

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CULTURAS AGRÍCOLAS TRATADAS COM NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINCO (ZnO)

Neomar SANDRIN¹, Ezequiel Éderson POZZER², Adriana CIOATO FERRAZZA³, Ana Cristina LOPES⁴, Cristiano RESCHKE LAJÚS⁵, Gean LOPES DA LUZ⁶, Luciano Luiz SILVA⁷

RESUMO - Adotou-se um planejamento do tipo bifatorial, considerando como fatores cinco níveis de concentração de ZnO nanoestruturado em uma solução aquosa e cinco níveis de tempo de tratamento totalizando 16 tratamentos. Existe a necessidade de adequação do método de tratamento de sementes com nanopartículas de óxido de zinco para a soja. O trigo pode ser tratado com doses de até 155 mg/L de nanopartículas de óxido de zinco, desde que não permaneça por tempo superior à 180 minutos no meio reacional. A germinação da canola é prejudicada quando tratada com doses maiores que 6,95 mg/L de nanopartículas de óxido de zinco.

Palavras-chave: nanotecnologia; tratamento de sementes; soja; trigo; canola.

¹ Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/FAPE da Unochapecó, acadêmico do Curso de Agronomia, Área de Ciências Exatas e Ambientais, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Campus de Chapecó - UNOCHAPECÓ - CHAPECÓ/SC - BRASIL, sandrinagro@unochapeco.edu.br.

² Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/FAPE da Unochapecó, acadêmico do Curso de Agronomia, Área de Ciências Exatas e Ambientais, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Campus de Chapecó - UNOCHAPECÓ - CHAPECÓ/SC - BRASIL, pozzzer@unochapeco.edu.br.

³ Mestranda do Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão da Inovação, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Campus de Chapecó - UNOCHAPECÓ - CHAPECÓ/SC - BRASIL, adriferrazza@unochapeco.edu.br.

⁴ Acadêmica do Curso de Agronomia, Área de Ciências Exatas e Ambientais, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Campus de Chapecó - UNOCHAPECÓ - CHAPECÓ/SC - BRASIL, ana_cristina@unochapeco.edu.br.

⁵ Prof. Dr. Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão da Inovação, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Campus de Chapecó - UNOCHAPECÓ - CHAPECÓ/SC - BRASIL, clajus@unochapeco.edu.br.

⁶ Prof. Dr. Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão da Inovação, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Campus de Chapecó - UNOCHAPECÓ - CHAPECÓ/SC - BRASIL, geanluz@unochapeco.edu.br.

⁷ Prof. Dr. Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão da Inovação, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Campus de Chapecó - UNOCHAPECÓ - CHAPECÓ/SC - BRASIL, lucianols@unochapeco.edu.br.

PHYSIOLOGICAL QUALITY OF CROP SEEDS AGRICULTURAL TREATED WITH ZINC OXIDE NANOPARTICLES (ZnO)

ABSTRACT - Adopts a design of a factorial type, considering factors such as five levels of concentration of ZnO nanostructure in an aqueous solution and five treatment levels while a total of 16 treatments. There is a need to adapt the seed treatment method with zinc oxide nanoparticles for soybeans. The grain can be treated with doses up to 155 mg/L of zinc oxide nanoparticles, since there remains a longer time to 180 minutes in the reaction medium. Canola germination is impaired when treated with doses greater than 6.95 mg/L zinc oxide nanoparticles.

Keywords: nanotechnology; seed treatment; Soy; wheat; canola.

INTRODUÇÃO

Nos vegetais, de forma geral, o zinco (Zn) é considerado um micronutriente indispensável. Em quantidades adequadas favorece o bom desenvolvimento da planta e maximiza a produtividade e/ou rendimento. A nanotecnologia é a manipulação da matéria em escala nanométrica, ou seja, a produção de partículas de pequena escala, da ordem de nanômetros (BOCCUNI et al., 2008), as quais, por apresentarem maior superfície específica, podem interagir com o vegetal destacando características benéficas diferentes das apresentadas pelas partículas maiores. Para Schuman (1975), entre os fatores que influenciam as reações de adsorção e a disponibilidade do Zn no solo, estão fatores químicos de pH, CTC (capacidade de troca de cátions), teor de matéria orgânica, tipos e quantidades de cátions e ânions solúveis, e mineralógicas, como tipo e teor de argila e de óxidos e hidróxidos de alumínio (Al) e ferro (Fe), fatores estes que limitam a oferta de Zn às plantas.

Os solos brasileiros apresentam baixa disponibilidade de Zn, principalmente em solos do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo ou Latossolos altamente intemperizados e ácidos (SBCS, 2004). Desta forma, em todas as culturas são necessários procedimentos de monitoramento e de tratamentos de correção para a adequação das concentrações mínimas de Zn.

Segundo Borkert (1989), a elevada importância do Zn nas plantas deve-se à participação no processo de ação de um grande número de enzimas, como as

desidrogenases, proteinases, peptidases e nas fosfohidrolases, que são reações fundamentais para as funções básicas da planta no metabolismo dos carboidratos, das proteínas e dos fosfatos, e na formação da estrutura das auxinas, do RNA e dos ribossomos. Também se constata a sua importância no metabolismo de fenóis, na formação de amido, na definição do tamanho e multiplicação celular e na fertilidade do grão do pólen (MALAVOLTA, 1991).

Os adubos, aplicados em grandes quantidades nos solos agrícolas, contêm elevadas porcentagens de fósforo (P), que também é um elemento essencial às culturas agrícolas. A elevada concentração de P na linha de semeadura provoca uma inibição na absorção do Zn. Acima de pH 5,5 as espécies iônicas de Zn são adsorvidas a hidróxido de Al, Fe e Mn (MORAGHAN; MASCAGNI, 1991), ou poderão ser reduzidas e precipitadas na forma de hidróxidos de Zn, que são insolúveis e estarão indisponíveis para as plantas (RAIJ, 1991). Por sua vez, as nanopartículas não participarão destes mecanismos e não serão indisponibilizadas, devido à sua estabilidade química.

Há alguns anos foram descobertas técnicas de transformação de nutrientes em nanopartículas, possibilitando o uso da nanotecnologia na nutrição e na proteção de plantas. Nanotecnologia é a aplicação de partículas muito pequenas (cerca de 1 milionésimo de milímetro), ou seja, nanopartículas, para produzir os mais diversos materiais. Essas nanopartículas possuem uma grande área superficial e geralmente exibem propriedades diferenciadas das partículas macroscópicas. A nanotecnologia está sendo utilizada em diversas áreas como a nanotecnologia molecular e a nanofabricação, oferecendo avanços na qualidade de vida e na preservação do meio ambiente, explica Quina (2004).

De acordo com o estudo realizado em 2014 pelo Projeto sobre Nanotecnologias Emergentes (PEN - Project on Emerging Nanotechnologies), organizado pelo Centro de Nanotecnologia Sustentável da Virgínia, em conjunto com o Centro Internacional Woodrow Wilson, já são 1628 produtos de consumo que contêm algum nanomaterial, o que demonstra um aumento de 24% em relação ao último estudo realizado em 2010 (SANTANA et al., 2015; MARCONE, 2011). Adicionalmente, segundo o Lux Research, Instituto de Pesquisas Internacional, a nanotecnologia movimentou mais de 1 trilhão de

dólares em 2013 e movimentará cerca de 3,1 trilhões de dólares em 2015, o que corresponde a 15% do mercado global.

A nanotecnologia tem trazido avanços também com a utilização das propriedades antimicrobianas das nanopartículas (NOGUERA et al., 2011; WADY, 2011). Levando-se em conta que o zinco e o cobre já apresentam ação antibacteriana e antifúngica comprovada e aplicada em diversos produtos comerciais, o uso de nanopartículas desses nutrientes tem promissor uso na proteção de sementes e plantas contra fitopatologias.

Neste contexto, esta pesquisa augura a aplicação de nanopartículas de ZnO como fonte de Zn para as plantas em substituição aos compostos que disponibilizam estas formas de íons ao solo. Este trabalho faz parte de uma série de estudos necessários para a incorporação das nanopartículas no interior das sementes de soja, de trigo e de canola. Assim, o presente objetiva a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, de trigo e de canola em função de tempos de tratamento e de doses de nanopartículas de ZnO.

MATERIAL E MÉTODOS

Adotou-se um planejamento do tipo bifatorial, considerando como fatores cinco níveis de concentração de ZnO nanoestruturado (0 mg/L; 6,95 mg/L; 50 mg/L e 155 mg/L) em uma solução aquosa e cinco níveis de tempo de tratamento (69 min; 180 min; 450 min e 720 min), totalizando 16 tratamentos. Para cada tratamento de tempo de exposição e concentração de nanopartículas foram tratadas 300 sementes de cada cultura. Foram utilizadas uma cultura da família FABACEAE, a soja (*Glycine max*), uma cultura da família BRASSICACEAE, a canola (*Brassica napus*) e uma da família POACEAE, trigo (*Triticum aestivum*). Cada cultura foi considerada em um experimento independente.

Os experimentos foram realizados em reatores de vidro contendo soluções aquosas ultrapuras nas cinco concentrações e em condições controladas de pH, de temperatura e de velocidade de agitação em cinco tempos de tratamento.

Os procedimentos de germinação foram realizados em rolos de papel filtro, umedecidos com água deionizada, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, à temperatura de 25°C, de acordo com os procedimentos padrões (BRASIL, 2009).

Os testes foram realizados com quatro repetições cada, dispostas em delineamento inteiramente casualizado, sendo que cada repetição conterá 50 sementes. A contagem das sementes germinadas foi realizada após quatro dias da semeadura, e ao sétimo dia contabilizando na contagem final a porcentagem de plântulas normais, anormais, sementes mortas, comprimento da maior raiz e comprimento da parte aérea (BRASIL, 2009).

O germinador utilizado possui uma câmara vertical do tipo B.O.D. contendo 2 prateleiras removíveis de arame, controle de temperatura, foto período e circulação de ar.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e análise de regressão. Para a escolha dos modelos matemáticos serão considerados os resultados da análise de regressão, o coeficiente de determinação (R^2) e criteriosa observação dos dados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ainda no processo de tratamento das sementes com as nanopartículas de óxido de zinco já foi possível observar que o método aplicado não é adequado à cultura da soja. Quando as sementes foram colocadas no meio reacional, os tecidos das sementes de soja acabaram se deteriorando, e as sementes separando os cotilédones. Dessa forma, recomendam-se novos testes envolvendo outros métodos de tratamento para as sementes da cultura da soja.

Para as culturas da canola e do trigo, o tratamento mostrou-se adequado, não havendo diferença significativa para plântulas anormais, sementes mortas e para o comprimento da maior raiz e da parte aérea. Esses resultados demonstram que os tratamentos com nanopartículas de óxido de zinco, independentemente da dose ou do tempo de tratamento, não prejudicaram as sementes nos quesitos citados.

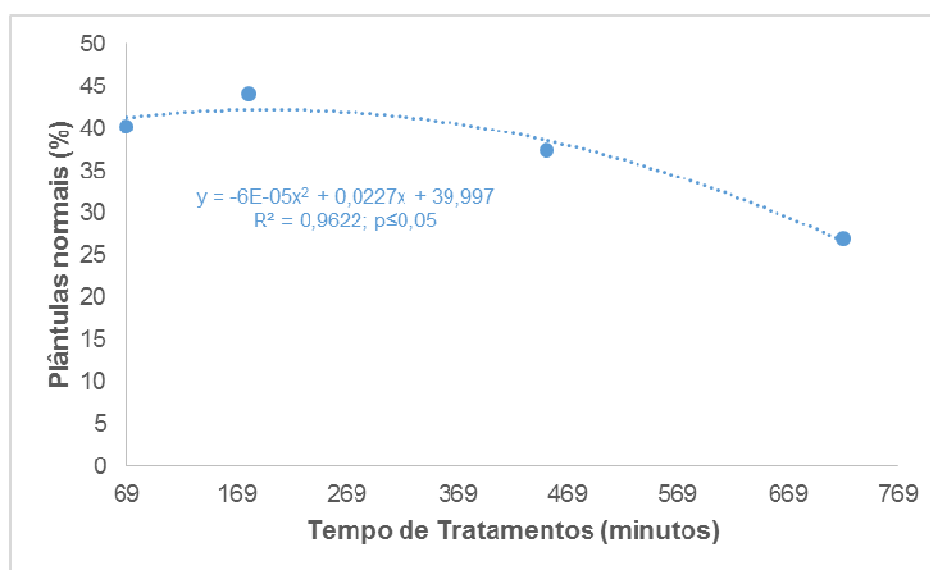
A análise de variância revelou efeito significativo ($p \leq 0,05$) do fator tempo de tratamento (min) em relação a variável resposta plântulas normais do trigo (Tabela 1 e Figura 1), ou seja, existe um modelo matemático que explica a influência da variável X em relação à variável a variável Y apresentando um comportamento quadrático.

Tabela 1 – Resumo da ANOVA para plântulas normais do experimento de trigo com tempo de tratamento das sementes em meios reacionais contendo nanopartículas de óxido de zinco. Testes de germinação e vigor de sementes de trigo (Chapecó/SC - Safra 2015)

FV	Plântulas normais		
	GL	QM	p
Tempo (minutos)	3	713,96	0,01
Concentração (mg/L)	4	7,61	0,88
Tempo (minutos) x Concentração (mg/L)	12	30,67	0,55
Erro	60	34,16	
Total	79		
CV (%)		15,35	

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 1 – Percentual de plântulas normais de trigo com tempo de tratamento das sementes em meios reacionais contendo nanopartículas de óxido de zinco. Testes de germinação e vigor de sementes de trigo (Chapecó/SC - Safra 2015).



Fonte: elaborado pelo autor.

Isso demonstra que houve efeito apenas do tempo de hidratação da semente, e não da nanopartícula de óxido de zinco, sobre a germinação, destacando que o tratamento das sementes de trigo pode ser empregado em sementes para plantio à campo em qualquer dose empregada, sem prejuízo à germinação das sementes. O cuidado que se deve ter no

processo de tratamento é de que o tempo de agitação das sementes no meio reacional não deve ser superior a 180 min, conforme demonstrado na Figura 1.

Tunes, et al. (2012), utilizando sulfato de zinco para o tratamento de sementes, afirmam que o recobrimento com zinco não prejudica a viabilidade das sementes de trigo armazenadas por seis meses. Da mesma forma, Rufino et al. (2013), tratando sementes com zinco e com fungicidas, não observou redução na germinação de sementes de trigo tratadas com zinco.

A análise de variância revelou efeito significativo ($p \leq 0,05$) do fator concentração de nanopartículas no meio reacional (mg/L) em relação a variável resposta plântulas normais de canola (Tabela 2 e Figura 2), ou seja, existe um modelo matemático que explica a influência da variável X em relação à variável a variável Y apresentando um comportamento quadrático.

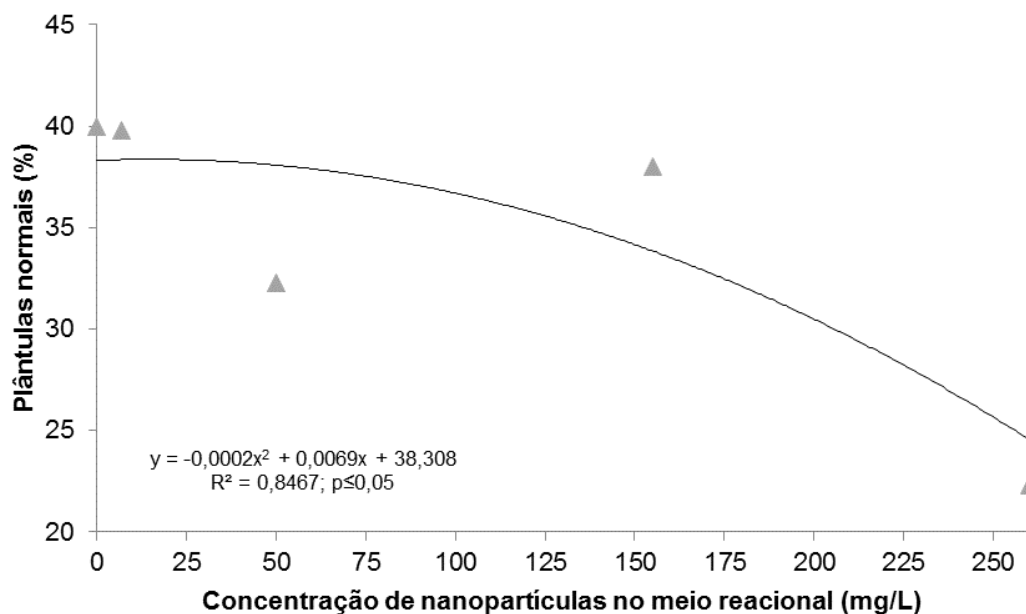
Tabela 2 – Resumo da ANOVA para plântulas normais do experimento de canola com tempo de tratamento das sementes em meios reacionais contendo nanopartículas de óxido de zinco. Testes de germinação e vigor de sementes de canola (Chapecó/SC - Safra 2015)

FV	Plântulas normais		
	GL	QM	p
Tempo (minutos)	3	4727,06	0,10
Concentração (mg/L)	4	1223,73	0,01
Tempo (minutos) x Concentração (mg/L)	12	710,48	0,15
Erro	60	278,85	
Total	79		
CV (%)		24,27	

Fonte: elaborado pelo autor.

A cultura da canola, ao contrário da cultura do trigo, mostrou-se sensível ao tratamento com nanopartículas de zinco no quesito germinação, sendo a melhor dose a menor dose aplicada (6,95mg/L) (Figura 2). A partir dessa dose observou-se decréscimo da porcentagem de plântulas normais, demonstrando efeito fitotóxico das nanopartículas de óxido de zinco à semente de canola. Por a semente de canola ter como características o tamanho diminuto, a pequena quantidade de reservas e, portanto, capacidade de absorção de pequena quantidade de água, possivelmente resultou em salinização da semente nas doses maiores do que 6,95mg/L, prejudicando a germinação das mesmas.

Figura 2 – Percentual de plântulas normais de canola com tempo de tratamento das sementes em meios reacionais contendo nanopartículas de óxido de zinco. Testes de germinação e vigor de sementes de canola (Chapecó/SC - Safra 2015).



Fonte: elaborado pelo autor.

Pletsch et al., (2014) avaliando doses de um produto à base de zinco (785,5 g/L de Zn) aplicado em sementes de canola em doses variando de 0 a 5 mL/kg de sementes, observaram incremento da germinação apenas até a dose de 1,7 mL/kg de sementes, decrescendo a curva nas doses maiores, demonstrando também que a semente de canola responde às doses baixas de zinco no tratamento de sementes.

CONCLUSÃO

Existe a necessidade de adequação do método de tratamento de sementes com nanopartículas de óxido de zinco para a cultura da soja.

A cultura do trigo pode ser tratada com doses de até 155 mg/L de nanopartículas de óxido de zinco, desde que não permaneça por tempo superior à 180 minutos no meio reacional.

A germinação da cultura da canola é prejudicada quando tratada com doses maiores que 6,95 mg/L de nanopartículas de óxido de zinco, sendo essa a dose máxima que deve ser aplicada em experimentos para averiguação dos afeitos destes tratamentos à campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOCCUNI, F. et al. Potential occupational exposure to manufactured nanoparticles in Italy. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p. 949-956, 2008.

BORKERT, C. M. Micronutrientes na planta: BÜLL, L. T.; ROSOLEM, C. A. **Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1989.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. (2009). **Regras para análise de sementes**. Brasília: 2009.

GEORGIN, J. et al. Desenvolvimento inicial de trigo (*Triticum aestivum*) com uso de fitohormônios, zinco e inoculante no tratamento de sementes. **REGET**, Santa Maria, v. 18, n.1, p.1318-1325, 2014.

MALAVOLTA, E.; BOARETTO, A. E.; PAULINO, V. T. **Micronutrientes: uma visão geral**. Piracicaba: POTAFOS, 1991.

MARCONE, G. P. **Avaliação da ecotoxicidade de nanopartículas de dióxido de titânio e prata**. 2011. 208f. Tese (Doutorado em Química) - UNICAMP: Campinas, 2011.

MORAGHAN, J.; MASCAGNI J.; JOSEPH H. **Environmental and soil factors affecting micronutrient deficiencies and toxicities**. In: Micronutrients in Agriculture. 2. ed. Jhonn. Jacob. MORTVEDT; ed. Soil Science Society of América, Inc. Madson, 1991.

NOGUERA, O. J. F. et al. Desenvolvimento de vidrados cerâmicos com propriedades bactericidas e fungicidas. **Cerâmica Industrial**, v. 16, n. 3, p. 7-10, 2011.

OHSE, S. et al. Germinação e vigor de sementes de melancia tratadas com zinco. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 2, p. 282-292, 2012b.

OHSE, S. et al. Vigor e viabilidade de sementes de trigo tratadas com zinco. Florianópolis: **Biotemas**, v. 25, n. 4, p. 49-58, 2012a.

PLETSCH, A.; SILVA, V. N.; BEUTLER, A. N. Tratamento de sementes de canola com zinco. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 37, n. 2, p. 241-247, jun. 2014.

QUINA, F. H. **Nanotecnologia e o meio ambiente**: perspectivas e riscos. Química Nova, São Paulo, v. 27, n. 6, p. 1028-1029, 2004.

RAIJ, B. V. **Fertilidade e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991.

RIBEIRO, N. D.; SANTOS, O. S. dos. Aproveitamento do zinco aplicado na semente na nutrição da planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 159-165, 1996.

RUFINO C. A. et al. Treatment of wheat seed with zinc, fungicide, and polymer: seed quality and yield. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 1, p. 106-112, 2013.

SANTANA, M. C., et al. Avaliação da atividade antimicrobiana de nanopartículas de prata. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, v.7, n. 1, 2015.

SEGATTO, C. **Nanopartículas de óxido de zinco aplicadas no tratamento de sementes da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 2015. 112f. Dissertação (tecnologia e gestão da inovação) – Universidade Comunitária da Região de Chapecó, 2015.

SHUMAN, M. The effect of soil properties on zinc adsorption by soils. **Proceedings Soil Science Society of America**, Madison, 1975.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Porto Alegre, 2004.

TAIZ, L.; ZAIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TUNES L. M. de et al. Tratamento de sementes de trigo com zinco: armazenabilidade, componentes do rendimento e teor do elemento nas sementes. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, jul, 2012.

WADY, A. F. **Propriedade antifúngica de resina para base de prótese modificada com nanopartículas de prata**. 2011. 101 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia de Araraquara, 2011.