com Zn promove aumento no crescimento e no teor foliar deste elemento para a cultivar BRS Expedito.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris*, crescimento de plântulas, emergência, vigor de sementes.

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the effect of zinc concentration applied to the seed treatment on the physiological quality of bean seeds and leaf content of the micronutrients iron, copper, zinc and manganese of BRS Expedito. The experiment was carried out with common bean seeds obtained from 2014/2015 growing season. The treatments using the following concentrations of zinc were applied via seed treatment with concentrations of 0, 12, 24, 36 and 48 g Zn 100 kg⁻¹ of seed. Emergence assessments of emergence speed index, cold test, length of shoot and roots, dry weight of shoots and roots of seedlings and each micro-nutrient contents: Fe, Cu, Zn and Mn were conducted. The results of the variables emergence, emergence speed index and cold test showed no significant effects of increased Zn concentrations in seed treatment. However, in the analysis of seedling growth, Zn promoted an increase in hair and root length and dry matter produced by both shoot and root. The Zn content in leaf tissue increased manganese according to the increase of the Zn concentration in seed treatment. Seed treatment with Zn promotes increased growth and leaf content of this element to BRS Expedito.

KEYWORDS: *Phaseolus vulgaris*, emergence, seed vigor, seedling growth.

INTRODUÇÃO

O feijão constitui o alimento básico para a maioria da população e o sucesso na sua produção está

associado às práticas de manejo adotadas durante seu cultivo. A utilização de sementes de elevada qualidade fisiológica, entende-se, germinação e vigor elevados, por exemplo, superiores a 90%, contribui efetivamente para aumento de produtividade dos campos de produção, fato este já evidenciado (PANOZZO et al. 2009, SCHUCH et al. 2009, SCHERREN et al. 2010, TAVARES et al. 2013b). Porém, atualmente, ainda se encontram lotes de sementes de baixa qualidade fisiológica sendo comercializadas, por exemplo, a 80% e o uso de tratamentos em pré-semeadura vem sendo estudados como alternativa para melhorar o desempenho dessas sementes no campo (KIKUTI et al. 2002).

Neste sentido, a utilização de Zn no tratamento de sementes, busca melhorar o desempenho de lotes de sementes em campo. O Zn é um elemento essencial para as plantas, que pode afetar o crescimento e o metabolismo normal de espécies vegetais, quando o ambiente apresenta níveis tóxicos ou insuficientes de sua concentração (MARSCHNER 1995). Este micronutriente está associado com o metabolismo de carboidratos, regulação da expressão de genes, integridade estrutural do ribossomo, metabolismo de fosfato, síntese de enzimas como as desidrogenases, proteinases e peptidases (KABATA-PENDIAS 1985, CHERIF et al. 2010), 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).

A grande vantagem da aplicação de micronutrientes via tratamento de sementes é a uniformidade de distribuição de pequenas doses, as quais podem ser aplicadas com precisão (LOPES & SOUZA 2001), apresentando bom aproveitamento pela planta e, principalmente, pelo fato de reduzir os custos de aplicação (LUCHESE 2004).

Assim, é possível que o tratamento de sementes com Zn possibilite incrementos na germinação e crescimento inicial das plântulas, 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).

As plantas apresentam concentrações tóxicas de Zn distintas em função da espécie, sendo a faixa

de 100 a 400 mg kg⁻¹ de tecido foliar considerada tóxica para o crescimento da maioria das plantas (KABATA-PENDIAS 1985). Plantas de feijão com níveis de Zn menor que 15 mg kg⁻¹ de tecido foliar são consideradas deficientes, níveis entre 20 e 100 mg kg⁻¹ são considerados adequados e níveis acima de 200 mg kg⁻¹ são considerados tóxicos (WILCOX & FAGERIA 1976).

Neste contexto, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de concentrações de Zn aplicado em tratamento de sementes sobre a qualidade fisiológica de sementes de feijão e o teor foliar dos micronutrientes Fe, Cu, Zn e Mn para a cultivar BRS Expedito.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na safra agrícola 2014/2015, no laboratório didático de análise de sementes, no laboratório de fertilidade e em área experimental, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas, município de Capão do Leão, RS. Para a realização do experimento foi utilizado sementes de categoria básica de feijão da cultivar BRS Expedito, que possui hábito de crescimento indeterminado, tipo II, tem porte ereto, o que, em conjunto com sua resistência ao acamamento, oferece perspectivas favoráveis para sua colheita, tanto manual quanto mecanizada, e apresenta ótima resistência à debulha no campo tendo um ciclo médio de 88 dias (ANTUNES et al. 2007).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com cinco níveis quantitativos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação das doses crescentes do produto a base de Zn (AjifolL[®] Zn), garantia de 120g Zn L⁻¹, fonte de Zn, com ZnCl₂, nas concentrações de 0 (0 g Zn), 100 (12,0 g Zn), 200 (24,0 g Zn), 300 (36,0 g Zn), e 400 (48,0 g Zn) mL 100 Kg⁻¹ de sementes. O produto foi aplicado diretamente ao fundo de sacos de polietileno e espalhado até altura de 15 cm, posteriormente foram adicionadas as sementes e agitado durante 3 minutos para proceder o recobrimento das sementes (NUNES 2005). As sementes foram armazenadas em câmara fria e seca, com controle de temperatura (15±5 °C) e de umidade relativa (40±5%).

Para a avaliação da qualidade das sementes e determinação dos teores dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn em plântulas de feijão foram realizadas as seguintes avaliações:

- Emergência em campo: realizado a partir da

semeadura de quatro repetições de 50 sementes por tratamento, em canteiros contendo areia como substrato, em linhas com espaçamento de 0,2 m. A avaliação foi realizada aos 15 dias após a semeadura, determinando-se a porcentagem de plântulas emergidas (NAKAGAWA 1994).

- O índice de velocidade de emergência (IVE): conduzido conjuntamente com o teste de emergência em campo, com avaliações realizadas mediante a contagem diária do número de plântulas emergidas até estabilização do número das plântulas e o cálculo do índice de velocidade de emergência (MAGUIRE 1962).

- Teste de frio: foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes para cada amostra, semeadas em rolos de papel germitest umedecidos com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a sua massa seca. Após a semeadura, os rolos foram colocados em sacos plásticos para manter a umidade, do mesmo modo como é realizado o teste de germinação (BRASIL 2009). Logo após, permaneceram em BOD (Modelo: EL202, Eletrolab®) por sete dias à temperatura de 10 °C (LOEFFLER et al. 1985), posteriormente foram colocadas em germinador de câmara (DeLeo®) a 25 °C. A avaliação foi realizada no quinto dia após a semeadura, onde realizou-se a contagem de plântulas normais (BRASIL 2009).

- Comprimento da parte aérea e radicular de plântulas: foram utilizadas quatro subamostras de 20 sementes para cada unidade experimental, semeados no terço superior do papel germitest umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a sua massa seca, permanecendo em germinador a 25 °C (NAKAGAWA 1999). A mensuração de dez plântulas normais foi realizada no quinto dia após a semeadura, com régua e o resultado foi expresso em centímetros. A mensuração do comprimento de plântula foi realizada nas dez primeiras plântulas normais contadas da esquerda para a direita do papel germitest.

- Massa seca da parte aérea e radicular de plântulas: foram utilizadas quatro subamostras para cada unidade experimental, avaliando-se as dez plântulas normais obtidas no teste de comprimento da parte aérea e radicular. As plântulas foram separadas em parte aérea e radicular, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa com temperatura de 70 °C ± 2 °C, por 72 h. (NAKAGAWA 1999). Após este período cada repetição teve a massa avaliada em balança com precisão de 0,001 g e os resultados médios expressos em gramas por 10 plântulas.

- Determinação dos teores de micronutrientes: foi realizado no laboratório de fertilidade, onde determinaram-se os teores de Cu, Fe, Mn e Zn de plântulas de feijão coletadas aos 15 dias após emergência. As amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar, com temperatura de 70 ± 2 °C, por 72 h. Os micronutrientes foram determinados segundo metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995), onde procedeu-se a moagem do material com o auxílio de gral e pistilo para posteriormente realizar a sua digestão através da digestão nítrico-perclórica, e a quantificação dos micronutrientes por espectrofotometria de absorção atômica.

Para a digestão das amostras foi pesado 1,000 g do material e colocados em tubo de digestão, usando-se para isso um funil de haste longa e diâmetro interno de 10 mm, foi adicionado 6,0 mL de HNO₃ concentrado, o qual ficou em repouso por 24 h, percorrido esse período os tubos foram agitados, e aquecidos a 80-90 °C por meia hora, sendo aumentado a temperatura a 120 °C, e mantida essa temperatura até restar 0,5-1,0 mL de ácido, após deixou-se esfriar por 10 min. Foi adicionado 1,0 mL de HClO₄ concentrado, e aquecido a 180-190 °C. Quando começou o desprendimento do vapor de HClO₄, foi colocado funis de 30 mm de diâmetro em tubos de digestão, e mantidos nessa temperatura por 2 h, deixou-se esfriar e adicionou-se 5 mL de água destilada, ajustou-se o volume para 20 mL com água destilada, homogeneizou-se cada tubo e foi deixado descansar por 24 h. Após esse período pipetou-se 10 mL de sobrenadante em copos plásticos, onde se determinou a absorção de Cu. Após isso, foram pipetados 5,0 mL da solução restante e adicionaram-se 10 mL de água destilada para a determinação da absorção de Zn, Fe e Mn no fotômetro de absorção.

Após a coleta e tabulação dos dados, foram verificadas as pressuposições da análise de variância, para posteriormente proceder à análise. Os dados foram submetidos a análise de regressão polinomial onde testou-se até o quarto grau do polinômio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados analisados demonstram que para o teste de frio que apresentou média de 50%, emergência em campo e índice de velocidade de emergência que apresentaram 53% e 4,31, respectivamente, de modo que o tratamento de sementes de feijão com Zn não

apresentou diferença significativa para as diferentes concentrações estudadas, diferentemente de YAGI et al. (2006), que avaliou o efeito da aplicação de zinco em sementes de sorgo que diminuiu a germinação e o acúmulo de matéria seca das raízes e da planta inteira. SMIDERLE et al. (2008), também trabalhando com tratamento de sementes de feijão obteve resultados similares e RUBIN et al. (1995) trabalhando com sementes de soja também não encontrou efeito do tratamento de sementes com Zn. Em determinadas gramíneas, por exemplo, a aveia, o tratamento de sementes com Zn apresenta incremento na qualidade fisiológica de sementes avaliada através dos testes de primeira contagem de germinação e germinação (OLIVEIRA et al. 2014), entretanto, em sementes de trigo o tratamento de sementes com Zn não influenciou a qualidade fisiológica das sementes tratadas (TAVARES et al. 2013a, RUFINO et al. 2013). Fato este que, evidencia a necessidade de maiores investigações quanto a absorção e aproveitamento deste nutriente pela planta aplicado via tratamento de sementes em diferentes espécies.

Para as variáveis de comprimento de parte aérea e raiz, matéria seca de parte aérea e raiz, se observou a eficiência do tratamento de sementes com Zn. Estes resultados podem ser explicados devido ao Zn estar associado com o metabolismo de carboidratos e a síntese de enzimas como as desidrogenases, proteinases e peptidases (KABATA-PENDIAS 1985,

CHERIF et al. 2010), fazendo com que aumente a liberação de energia para o crescimento através da decomposição de algumas moléculas complexas em moléculas mais simples.

A matéria seca de raiz apresentou tendência linear crescente, no intervalo de concentrações de Zn estudados, com elevado coeficiente de determinação (Figura 1), com aumento de aproximadamente 6, 12, 18, e 24% para as concentrações de 12, 24, 36 e 48 g de Zn 100 Kg⁻¹ de sementes, respectivamente. Para sementes de melancia a matéria seca de raiz de plântulas decresceu linearmente conforme o aumento da dose de Zn aplicada nas sementes, em concentrações semelhantes as utilizadas neste trabalho (OHSE et al. 2012). Trabalhando com o tratamento de sementes de milho, PRADO et al. (2007), utilizaram duas fontes de Zn, com a fonte o óxido de Zn, se observou aumento da matéria seca de raiz em função do aumento da dose, porém quando a fonte de Zn foi o sulfato de Zn o resultado obtido foi contrário ao óxido.

A matéria seca de parte aérea (Figura 2), também apresentou tendência linear crescente, no intervalo de concentrações de Zn estudados, similarmente a matéria seca de raiz, conforme aumento da dose aplicada, constatando-se um acréscimo de aproximadamente 4, 9, 13 e 17% para as concentrações de 12 (100), 24 (200), 36 (300) e 48 g de Zn (400 mL) 100 kg⁻¹ de sementes, respectivamente. Avaliando o tratamento de sementes com Zn, em duas cultivares de canola,

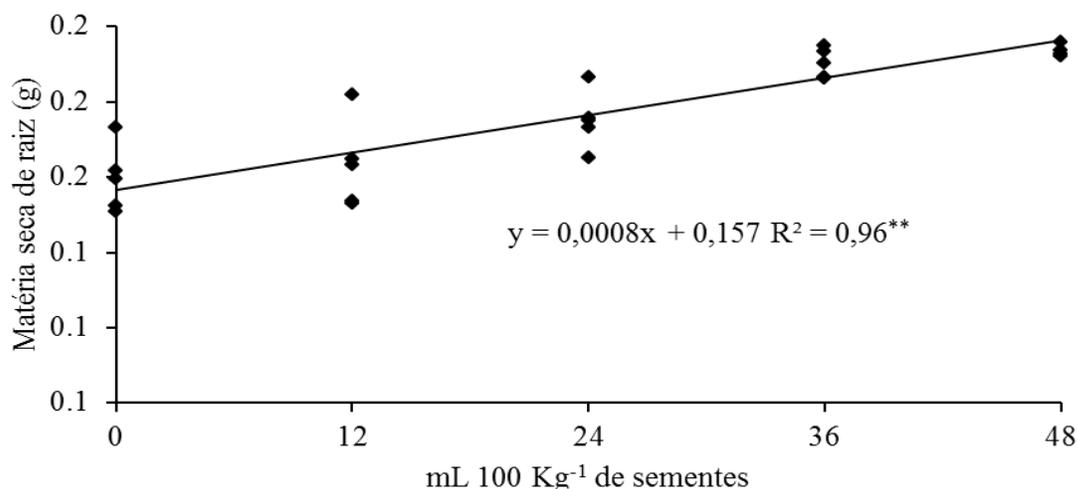


Figura 1. Acúmulo de matéria seca de raiz de plântulas de feijão provenientes de sementes tratadas com zinco, significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Pelotas, RS, 2014.

* e ** significativos a 5 e 1%, respectivamente.

Figure 1. Dry matter bean seedling root from seeds treated with zinc significant at 5% probability level for the F test. Pelotas, RS, 2014.

* and ** significant at 5 and 1%, respectively.

observou-se que para a variável matéria seca de plântula da cultivar 'Hyola 61' houve efeito linear crescente, já para a cultivar 'Hyola 433' o ajuste quadrático permitiu identificar a dose mais efetiva de 213 g de Zn 100 Kg⁻¹ de sementes, 2,7 mL, sendo que doses maiores provocaram uma redução de matéria seca (PLETSCH et al. 2014).

O comprimento radicular de plântula ajustou-se ao modelo quadrático, com elevado coeficiente de determinação (Figura 3), atingindo ponto de máximo estimado na concentração de 28,5 g de Zn 100 Kg⁻¹

de sementes, caracterizando um incremento de 23,6% em relação a testemunha. Após o ponto de máximo, a curva tende a estabilizar até a concentração de 36 g de Zn 100 Kg⁻¹ de sementes, decrescendo após esta concentração, e apresentando um decréscimo de 9% em relação ao ponto de máximo na maior concentração estudada. O aumento no comprimento radicular de plântulas devido a utilização de Zn, no tratamento de sementes, é explicado pelo fato de o Zn estar envolvido nos processos de síntese do aminoácido triptofano. Este aminoácido é responsável

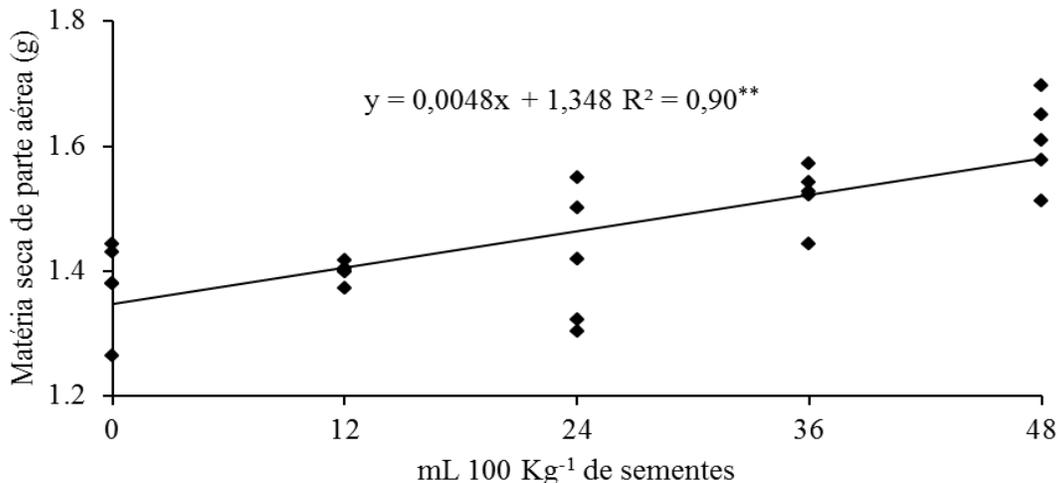


Figura 2. Acúmulo de matéria seca de parte aérea de plântulas de feijão provenientes de sementes tratadas com zinco, significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Pelotas, RS, 2014.

* e ** significativos a 5 e 1%, respectivamente.

Figure 2. Dry matter of aerial parts of bean seedlings from seeds treated with zinc, significant at 5% probability level for the F test. Pelotas, RS, 2014.

* and ** significant at 5 and 1%, respectively.

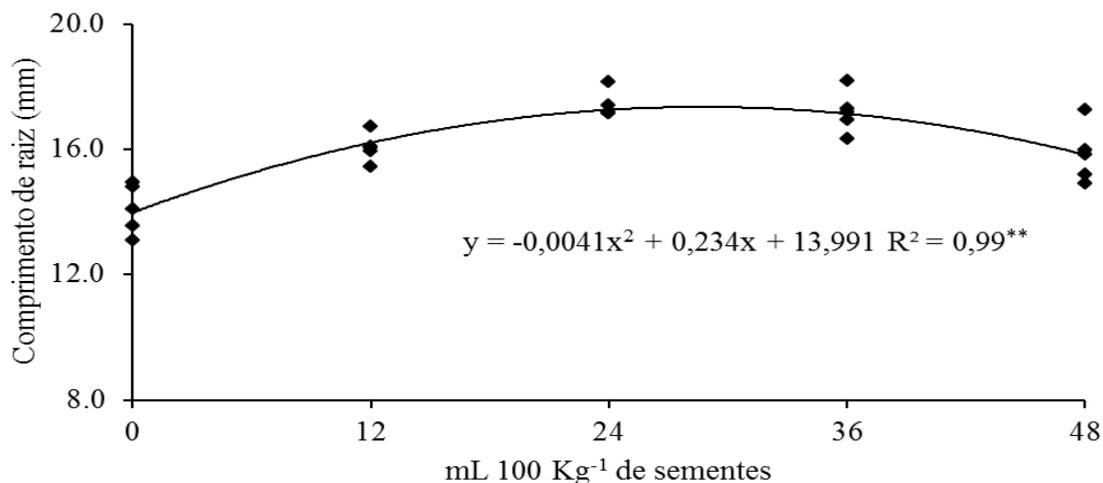


Figura 3. Comprimento radicular de plântulas de feijão provenientes de sementes tratadas com zinco, significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Pelotas, RS, 2014.

* e ** significativos a 5 e 1%, respectivamente.

Figure 3. Root length bean seedlings from seeds treated with zinc, significant at 5% probability level for the F test. Pelotas, RS, 2014. * and ** significant at 5 and 1%, respectively.

pela indução da produção de hormônios vegetais do tipo auxina, sendo esses compostos responsáveis pela diferenciação e alongamento das células da raiz (OVERVOORDE et al. 2010).

O comprimento de parte aérea ajustou-se ao modelo quadrático, com elevado coeficiente de determinação (Figura 4), atingindo o ponto de máximo estimado na concentração de 38 g de Zn 100 Kg⁻¹ de sementes, caracterizando um incremento de 26% em relação a testemunha. Esta resposta quadrática é bastante interessante, pois, evidencia que concentrações maiores que 38 g de Zn 100 kg⁻¹ de sementes já podem causar algum dano ao desempenho das plântulas no campo. No tratamento de sementes de canola com zinco, as respostas de duas cultivares de canola ao tratamento de sementes se adequaram a modelos quadráticos, entretanto apresentaram reduções no desenvolvimento de parte aérea somente em doses acima de 236 g de Zn 100 Kg⁻¹ de sementes (PLETSCH et al. 2014). Benefícios da aplicação de Zn também foram encontrados para sementes de arroz no comprimento da parte aérea de plântulas, em que a dose de 57 g de Zn 100 Kg⁻¹ de sementes promoveu o máximo crescimento da parte aérea de plântulas, e posteriormente, conforme o aumento da dose de Zn em tratamento de sementes também reduziu o crescimento de parte aérea (FUNGUETTO et al. 2010). O crescimento vegetal é regulado por diferentes hormônios vegetais, tendo as auxinas grande participação no processo de crescimento. O Zn

participa de diferentes rotas metabólicas nos vegetais, uma destas rotas é a síntese de ácido indolacético (AIA), uma auxina, cuja sua principal função é de participar do crescimento vegetal (TAIZ & ZEIGER 2010).

Os teores de Zn e Mn nas folhas de feijão foram influenciados significativamente pelo tratamento de sementes com Zn, demonstrando que este proporciona efeitos na absorção de nutrientes pelas plântulas de feijoeiro quando aplicado via tratamento de sementes.

O teor de Zn nas plântulas apresentou tendência linear crescente conforme aumento da concentração utilizada (Figura 5), apresentando um incremento de 14, 28, 42 e 55% nas concentrações de 12, 24, 36 e 48 g de Zn 100 Kg⁻¹ de sementes, respectivamente. Acréscimos lineares do teor de Zn em folhas de feijoeiro, com aplicação via foliar de diferentes doses de cloreto ou sulfato de Zn, já foram detectados em trabalhos realizados por outros autores (TEIXEIRA et al. 2008). Aumento no teor foliar de Zn através de tratamento de sementes com sulfato de Zn já foram relatados em trabalhos com sementes de milho (PRADO et al. 2007). Analisando o teor foliar de manganês, pode-se concluir que o manganês e o Zn tiveram uma relação de antagonismo na absorção, pois os teores foliares dos dois micronutrientes comportaram-se opostamente conforme o aumento da dose de Zn em tratamento de sementes. O manganês apresentou tendência linear decrescente em resposta ao aumento da dose do produto (Figura

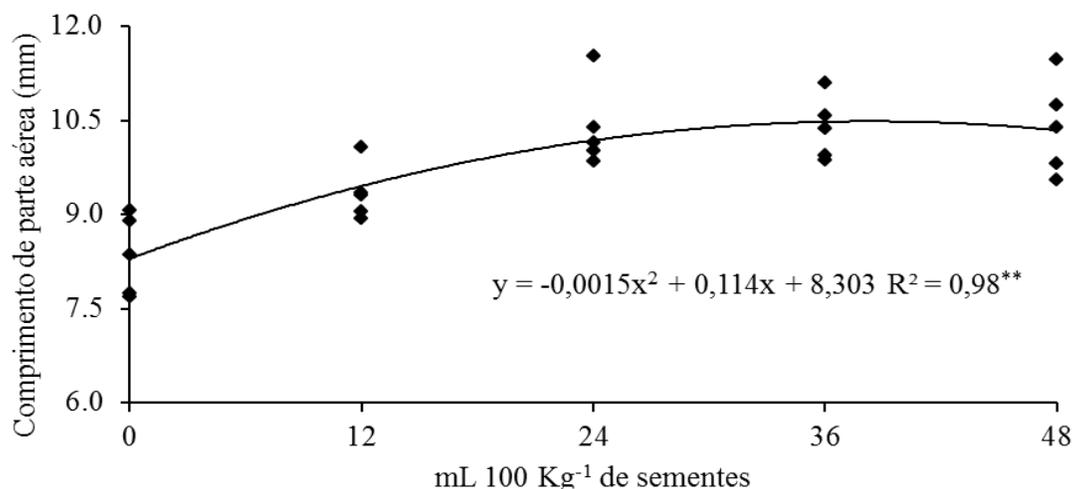


Figura 4. Comprimento de parte aérea de plântulas de feijão provenientes de sementes tratadas com zinco, significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Pelotas, RS, 2014.

* e ** significativos a 5 e 1%, respectivamente.

Figure 4. Shoot long bean seedlings from seeds treated with zinc, significant at 5% probability level for the F test. Pelotas, RS, 2014.

* and ** significant at 5 and 1%, respectively.

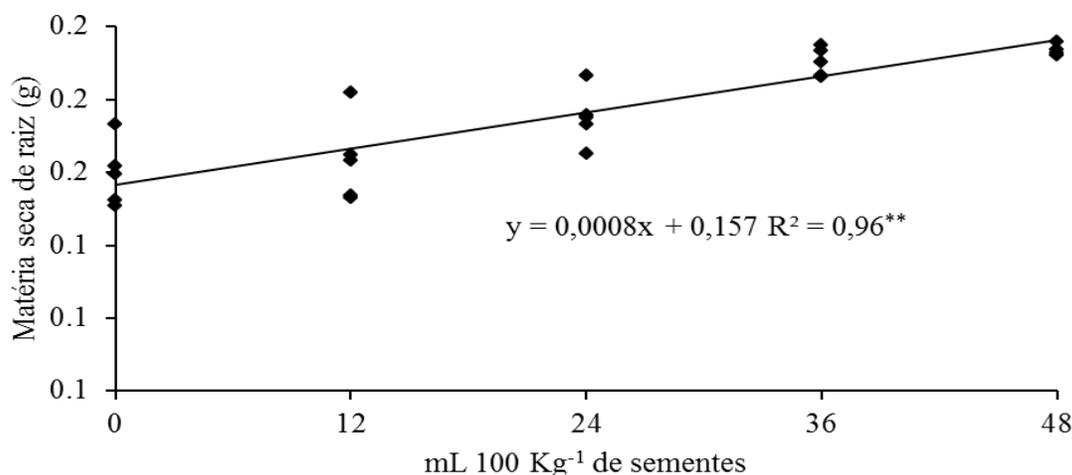


Figura 5. Teor dos micronutrientes Zn e Mn em plântulas de feijão provenientes de sementes tratadas com zinco, aos 15 dias após sementeira, significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Pelotas, RS, 2014. * e ** significativos a 5 e 1%, respectivamente.

Figure 5. Content of Zn and Mn in bean seedlings from seeds treated with zinc, 15 days after sowing, significant at 5% probability level for the F test. Pelotas, RS, 2014.

** and ** significant at 5 and 1%, respectively.*

5), observando-se uma redução de 6, 11, 17 e 22% nas concentrações de 12, 24, 36 e 48 g de Zn 100 Kg⁻¹ de sementes, respectivamente. O tratamento de sementes de feijão com Zn promove redução no teor foliar de manganês, porém este fato não prejudicou o desempenho das sementes.

CONCLUSÃO

O tratamento de sementes com Zn não afeta significativamente a germinação, mas afeta a qualidade fisiológica como crescimento de raízes e parte aérea, de maneira dependente da dose de Zn empregada sobre sementes de feijão da cultivar BRS Expedito.

O tratamento de sementes com Zn promove o crescimento de plântulas, nas concentrações de 28 a 38 g de Zn 100 Kg⁻¹ de sementes e, a produção de matéria seca de plântulas, até a concentração de 48 g de Zn 100 Kg⁻¹ de sementes de feijão da cultivar BRS Expedito.

O teor foliar de Zn é afetado positivamente e o de manganês é reduzido devido a utilização de concentrações de Zn de até 48 g 100 Kg⁻¹ de sementes no tratamento de sementes.

REFERÊNCIAS

ANTUNES IF et al. 2007. BRS Expedito: nova cultivar de feijão de grãos pretos. Pesquisa Agropecuária Brasileira

42: 135-136.

BRASIL 2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regras para Análise de Sementes. Brasília: MAPA/ACS, 395p.

CHERIF J et al. 2010. Analysis of in vivo chlorophyll fluorescence spectra to monitor physiological state of tomato plants growing under zinc stress. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology 101: 332-339.

FUNGUETTO CI et al. 2010. Desempenho de sementes de arroz irrigado recobertas com zinco. Revista Brasileira de Sementes 32: 117-123.

HAFEEZ B et al. 2013. Role of zinc in plant nutrition - A Review. American Journal of Experimental Agriculture 3: 374-391.

KABATA-PENDIAS A. 1985. Trace elements in soils and plants. Boca Raton: CRC Press. 315p.

KIKUTI ALP et al. 2002. Armazenamento e qualidade fisiológica de sementes de algodão submetidas ao condicionamento osmótico. Ciência e Agrotecnologia 26: 439-443.

LOEFFLER NL. 1985. Comparison of two cold test procedures for use in maize drying studies. Seed Science and Technology 13: 653-658.

LOPES AS & SOUZA ECA. 2001. Filosofias e eficiência de aplicação. In: FERREIRA ME et al. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPq: FAPESP: POTAFOS. p.255-282.

LUCHESE AV et al. 2004. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. Ciência Rural 34: 1949-1952.

MAGUIRE JD. 1962. Speed of germination aid in selection

- and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2: 176-177.
- MARSCHNER H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. San Diego: Academic. 889p.
- NAKAGAWA J. 1994. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA RD & CARVALHO NM de. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP. p. 49-85.
- NAKAGAWA J. 1999. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI FC et al. (Eds.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES. 2: 2.1-2.24.
- NONOGAKI H et al. 2010. Germination - Still a mystery. *Plant Science* 179: 574-581.
- NUNES JC. 2005. Tratamento de semente, qualidade e fatores que podem afetar a sua performance em laboratório. Londrina: Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. 16p.
- OHSE S et al. 2012. Germinação e vigor de sementes de melancia tratadas com zinco. *Revista Brasileira de Sementes* 34: 282-292.
- OLIVEIRA S et al. 2014. Tratamento de sementes de *Avena sativa* L. com zinco: qualidade fisiológica e desempenho inicial de plantas. *Semina: Ciências Agrárias* 35: 1131-1142.
- OVERVOORDE P et al. 2010. Auxin control of root development. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology* 2: 1-16.
- PANOZZO LE et al. 2009. Comportamento de plantas de soja originadas de sementes de diferentes níveis de qualidade fisiológica. *Revista da FZVA* 16: 32-41.
- PLETSCH A et al. 2014. Tratamento de sementes de canola com zinco. *Revista de Ciências Agrárias* 37: 241-247.
- PRADO RM et al. 2007. Fontes de zinco aplicado via semente na nutrição e crescimento inicial do milho cv. Fort. *Bioscience Journal* 23: 16-24.
- RUBIN SAL et al. 1995. Tratamento de sementes de soja com micronutrientes. *Ciência Rural* 25: 39-42.
- RUFINO CA et al. 2013. Treatment of wheat seed with zinc, fungicide, and polymer: seed quality and yield. *Journal of Seed Science* 35: 106-112.
- SCHEEREN BR et al. 2010. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes* 32: 35-41.
- SCHUCH LOB et al. 2009. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. *Revista Brasileira de Sementes* 31: 144-149.
- SMIDERLE OJ et al. 2008. Tratamento de sementes de feijão com micronutrientes embebição e qualidade fisiológica. *Revista Agro@ambiente On-line* 2: 22-27.
- TAIZ L & ZEIGER E. 2010. *Plant Physiology*. 5.ed. Sinauer Associates. 782p.
- TAVARES LC et al. 2013a. Physiological performance of wheat seeds coated with micronutrients. *Journal of Seed Science* 35: 28-34.
- TAVARES LC et al. 2013b. Desempenho de sementes de soja sob deficiência hídrica: rendimento e qualidade fisiológica da geração F1. *Ciência Rural* 43: 1357-1363.
- TEDESCO MJ et al. 1995. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 174p.
- TEIXEIRA IR et al. 2008. Fontes e doses de zinco no feijoeiro cultivado em diferentes épocas de semeadura. *Acta Scientiarum. Agronomy* 30: 255-259.
- WILCOX GE & FAGERIA NK. 1976. Deficiências nutricionais do feijão, sua identificação e correção. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP. 22p.
- YAGI R et al. 2006. Aplicação de zinco via sementes e seu efeito na germinação, nutrição e desenvolvimento inicial do sorgo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 41: 655-660.