

Qualidade fisiológica de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) tratadas com zinco e cobre

Augustinho Borsoi¹, Paulo Ricardo Lima¹, Angela Laufer Rech¹, Gustavo Ferreira Coelho¹, Leonardo Strey¹, Vandeir Francisco Guimarães¹

¹Universidade Estadual Do Oeste Do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Rua Pernambuco, 1777 - Caixa Postal: 91, CEP: 85960-000 - Marechal Cândido Rondon – PR, Brasil.

augustinho.borsoi@outlook.com, paulorikardoo@hotmail.com, angelalaufer@yahoo.com.br, gf_coelho@yahoo.com.br, leonardostrey@yahoo.com.br, vandeirfg@yahoo.com.br

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de micronutrientes Cu e Zn na germinação de sementes de crambe. O experimento foi conduzido no laboratório de sementes da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Candido Rondon/PR. O delineamento experimental utilizado foi um DBC em esquema fatorial (2 x 5), com 4 repetições. Os tratamentos foram combinações de dois micronutrientes (Zn e Cu) e cinco doses (0; 1; 2; 4 e 8 g kg⁻¹ de semente), aplicados nas sementes. O estudo foi conduzido segundo as normas da Regra de Análise de Sementes (RAS), utilizando areia como substrato para avaliação do índice de velocidade de germinação (IVE), % de germinação, altura e massa fresca de plântulas. Para índice de velocidade de emergência e altura de plântulas foi verificado interação significativa entre micronutriente e dose, onde os fatores atuam em conjunto influenciando a emergência, com destaque para o cobre que obteve maior IVE em relação ao zinco. Já para a massa fresca de plântulas o cobre proporcionou maior produção de massa, independente da dose aplicada. As diferentes doses de Zn e Cu não influenciaram significativamente o percentual de germinação da semente de crambe.

Palavras-chave: micronutriente, oleaginosa, nutrição vegetal.

Physiological quality of seeds of crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) treated with zinc and copper

Abstract: The objective of this study was to evaluate the effect of micronutrients Cu and Zn on seed germination of crambe. The experiment was conducted in the seed laboratory of the State University of Western Paraná, Marechal Candido Rondon/PR. The experimental design was a DBC in factorial (2x5) with 4 replications. The treatments were combinations of two micronutrients (Zn and Cu) and five doses (0; 1; 2; 4 and 8 g kg⁻¹ seed), applied as seed. The study was conducted according the standards of the analysis rule of seeds (RAS) using sand as a substrate to evaluate the germination speed index (EVI), % germination, height and fresh weight of seedlings. To emergence speed index and seedling height was observed significant interaction between dose and micronutrient where factors work together to influence the emergence, especially the IVE with highest copper than zinc. As for the fresh weight of seedlings copper produced higher mass, independent of the applied dose. The different doses of Zn and Cu did not significantly influence the percentage of seed germination of crambe.

Keywords: micronutrient, oilseed, vegetable nutrition.

Introdução

O *Crambe abyssinica* Hochst, conhecido como crambe, é uma oleaginosa pertencente à família das crucíferas, cujas sementes contêm cerca de 38 a 40% de óleo não comestível, representando assim, uma excelente alternativa para complementar a matriz de óleos vegetais para a produção de biodiesel (Pitol et al., 2010).

A cultura do crambe vem ganhando importância no Brasil devido a sua aptidão principalmente para a produção de biodiesel e potencial para plantio entre os meses de abril e maio, caracterizando safrinha na região centro-oeste (Teixeira et al., 2011), tendo como características tolerância à seca e geada, e ainda, precocidade no ciclo com duração de aproximadamente 90 dias, além de suas sementes poderem ser cultivadas em todo o mundo (Rogério et al., 2013).

Tendo-se em vista o potencial promissor do crambe para a produção de biodiesel e as suas características consideradas rústicas no campo, esta cultura voltou a ser pesquisada e ter destaque no cenário nacional. Contudo, trabalhos relacionados à qualidade fisiológica das sementes e capacidade produtiva desta espécie ainda são bastante escassos e, portanto, as dúvidas são muito frequentes (Cardoso et al., 2012).

Para se obter altas produtividades é necessário que sementes de qualidade sejam semeadas e, para produção destas, as plantas produtoras devem receber tratamentos adequados, como a adubação equilibrada de acordo com as necessidades da cultura, tanto para macronutrientes como para micronutrientes, que na maioria dos casos não recebem a atenção necessária (Santos et al., 2008).

O tratamento de sementes é uma alternativa para a aplicação de alguns micronutrientes, com resultados amplamente positivos para certas condições específicas (Avila et al., 2006). O tratamento de sementes com micronutrientes baseia-se no princípio da translocação dos mesmos da semente para a planta. Assim, a reserva de zinco e cobre, por exemplo, torna-se importante fonte para a nutrição da planta, prevenindo o aparecimento de sintomas iniciais de deficiência, além destes micronutrientes apresentarem ação fungicida (Ribeiro e Santos, 1996; Ohse et al., 2012).

Dentre os micronutrientes, o zinco é o que mais frequentemente se mostra deficiente em solos brasileiros (Funguetto et al., 2010). O zinco é um nutriente importante na nutrição de plantas, presente em mais de 80 proteínas, além de ser um grande ativador enzimático, a exemplo do seu envolvimento na anidrase carbônica, dismutase de superóxido, desidrogenase de álcool e síntese do ácido indol acético (AIA) (Malavolta, 2006). Algumas proteínas são responsáveis pela transcrição do DNA, onde o zinco desempenha o papel de regular a conformação do domínio da proteína e, portanto a deficiência de zinco provoca inibição severa no crescimento das plantas (Epstein e Bloom, 2006).

Já o cobre é componente de várias enzimas, encontra-se predominantemente no cloroplasto, fazendo parte da plastocianina, sendo a sua deficiência afeta diretamente no transporte eletrônico na

cadeia da fotossíntese, e conseqüentemente na taxa fotossintética, na concentração de amido e de carboidratos solúveis, resultando em redução da produção de matéria seca (Mengel e Kirkby, 1987; Kerbauy, 2004). Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de micronutrientes Cu e Zn, na germinação de sementes de *C. abyssinica* Hochst.

Material e métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Sementes e Mudanças na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* de Marechal Cândido Rondon. A cultivar de crambe utilizada foi a FMS Brilhante, da Fundação MS.

Para a condução do experimento adotou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (2 X 5), sendo 2 micronutrientes: Zn ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) e Cu ($CuSO_4 \cdot 7H_2O$); e 5 doses de cada micronutriente: 0; 1; 2; 4; e 8 g de micronutriente kg^{-1} de semente. O teste de germinação foi realizado em substrato areia, conforme as normas da Regra de Análise de Sementes - RAS (Brasil, 2009).

Para a aplicação dos produtos às sementes, realizou-se inicialmente a dissolução das fontes e doses em 100 mL de água destilada e deionizada, sendo esta solução aplicada em 5 g de sementes. As testemunhas também foram umedecidas com o mesmo volume de água destilada e deionizada. Após intensa agitação manual das sementes, o excesso de solução foi retirado e as sementes secas à sombra.

Para avaliar o efeito da aplicação dos micronutrientes e de suas respectivas doses realizaram-se os testes de germinação, índice de velocidade de emergência, altura de plântulas e massa fresca de plântulas.

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi efetuado conjuntamente com o teste de germinação, em que, a partir do terceiro dia após a semeadura, foram realizadas contagens do número de sementes germinadas diariamente, até o oitavo dia. O índice de velocidade de germinação foi calculado de acordo com Maguire (1962).

Para altura de plântulas foram coletadas 10 plantas de cada repetição, obtido sua altura através de régua graduada e calculado a altura média por repetição. A massa fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular de plântulas normais, referente a cada tratamento, foi obtida coleta de 10 plantas por repetição, que foram pesadas em balança de precisão para obtenção da sua massa.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de significância. Os dados de porcentagem de germinação e altura de plântulas foram transformados ($\sqrt{x + 0,5}$), porém foram apresentados os dados originais. Quando houve significância, as médias foram ajustadas por análise de regressão para as doses e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação entre os micronutrientes.

Resultados e discussão

Conforme os dados da análise de variância (Tabela 1), pode-se verificar que para porcentagem de germinação não houve diferença significativa entre os micronutrientes e as diferentes doses aplicadas, demonstrando não haver influencia do uso destes no tratamento de sementes para melhorar a porcentagem de germinação.

Tabela 1. Análise de variância e quadrado médio para índice de velocidade de germinação (I.V.E.), porcentagem de germinação (%G.), altura de planta (A.P.) e massa fresca de plântula (M.F.P.) de sementes de crambe tratadas com diferentes doses de zinco e cobre

Tratamentos	Quadrado médio			
	I.V.E.	%G.	A.P.	M.F.P.
Micronutriente	21,258 *	0,255 ^{ns}	0,356 *	0,651 *
Doses	6,935 *	0,038 ^{ns}	0,051 *	0,024 ^{ns}
M x D	3,565 *	0,123 ^{ns}	0,066 *	0,002 ^{ns}
Erro	0,743	0,063	0,002	0,011

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo.

Para o índice de velocidade de emergência e altura de plântulas foi verificado diferença significativa para a interação micronutriente e dosagens, sendo desdobrados os micronutrientes dentro de dosagens por meio da análise de regressão. Para massa fresca de plântulas, as diferentes doses de micronutrientes não influenciaram a massa fresca, bem como a interação doses e micronutriente. Já para os micronutrientes Zn e Cu houve diferença significativa e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Garcia et al. (2011) estudando a aplicação de Zn e Cu em soja, relataram que a população de plantas, onde as médias obtidas não foram significativas, e que Zn e Cu não influenciaram na germinação das sementes, resultado semelhante foi encontrado por Vieira et al. (1987), onde estudando o efeito da adubação de zinco sobre a qualidade fisiológica da semente de soja, constatou que não houve aumento no percentual de germinação. Em experimento conduzido por Teixeira et al. (2005), em feijoeiro, também mostrou que zinco não influenciou na qualidade fisiológica das sementes de feijão.

Como observado na Tabela 1, a análise de variância mostrou diferenças significativas em relação à influência das fontes de doses de Cu e Zn no índice de velocidade de emergência das sementes de crambe. Portanto, realizou-se a análise de regressão para a determinação das equações e seus respectivos coeficientes de determinação (Figura 1), sendo possível determinar as doses de Cu e Zn pelas quais se obteve maiores valores de IVE para as sementes de crambe.

Em ambos os casos pode ser observada uma elevação nos valores de IVE das sementes de crambe, seguidas de um decréscimo com o aumento das doses aplicadas. A partir dos dados obtidos na

Figura 1, pode-se inferir que o tratamento com o micronutriente Cu possibilitou valores superiores de IVE em relação à aplicação de Zn nas sementes de crambe. As doses ideais de Cu e Zn obtidas foram de 5,78 e 3,61g de micronutriente por kg de sementes, respectivamente.

Na Figura 1 são apresentados os dados do índice de velocidade de emergência para sementes de crambe tratadas com Zn e Cu em diferentes doses.

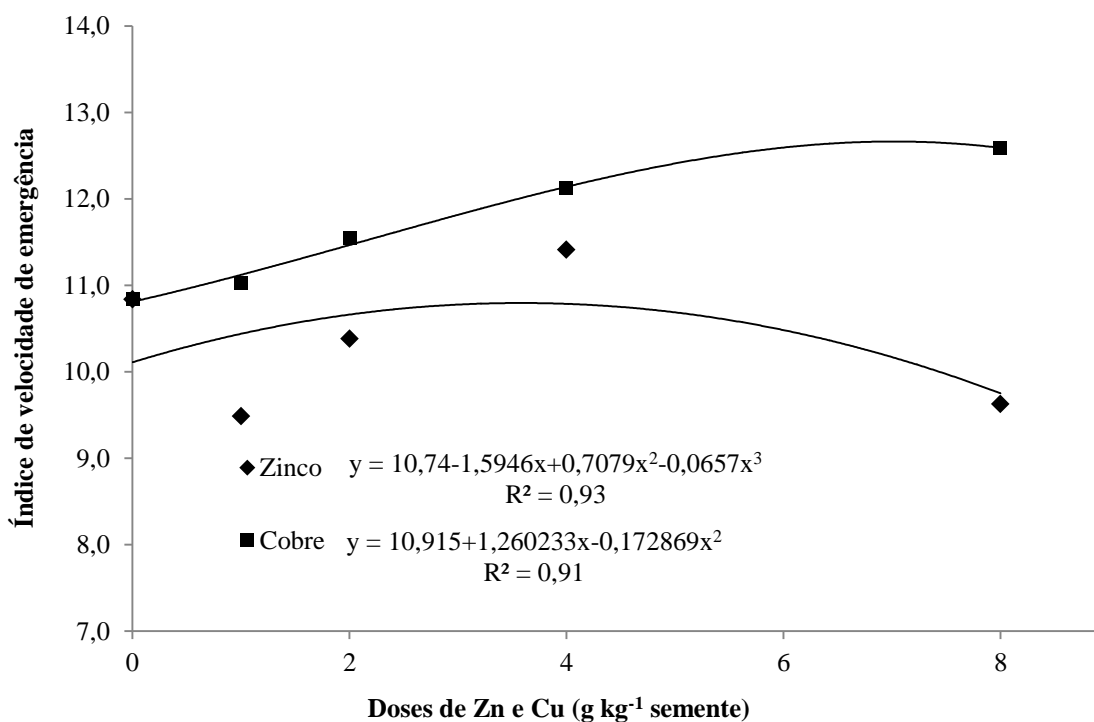


Figura 1. Efeito das doses de Zn e Cu no índice de velocidade de emergência (IVE) das sementes de crambe.

Dados referentes aos efeitos do Cu na germinação e emergência de plantas são escassos na literatura. No entanto, é conhecido que o Cu é componente de várias enzimas, encontrando-se predominantemente no cloroplasto, fazendo parte das plastocianinas, as quais atuam no transporte de elétrons nos sistemas fotossintéticos (Marschner, 1986; Mengel e Kirkby, 1987; Ferreira e Cruz, 1991; Santos, 1996). Santos et al. (2008) em trabalho com diferentes doses de Cu e Zn, observaram que, ao tratar sementes de sorgo com estes micronutrientes, houve também o incremento no índice de velocidade de germinação (IVE).

O fato de o IVE reduzir a partir da dose de máxima eficiência de Zn, reside no fato deste micronutriente ser requerido em baixas quantidades, apresentando assim uma estreita faixa entre o efeito benéfico e o efeito tóxico (Malavolta, 2006). O efeito benéfico do Zn pode estar associado ao fato deste micronutriente ativar as enzimas desidrogenases, aldolases, enolases e isomerases,

intensificando a respiração e a produção de ATP para os processos metabólicos que necessitam de energia, bem como o fornecimento de precursores para várias rotas biossintéticas.

Além disso, o Zn também ativa as peptidases, intensificando a hidrólise das proteínas de reserva e, com isso, a suplementação de esqueletos carbônicos ao eixo embrionário, acelerando seu crescimento. O Zn ativa também as DNA e RNA polimerases e, assim, a síntese de proteínas pelo eixo do embrião, o qual originará a plântula. Além disso, o Zn é necessário para a síntese de auxina, fitormônio que participa do processo de divisão e alongamento celular (Marenco e Lopes, 2007; Taiz e Zeiger, 2009). Todos estes processos sendo intensificados, o crescimento e desenvolvimento do eixo embrionário serão também acelerados, estando a semente menos suscetível a fatores adversos, podendo, com isso, afetar positivamente a germinação, tanto a porcentagem quanto a velocidade (Ohse et al., 2012).

Na Figura 2 são apresentados os dados da altura de plântulas de crambe para sementes tratadas com Zn e Cu em diferentes doses.

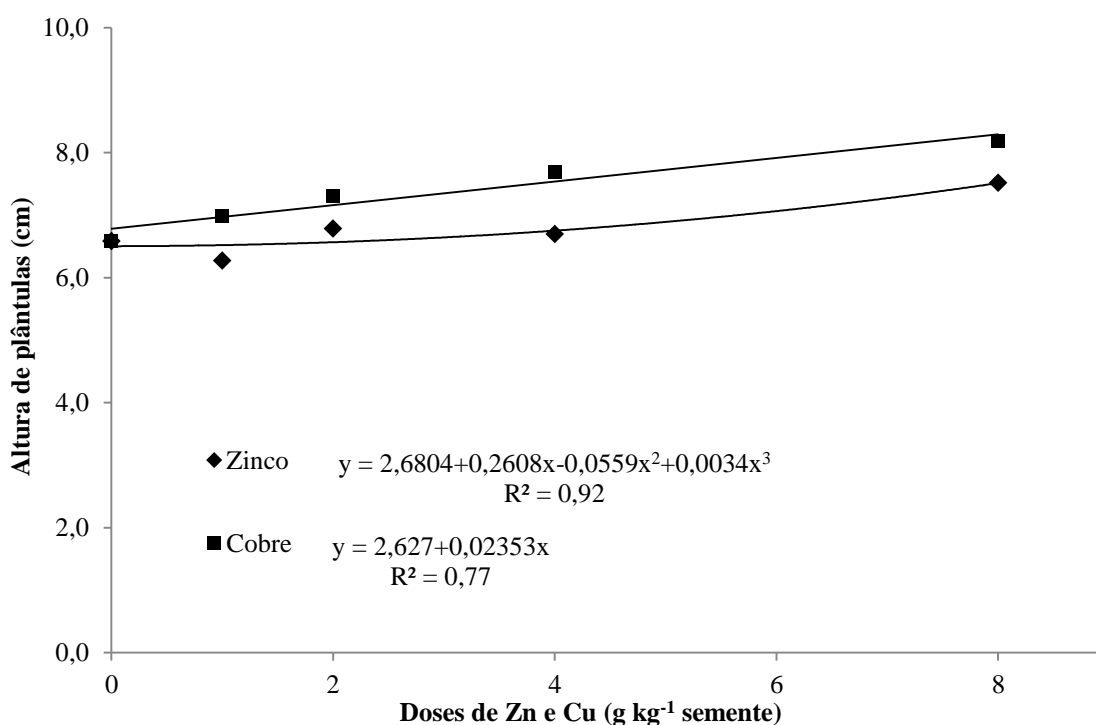


Figura 2. Altura de plântulas de crambe em função da aplicação de Zn e Cu na semente.

Analisando a Figura 2 verifica-se que, as plântulas originadas de sementes tratadas com cobre apresentaram maior altura em relação às plantas tratadas com zinco. As doses de cobre resultaram em uma equação de regressão linear, ou seja, dentre as doses testadas (0 a 8 g kg⁻¹ semente) não foi possível obter um ponto de máximo, em que o cobre provocasse redução na altura pela fitoxidez.

De acordo com Gonçalves et al. (2007), embora necessário em pequenas quantidades, o zinco é indispensável para completar o ciclo da cultura e quando administrado em quantidade menor que o necessário, pode reduzir o rendimento das culturas.

Os dados referentes à produção de massa fresca de plântulas (Tabela 2) indicaram diferença na resposta dos micronutrientes revelando a importância destes elementos nas características fisiológicas das sementes, sendo que a aplicação do Cu apresentou maior massa fresca de plântulas em relação a aplicação de Zn.

Tabela 2 – Massa fresca de plântulas de crambe em resposta a aplicação de Zn e Cu na semente

Micronutrientes	Massa fresca plântula (g)
Zn	0,74 b
Cu	0,99 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Este resultado se difere do trabalho de Oliveira et al., (2010) que testando aplicações de Cu e Zn em sementes de mamona (*Ricinus communis* L.) encontraram uma maior massa fresca de plântulas para o tratamento utilizando o Zn. Possivelmente, em relação a massa fresca de plântulas, sementes de crambe respondem melhor em função da aplicação de Cu do que em relação ao Zn, porém, é necessário mais pesquisas afim de justificar a utilização de ambos os micronutrientes testados neste trabalho em sementes de crambe visando a melhoria de sua germinação.

Conclusões

A porcentagem de germinação das sementes de crambe não foi influenciada pelos micronutrientes Cu e Zn.

As maiores doses de Cu e Zn aplicadas proporcionaram maior altura de plântulas e IVE, exceto o Zn para a IVE, onde a dose de 4 g obteve maior índice.

Os tratamentos com Cu também propiciaram maiores valores de massa fresca de plântulas, em relação ao Zn, independente da dose aplicada.

Referências

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; MARTORELLI, D. T.; ALBRECHT, L. P.; FACIOLLI, F. S. Qualidade fisiológica e produtividade das sementes de milho tratadas com micronutrientes e cultivadas no período de safrinha. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 535-543, 2006.

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.
- CARDOSO, R. B.; BINOTTI, F. F. da S.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 3, p. 272-278, 2012.
- EPSTEIN, E.; BLOOM A.J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2 ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2005. 400p
- FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafós/CNPq, 1991. 734 p.
- FUNGUETTO, C. I.; PINTO, J. F.; BAUDET L.; PESKE, S. T. Desempenho de sementes de arroz irrigado recobertas com zimco. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2 p. 117-123, 2010.
- GARCIA, G. G.; SILVA, T. R. B.; SECCO, D. Épocas de aplicação e doses de fertilizante a base de cobre e zinco no rendimento de grãos de soja. **Cultivando o Saber**, v. 2, n. 4, p. 18-25, 2009.
- GONÇALVES Jr., A. C.; TRAUTMANN, R. R.; MARENGON, N. G.; RIBEIRO, O. L.; SANTOS, A. L. Maize yield in response to fertilization with NPK and Zn in Argilossolo Red-Yellow Oxisol and eutrophic. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1231-1236, 2007.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2004. 452p.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal**. 2ed. Viçosa: Editora UFV. 2007. 469p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 671p.
- MENGEL, K.; KIRBY, A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- OHSE, S.; MARODIM, V.; SANTOS, O. S.; LOPOES, S. J.; MANFRON, A. Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. **Revista da FZVA**, v. 7/8, n. 1, p. 41-50, 2001.
- OHSE, S.; REZENDE, B. L. A.; LISIK, D.; OTTO, R. F. Germinação e vigor de sementes de melancia tratadas com zinco. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 2, p. 288-292, 2012.
- OLIVEIRA, R. H.; SOUZA, M. J. L.; MORAIS, O. M. M. GUIMARÃES, B. V. C.; PEREIRA JÚNIOR, H. A. Potencial fisiológico de sementes de mamona tratadas com micronutrientes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 701-707, 2010.
- PITOL, C.; BROCH, D. L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e produção: Crambe**. Maracajú: Fundação MS, 2010. 60 p.
- RIBEIRO, N. D.; SANTOS, O. S. Aproveitamento do zinco aplicado na semente na nutrição da planta. **Ciência Rural**, v. 26, n. 1, p. 159-165, 1996.

ROGÉRIO, F.; SILVA, T. R. B.; SANTOS, J. I.; POLETINE, J. P. Phosphorus fertilization influences grain yield and oil content in crambe. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p.266-268, 2013.

SANTOS, H. C.; VIANA, J. S.; GONÇALVES, E. P.; BRUNO, R. L. A.; FRAGA, V. S. Qualidade fisiológica de sementes de sorgo em resposta a adubação com zinco. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, p. 64-74, 2008.

SANTOS, O. S. **Problemas com micronutrientes na agricultura**. (ED.). Santa Maria: UFSM, 1996. 153p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. São Paulo: Editora ARTMED, 2009. 719p.

TEIXEIRA, I.R.; BORÉM, A.; ARAÚJO, G.A.A.; ANDRADE, M.J.B. Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com manganês e zinco. **Bragantia**, v. 64, n. 1, p. 83-88, 2005.

TEIXEIRA, R. N.; TOLEDO, M. Z.; FERREIRA, G.; CAVARIANI, C.; JASPER, S. P. Germinação e vigor de sementes de crambe sob estresse hídrico. **Irriga**, v. 16, n. 1, p. 42-51, 2011.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M.; BUZETTI, S. Efeito da adubação com zinco sobre a qualidade fisiológica de semente de soja. **Revista Brasileira de sementes**, v. 9, n. 1, p. 107-111, 1987.