

## Potencial fisiológico de sementes de soja em diferentes doses e épocas de aplicação de zinco

Fernando Castro de Oliveira<sup>1</sup>, Cleiton Gredson Sabin Benett<sup>1</sup>, Katiane Santiago Silva Benett<sup>1</sup>, Natália Arruda<sup>1</sup>, Bruna do Carmo Vieira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri, Ipameri, Goiás, Brasil. E-mail: castrodeoliveira.10@gmail.com, cleiton.benett@gmail.com, katiane.benett@gmail.com, nathy.a@hotmail.com

<sup>2</sup> Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, Urutaí, Goiás, Brasil. E-mail: bruna03\_@hotmail.com

Recebido: 28/10/2017; Aceito: 01/11/2017

### RESUMO

A soja é uma das culturas mais importantes do mundo, porém, quando cultivada em solos com deficiências de nutrientes pode influenciar negativamente no potencial fisiológico das sementes. O objetivo desta pesquisa é avaliar o efeito de doses e épocas de aplicação de zinco no potencial fisiológico de sementes de soja, cultivada em solo da região do Cerrado. O experimento foi instalado no município de Ipameri – Goiás, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 (épocas V9 e R1) x 5 (doses 0, 3, 6, 9 e 12 kg ha<sup>-1</sup> de zinco), com quatro repetições. Para avaliar o potencial fisiológico das sementes foi realizado o teste de germinação, os testes tradicionais de vigor para espécie e o teste de tetrazólio. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e para analisar as doses de Zn utilizou-se a análise de regressão. As diferentes doses de Zn e épocas de aplicação não influenciaram no potencial fisiológico das sementes de soja, porém influenciou positivamente para a massa de 100 sementes e o teste de envelhecimento acelerado.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L.), micronutrientes, germinação, vigor de semente.

### Physiological potential of soybean seeds in different doses and times of zinc application

#### ABSTRACT

Soybeans are one of the most important crops in the world, but when grown on soils with nutrient deficiencies can adversely influence the physiological potential of the seeds. The objective of this research was to evaluate the effect of doses and times of application of zinc on the physiological potential of soybean seeds, cultivated in soil of the Cerrado region. A completely randomized design was used in factorial scheme 2 (times V9 and R1) x 5 (doses 0, 3, 6, 9 and 12 kg ha<sup>-1</sup> of zinc) in the municipality of Ipameri - Goiás. with four replicates. To evaluate the physiological potential of the seeds, the germination test, the traditional vigor tests for the species and the tetrazolium test were performed. The results were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Tukey test at 5% probability and to analyze the doses of Zn was used the regression analysis. The different doses of Zn and times of application did not influence the physiological potential of the soybean seeds, but positively influenced the mass of 100 seeds and the accelerated aging test.

**Key-words:** *Glycine max* (L.), micronutrients, germination, seed vigor.

## 1. Introdução

A soja (*Glycine max* L.) é uma das culturas mais importantes do mundo, sendo utilizada, principalmente, como fonte de alimentos para humanos e animais. Sua importância econômica vem crescendo mundialmente devido a grande demanda da China por essa oleaginosa. Além de ser uma importante fonte de alimento, os grãos de soja têm sido cada vez mais usados pelas indústrias química, farmacêutica e também pela agroindústria, na produção de farelo e óleo (FREITAS, 2011).

Com a crescente demanda mundial por alimentos e o potencial de expansão das áreas agrícolas chegando ao limite, é necessário o investimento em tecnologias de produção que proporcionem um aumento de produtividade das áreas agrícolas já exploradas. De acordo com Gonçalves Júnior et al. (2010), para que ocorra incremento da produtividade de soja no Brasil, é de fundamental importância o avanço científico e tecnológico em relação ao conhecimento das exigências nutricionais dessa cultura.

Até o início da década de 1960, não havia preocupação com os micronutrientes, pois a maior parte das áreas cultivadas apresentava teores adequados desses elementos. Porém, com a expansão da agricultura para a região do Cerrado começaram a surgir problemas de deficiências de micronutrientes nas culturas, devido ao baixo teor desses elementos nos solos dessa região (INOCÊNCIO et al., 2012). Assim, nas últimas décadas, os micronutrientes passaram a despertar maior interesse dos técnicos e agricultores brasileiros (ABREU et al., 2007).

O zinco (Zn) é um dos micronutrientes mais importantes para as plantas, pois participa em diversos processos como: fotossíntese, respiração, controle hormonal, síntese de aminoácidos e de proteínas, redução do nitrato e desintoxicação de radicais livres (MARSCHNER, 2012). Dessa forma, sua deficiência causa encurtamento dos internódios, com produção de folhas pequenas, cloróticas e lanceoladas, e as folhas mais novas ficam com clorose internerval de coloração amarelo-ouro e as nervuras com cor verde escura (CHAVES et al., 2010).

A soja é classificada como cultura de média capacidade de resposta ao Zn, a acumulação de zinco na soja é lenta durante os primeiros 30 dias e alta após os 30 dias da semeadura, atingindo a máxima velocidade no período de 60 a 90 dias (MALAVOLTA et al., 1997). Desta forma, pode haver diferença na resposta da soja quando o Zn for aplicado em diferentes épocas do desenvolvimento da cultura. Porém, trabalhos de pesquisa envolvendo adubação com Zn na cultura da soja na região do Cerrado ainda são, relativamente escassos, havendo assim a necessidade de se realizar pesquisas sobre esse tema, principalmente em relação às épocas de aplicação.

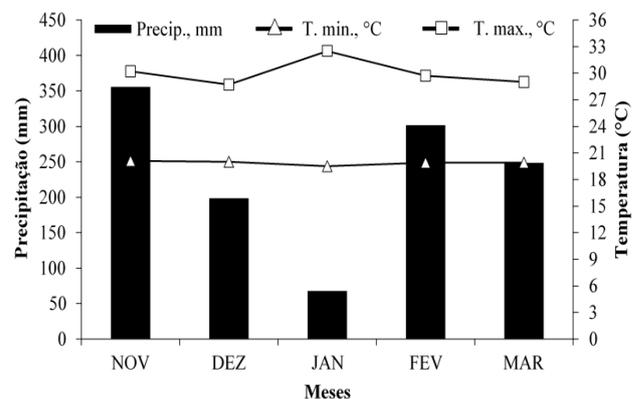
Em campos de produção de sementes de soja, há poucos experimentos relacionados à adubação e à nutrição das plantas, de modo que o emprego de fertilizantes é feito com base nos resultados obtidos para a produção de grãos. As plantas adubadas de modo adequado e equilibrado apresentam condições de produzir maior quantidade de sementes, aliadas à melhor qualidade, podendo resistir mais facilmente às adversidades que podem surgir no período de produção (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

No Brasil, são poucos os estudos sobre os efeitos dos micronutrientes sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja. O objetivo desta pesquisa é avaliar o efeito de doses e épocas de aplicação de zinco no potencial fisiológico de sementes de soja, cultivada em solo da região do Cerrado.

## 2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido em campo na safra 2014/15, na área experimental da Universidade Estadual de Goiás, Campus de Ipameri, localizada no município de Ipameri-GO com 17° 43' de latitude sul e 48° 22' de longitude oeste e altitude de 800 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger (CARDOSO et al., 2014) é definido como clima tropical (Aw) constando estação seca no inverno. Na Figura 1 são apresentadas a temperatura máxima média, temperatura mínima média e a precipitação total, de cada mês, no período em que foi conduzido o experimento.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico com textura argilosa (SANTOS et al., 2013). As características químicas da camada de 0 a 20 cm do solo, antes da instalação do experimento, segundo metodologia proposta por Ribeiro et al. (1999) foram: 6,4 mg dm<sup>-3</sup> de P (Mehlich 1); 20 mg dm<sup>-3</sup> de M.O.; 4,7 de pH (CaCl<sub>2</sub>); 0,25; 1,0; 0,4 e 3,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K, Ca, Mg e H+Al respectivamente; 0,8 mg dm<sup>-3</sup> de Zn e 32% de saturação por bases. A granulometria foi: 475, 75 e 450 g dm<sup>-3</sup> de argila, silte e areia, respectivamente.



**Figura 1.** Precipitação, temperatura máxima média e mínima média na região de Ipameri - GO. Fonte: INMET, 2016.

Antes da implantação do experimento foram coletadas amostras do solo da área na camada de 0 a 0,20 m, seguindo-se as recomendações de Ribeiro et al. (1999) para avaliação das características químicas, as quais foram apresentadas anteriormente. De acordo com a análise do solo, foi aplicada uma  $t\ ha^{-1}$  de calcário aos 30 dias antes do plantio. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial  $2 \times 5$ , sendo: duas épocas de aplicação de zinco [(estádio V9 (oitava folha trifoliolada completamente desenvolvida) e R1 (início do florescimento)] e cinco doses (0, 3, 6, 9 e  $12\ kg\ ha^{-1}$  de zinco), com quatro repetições; a fonte de zinco utilizada foi o sulfato de zinco (20% de Zn), aplicado via solo.

A semeadura foi realizada no dia 20 de novembro de 2014 utilizando uma semeadora para plantio direto com oito linhas e espaçamento entre linhas de 0,45 m. A adubação de base foi realizada simultaneamente à semeadura aplicando-se a quantidade indicada na análise de solo;  $350\ kg\ ha^{-1}$  do formulado 02-20-18, equivalente à aplicação de  $7\ kg\ ha^{-1}$  de N,  $70\ kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  e  $63\ kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$ .

Foi utilizada a cultivar M 7739 IPRO com uma população aproximada de 290 mil plantas  $h^{-1}$ . As sementes foram tratadas com inseticida, fungicida e inoculante de rizóbio. O adubo foi aplicado em superfície e distribuído a uma distância de 0,1 m da linha da cultura. O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado quando necessário de acordo com as recomendações necessárias para a espécie. Nos estádios V9 e R1 foram aplicadas as doses de zinco referentes aos respectivos tratamentos. As parcelas experimentais foram constituídas de seis linhas de soja com 0,45 m de espaçamento entre linhas e 5,0 m de comprimento, totalizando  $13,50\ m^2$  por parcela e área útil de  $5,40\ m^2$ . A área útil foi constituída por quatro linhas centrais com um metro de bordadura em cada extremidade.

A colheita foi realizada manualmente quando a cultura apresentou maturidade fisiológica, ou seja, quando mais de 50% da cultura da soja apresentou vagens de coloração marrom ou palha; posteriormente as sementes foram beneficiadas e conduzidas para as análises do potencial fisiológico.

Para se avaliar o potencial fisiológico das sementes foram realizados os testes de germinação, massa de 100 sementes, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado e tetrazólio. Para todos os testes foram utilizadas oito repetições de 50 sementes de cada tratamento, exceto para a massa de 100 sementes (quatro repetições de 100 sementes).

No teste de germinação as sementes foram semeadas em papel toalha umedecido com água destilada equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Foram

confeccionados rolos e estes levados para germinador regulado a  $25\ ^\circ C$  constante. Foram realizadas avaliações do número de plântulas normais aos cinco e oito dias após a semeadura de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A primeira contagem, realizada aos cinco dias, foi considerada um indicativo do vigor, e a contagem final, a porcentagem total de germinação das sementes.

A massa de 100 sementes foi determinada pela média de quatro repetições de 100 sementes de cada parcela. As sementes foram contadas manualmente e submetidos à pesagem e à determinação imediata da umidade, através de um medidor do conteúdo de água de grãos, portátil, Gehaka modelo G800. Após a determinação da umidade foi efetuada a correção do grau de umidade para 13%, visando a comparação das médias dos tratamentos na mesma base.

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi realizado em conjunto com o teste de germinação, onde o índice de velocidade para cada tratamento foi calculado segundo a fórmula proposta por Maguire (1962).

No teste de envelhecimento acelerado as sementes foram dispostas sobre tela de aço inox inserida no interior de caixas plásticas contendo 40 mL de água destilada. Posteriormente, as caixas foram levadas à câmara de germinação a  $41\ ^\circ C$  por 48 horas (MARCOS FILHO, 1999). Após esse período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrito anteriormente e a contagem da germinação foi avaliada aos cinco dias.

No teste de tetrazólio as sementes foram pré-condicionadas em papel toalha tipo germitest umedecido com água destilada por 16 horas em germinador a  $25\ ^\circ C$ . Decorrido esse período, as sementes foram transferidas para copos plásticos e imersas em solução de tetrazólio (0,075%) por 3 horas, em estufa incubadora a  $40\ ^\circ C$ , no escuro. Após o processo de coloração, realizou-se a classificação das sementes em níveis de vigor e viabilidade (BRASIL, 2009).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para analisar as influências significativas das doses de Zn sobre as características avaliadas, trabalhou-se com análises de regressão. Foi utilizado o programa de análise estatística Sanest.

### 3. Resultados e Discussão

O grau de umidade das sementes foi, de um modo geral, semelhante para todos os tratamentos, atingindo valor médio de 13%. Esse fato é de suma importância na execução dos testes, considerando-se que a uniformização da umidade das sementes é

imprescindível para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes (MARCOS FILHO, 2015).

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios do fator épocas de aplicação de Zn para a primeira contagem de germinação, germinação total, índice de velocidade de germinação, massa de 100 sementes, envelhecimento acelerado e teste de tetrazólio. Pode-se observar também nesta tabela que apenas o CV da primeira contagem de germinação e do teste de envelhecimento acelerado foi considerado médio, sendo que os demais são considerados baixos, indicando ótima precisão experimental, ocorrendo baixa interferência dos fatores não controlados

No teste de germinação foram realizadas duas contagens, sendo que para ambas não houve diferença significativa para as épocas de aplicação nem para as doses de Zn (Tabela 1). Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Vieira et al. (1987) que não verificaram efeito significativo da adubação da cultura da soja com Zn sobre a germinação de sementes. As porcentagens de germinação em V9 (92,8%) e R1 (92,1%) ficaram acima de 80%, porcentagem mínima para produção e comercialização de sementes de soja no Brasil (BRASIL, 2013). A primeira contagem de germinação (Tabela 1) foi realizada aos cinco dias após a semeadura e foi como um indicativo do vigor das sementes, pois sementes mais vigorosas germinam mais rápido (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). As porcentagens de plântulas normais tanto em V9 (78,7%) quanto em R1 (78,4%) são consideradas baixas, pois vários autores têm encontrado porcentagens de plântulas normais na primeira contagem acima de 90% para sementes de soja com alto vigor (WENDT et al., 2014; FRANDOLOSO et al., 2015).

O índice de velocidade de germinação (IVG) não apresentou diferença significativa entre as épocas de aplicação nem entre as doses de Zn (Tabela 1). De acordo com Silva e Vieira (2006), o IVG é um dos testes de vigor mais conhecidos e de fácil execução,

pois a coleta de dados é efetuada no próprio teste de germinação. Este teste considera que sementes que germinam mais rápido são mais vigorosas, havendo relação direta entre a velocidade de germinação e o vigor de sementes.

Para a variável massa de 100 sementes ocorreu diferença significativa tanto para as épocas de aplicação quanto para as doses de Zn (Tabela 1 e Figura 2). Em relação às épocas de aplicação o maior teor foliar de Zn foi encontrado em V9, para as doses a massa de 100 sementes apresentou comportamento linear crescente à medida que se aumentou as doses de Zn. As médias obtidas com as diferentes doses variaram de 16,10 a 17,54 g entre a menor e a maior dose. Essa variação no peso representa um acréscimo de 8,9%, este resultado foi semelhante ao encontrado por El Haggan (2014) que verificaram um aumento de 11,88% na massa de 100 grãos com a aplicação foliar de Zn na soja. Kobraee e Shamsi (2015) também verificaram aumento na massa de grãos de soja, com a aplicação de Zn.

A massa de sementes apresentou aumento, em relação às doses, semelhante ao aumento encontrado para o teor foliar de Zn. Essa relação se deve ao fato de o Zn desempenhar importantes funções nas plantas, entre elas podemos destacar seu importante papel no metabolismo do nitrogênio e dos carboidratos e na síntese de aminoácidos e proteínas. Assim, como a formação de grãos depende de proteínas e carboidratos na planta a massa de grãos está diretamente relacionada com o suprimento de Zn (SADEGHZADEH, 2013).

A massa de sementes apresentou aumento, em relação às doses, semelhante ao aumento encontrado para o teor foliar de Zn. Essa relação se deve ao fato de o Zn desempenhar importantes funções nas plantas, entre elas podemos destacar seu importante papel no metabolismo do nitrogênio e dos carboidratos e na síntese de aminoácidos e proteínas. Assim, como a formação de grãos depende de proteínas e carboidratos na planta a massa de grãos está diretamente relacionada com o suprimento de Zn (SADEGHZADEH, 2013).

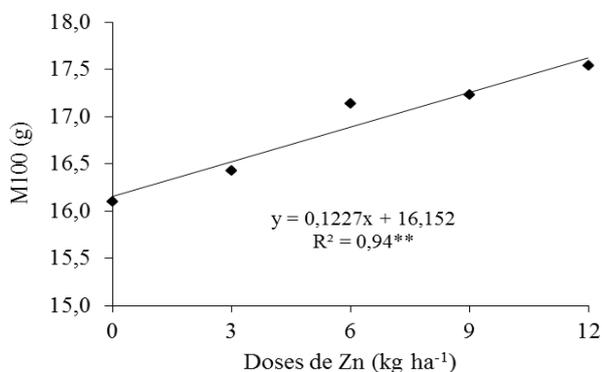
**Tabela 1.** Primeira contagem de germinação (PCG), germinação total (GT), índice de velocidade de germinação (IVG), massa de 100 sementes (M100), envelhecimento acelerado (EA) e viabilidade de sementes avaliada pelo teste de tetrazólio (TZ) em função das diferentes épocas de adubação com zinco na cultura da soja. Ipameri - GO, 2015.

Tratamento	PCG (%)	GT (%)	IVG	M100 (g)	EA (%)	TZ (%)
Épocas						
V9	78,7 a	92,8 a	10,72 a	17,19 a	60,1 a	85,0 a
R1	78,4 a	92,1 a	10,66 a	16,58 b	56,9 a	85,8 a
Test F	0,017 <sup>ns</sup>	0,443 <sup>ns</sup>	0,117 <sup>ns</sup>	7,156 <sup>*</sup>	1,332 <sup>ns</sup>	0,203 <sup>ns</sup>
Regressão	--	--	--	L	Q	--
Interação	0,963 <sup>ns</sup>	0,308 <sup>ns</sup>	0,777 <sup>ns</sup>	0,520 <sup>ns</sup>	3,155 <sup>ns</sup>	0,639 <sup>ns</sup>
CV (%)	9,19	3,60	5,19	4,27	14,99	6,58

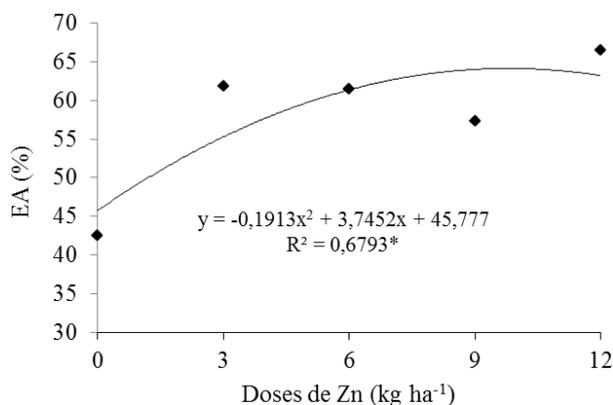
Médias na mesma coluna, seguidas por letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $P \leq 0,05$ ). \*\*, \*,<sup>ns</sup>, L, Q: significativo a 1 e 5% de probabilidade, não significativo, modelo linear e quadrático, respectivamente.

No teste de envelhecimento acelerado não houve diferença significativa entre as épocas de aplicação de Zn (Tabela 1). O percentual de plântulas normais após o envelhecimento, tanto em V9 (60,1%) quanto em R1 (56,9%) é considerado baixa, pois lotes de sementes com alto vigor apresentam porcentagem de germinação próxima ou superior a 80% (CARVALHO et al., 2011).

O vigor das sementes avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado sofreu influência significativa das doses de Zn apresentando efeito quadrático (Figura 3). As médias obtidas com as diferentes doses variaram de 42,5 a 66,5%, sendo que a menor média foi obtida na dose de 0 kg ha<sup>-1</sup> de Zn e a maior na dose de 8,4 kg ha<sup>-1</sup> de Zn.



**Figura 2.** Massa de 100 sementes (M100) em função das doses de Zn aplicadas na cultura da soja. Ipameri - GO, 2015. \*\*: significativo a 1% de probabilidade.



**Figura 3.** Envelhecimento acelerado (EA) em função das doses de Zn aplicadas na cultura da soja. Ipameri - GO, 2015. \*: significativo a 5% de probabilidade

Oshe et al. (2012) verificaram incremento na germinação de sementes de melancia tratadas com 0,95 g de Zn kg<sup>-1</sup> 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; ZEIGER, 2010), como a germinação, porém em excesso Ferreira et al. (2007) observaram

menor atividade da enzima malato desidrogenase em sementes de milho tratadas. Essa enzima catalisa a conversão de malato a oxalacetato, tendo importante função no ciclo de Krebs (TAIZ; 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.

As sementes avaliadas pelo teste de tetrazólio não apresentaram diferença significativa para as épocas de aplicação nem para as doses de Zn. A viabilidade em V9 foi de 85% e em R1 de 85,8%, sendo que esses valores de viabilidade são considerados baixos, visto que pesquisadores têm encontrado viabilidade superior a 90% em lotes de sementes de soja com alta qualidade (SCHEEREN et al., 2010). O baixo vigor observado na maioria dos testes pode ser explicado pelo atraso na colheita da soja devido ao excesso de chuva na época (Figura 1) visto que a exposição à alta umidade intensifica a deterioração das sementes (ALENCAR et al., 2009). Neste caso, somente a adubação com diferentes doses de Zn em diferentes épocas não foi suficiente para melhorar a qualidade das sementes de soja. São necessários mais estudos sobre o assunto visto que constatou-se nesta pesquisa a influência positiva do aumento das doses de Zn sobre a massa de 100 sementes e o teste de envelhecimento acelerado.

#### 4. Conclusões

As diferentes doses de Zn e épocas de aplicação não influenciaram no potencial fisiológico das sementes de soja, porém exerceu influência positivamente para a massa de 100 sementes e o teste de envelhecimento acelerado.

#### Agradecimentos

À Universidade Estadual de Goiás (UEG), Campus Ipameri, pelo suporte na condução do projeto e pela bolsa produtividade PROBIP ao terceiro autor. Ao CNPq pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor.

#### Referências Bibliográficas

- ABREU, C. A.; LOPES, A. L.; SANTOS, G. **Micronutrientes**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARRIOS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do Solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645-736.
- ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; LACERDA FILHO, A. F.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos

- de soja em função das condições de armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.
- BRASIL/MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília-DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.
- BRASIL/MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E DO ABASTECIMENTO. Instrução Normativa n. 45, de 17 de setembro de 2013. **Estabelece os padrões para produção e comercialização de sementes de soja (*Glycine max* L.)**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, Anexo XXIII, 20 setembro, 2013.
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, Roraima-RR, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal-SP: Funep, 2000. 588 p.
- CARVALHO, T. C.; NOVEMBRE, A. D. L. C.; MORAES, M. H. D.; GALIARDI, B. Envelhecimento acelerado e ocorrência de fungos em duas cultivares de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina-PR, v. 32, n. 1, p. 165-172, 2011.
- CHAVES, L. H. G.; MESQUITA, E. F.; ARAUJO, D. L.; FRANÇA, C. P. Crescimento, distribuição e acúmulo de cobre e zinco em plantas de pinhão manso. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza-CE, v. 41, n. 2, p. 167-176, 2010.
- EL HAGGAN, E. A. L. M. A. Effect of micronutrients foliar application on yield and quality traits of soybean cultivars. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, London, v. 7, n. 11, p. 908-914, 2014.
- FERREIRA, L. A.; OLIVEIRA, J. A.; VON PINHO, E. V. R.; QUEIROZ, D. V. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 29, n. 2, p. 80-89, 2007.
- FRANDOLOSO, V.; MENEGHELLO, G. E.; ANDRE, M. A.; DEUNER, C. MENEGAZ, W. Physiological quality of soybean seeds produced in four edaphoclimatic regions of Santa Catarina. **Journal Seed Science**, Londrina-PR, v. 37, n. 3, p. 226-233, 2015.
- FREITAS, M. C. M. A. Cultura da Soja no Brasil: O crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera – Centro Científico Conhecer**, Goiânia-GO, v. 7, n. 12, p. 1-12, 2011.
- GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; NACKE, H.; MARENGONI, N. G.; CARVALHO, E. A.; COELHO, G. F. Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 34, n. 3, p. 660-666, 2010.
- INOCÊNCIO, M. F. RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; VELOSO, M. P.; FERRAZ, F. M.; HICKMANN, C. Resposta da soja à adubação com zinco em solo com teores acima do nível crítico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 47, n. 10, p. 1550-1554, 2012.
- KOBRAEE, S.; SHAMSI, K. Relationships between oil, protein and dry matter in soybean seed with some of micronutrients fertilization. **Research Journal of Soil Biology**, New York, v. 7, n. 2, p. 56-63, 2015.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba-SP: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina-PR: ABRATES, 1999. cap.3. p. 1-24.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina-PR: ABRATES, 2015. 666 p.
- MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of hight plants**. 3. ed. Oxford: Elsevier, 2012. 643 p.
- 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**, Londrina-PR, v. 34, n. 2, p. 282-292, 2012.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa-MG: UFV, 1999. 359 p.
- SADEGHZADEH, B. A review of zinc nutrition and plant breeding. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco-Chile, v. 13, n. 4, p. 905-927, 2013.
- SANTOS H. G.; JACOMINE P. K. T.; ANJOS L. H. C.; OLIVEIRA V. A.; LUMBRERAS J. F.; COELHO M. R.; ALMEIDA J. A.; CUNHA T. J. F.; OLIVEIRA J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília-DF: Embrapa, 2013. 353 p.
- SCHEEREN, B. R.; PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 32, n. 3, p. 35-41, 2010.
- SILVA, J. B.; VIEIRA, R. D. Avaliação do potencial fisiológica de sementes de beterraba. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 28, n. 2, p.128-134, 2006.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 5 ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 2010. 782 p.
- VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M.; BUZZETTI, S. Efeito da adubação com zinco sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 9, n. 1, p. 107-111, 1987.
- WENDT, L.; GOMES-JUNIOR, F. G.; ZORATO, M. F.; MOREIRA, G. C. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja por meio de imagens. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-GO, v. 44, n. 3, p. 280-286, 2014.