

Influência da utilização de gases nano sólidos no crescimento da cultura do milho

Thomas Paul Böckler^{1*}; Luiz Antônio Zanão Júnior¹

¹Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel, Paraná

^{1*}thomaspaul0909@gmail.com

Resumo: A nanotecnologia que envolve a utilização de gases em estado nano sólido tem baixo custo de obtenção da matéria prima, não deixa resíduos na manufatura, proporciona um alimento mais saudável e torna a agricultura mais sustentável, dessa forma o objetivo desse trabalho foi avaliar se a utilização de fertirrigação com gases CO₂, ZnO, CuO e CH₃, em estado nano sólido, melhora o crescimento da cultura do milho. O experimento foi realizado em casa de vegetação do Centro Universitário FAG no Município de Cascavel, durante os meses de março a maio de 2019. Para a realização do experimento foram definidos sete tratamentos com oito repetições cada, sendo utilizado gás CO₂ nano sólido e uma combinação dos gases nano sólidos CO₂, ZnO, CuO e CH₃. Além da irrigação semanal com os tratamentos foi realizada uma irrigação diária com água de poço artesiano em casa de vegetação. O experimento foi realizado em vasos, e o substrato foi preparado com solo argiloso de barranco, sem correção e areia, na proporção de 1:1. Após 45 dias do plantio, as plantas foram removidas dos vasos para as avaliações. Foram avaliados o comprimento médio das raízes, altura das plantas, número de folhas por planta e produção de massa fresca total das plantas. A utilização da água contendo 5 mg/dm³ da mistura de gases CO₂, ZnO, CuO e CH₃ nano sólidos apresentou melhores resultados no comprimento de raízes, altura e produção de matéria fresca total das plantas.

Palavras-chaves: nanotecnologia; nutrientes; *Zea mays*.

Influence of the use of nano-solid gases in the growth of the culture of maize

Abstract: Nanotechnology involving the use of nano-solid gases has a low cost of obtaining the raw material, leaves no residues in the manufacture, provides a healthier food and makes agriculture more sustainable, so the objective of this work was to evaluate if the use of fertirrigation with CO₂, ZnO, CuO and CH₃ gases, in the nano solid state, improve corn crop growth and soil fertility. The experiment was carried out in the greenhouse of the FAG University Center in the Municipality of Cascavel, during the months of March to May 2019. Seven experiments were carried out with eight replications, using solid nano CO₂ gas and a combination of the nano solid gases CO₂, ZnO, CuO and CH₃. In addition to the weekly irrigation with the treatments, a daily irrigation with artesian well water was performed. The experiment was carried out in pots, and the substrate was prepared with ragged clay soil, without correction and sand, in a ratio of 1: 1. After 45 days of planting, the plants were removed from the vases for evaluations. The mean root length, plant height, number of leaves per plant, and total fresh mass of plants were evaluated. The use of water containing 5 mg/dm³ of the mixture of CO₂, ZnO, CuO and CH₃ nano solids presented better results in root length, height and yield and total fresh matter of the plants.

Keywords: nanotechnology; nutrients; *Zea mays*.

Introdução

O agronegócio é um dos setores mais importante da economia brasileira, pois é responsável por um terço do PIB (Produto Interno Bruto), produz a maior parte do PNB (Produto Nacional Bruto), cria várias oportunidades de emprego, além de gerar fonte de divisas a partir das exportações. Seu desempenho médio é superior ao do setor industrial, por isso sua importância no desenvolvimento econômico do país, apresentando, também, a capacidade de auxiliar no desenvolvimento de outros setores da economia (MAPA, 2011), como o setor dos transportes e exportações. Atualmente a produção agrícola tem crescido de forma notória, pois em 1975 a colheita de grãos foi de 45 milhões de toneladas, aumentando para 58 milhões em 1990, 187 milhões em 2013 (BUAINAN *et al.*, 2014) e atingindo 230 milhões de toneladas em 2017 (CONAB, 2018).

Uma das culturas que se destaca na produção de grãos brasileira é o milho, sendo que o Brasil é o terceiro produtor mundial e o quinto em extensão territorial, ficando atrás apenas da Rússia, Canadá, China e EUA. Apesar de estar atrás é o único que ainda pode expandir a área cultivada pois a mesma ainda se encontra em fase de exploração, possui muitos recursos naturais, tem uma grande diversidade de meios ambientes, clima excelente, disponibilidade de água entre outros fatores (GAMA *et al.* 1999). Sua produção brasileira em 2017/2018, foi de 25,6 milhões de toneladas na primeira safra e, na segunda, de 63,02 milhões (CONAB, 2018). O Mato Grosso é o maior produtor, com 28 milhões de toneladas, seguido do Paraná com 16,2 milhões e Mato Grosso do Sul com 9,8 milhões anualmente (CONAB, 2018).

O milho é um dos grãos que apresenta uma das mais variadas utilizações, como na alimentação animal bovina, suína e de aves, que consomem cerca de 70 a 90% da produção nacional (MAPA, 2007) e na alimentação humana para a população de carente, sendo uma fonte de renda para pequenos agricultores que não tem acesso à tecnologia e na indústria de alta tecnologia (CRUZ *et al.*, 2011). Além disso, a partir de 2005, com a Lei de Política Energética, passou a ter mais um incentivo para a sua produção, pois pode ser utilizado, em larga escala, para produção de etanol (MIRANDA e LÍCIO, 2014).

Com o crescimento populacional a demanda na produção de alimentos aumenta, levando à intensificação da exploração agrícola que contribui para a poluição ambiental (NELSON e MAREIDA, 2001), geralmente com fosfatos e emissão de gases como metano e óxido nitroso (OCDE, 2001; IPCC, 2001), sendo que os fertilizantes minerais e rebanhos bovinos são os maiores responsáveis pela liberação de óxido nitroso (MOSIER e KROEZE, 1998). Outro ponto que deve ser observado é que os fertilizantes nitrogenados têm pouca eficácia nos países em desenvolvimento por falta de manejo adequado, falta de incentivos

econômicos para o uso de fertilizantes balanceados e melhoramentos nas formulações para evitar a perda do nitrogênio. Na China 50% desse fertilizante é perdido por volatilização e de cinco a dez por cento por lixiviação (BITTENCOURT, 2009). Aliando esse crescimento populacional à um crescente interesse sobre o meio ambiente são necessárias pesquisas sobre novas tecnologias de produção agrícola para garantir uma elevada produtividade das lavouras com menos prejuízo, menor impacto sobre o meio ambiente e maior eficácia dos fertilizantes (ZAVASCHI, 2010).

Uma das tecnologias que está atraindo cada dia mais investidores, devido às suas inúmeras aplicações e aos resultados no desenvolvimento tecnológico e econômico, é a nanotecnologia (BUSHAN, 2004), um ramo de pesquisa que se baseia na habilidade de manipular átomos e moléculas, individualmente, e criar materiais nano estruturados e micro objetos, envolvendo escalas que vão de um átomo individual à moléculas de 100 nanômetros, com utilização no mundo real, sendo que um nanômetro corresponde a 1×10^{-9} metros ou um milionésimo de milímetro. Nesse tamanho essas estruturas apresentam uma grande área superficial exibem propriedades mecânicas, magnéticas, ópticas ou químicas diferentes de partículas e superfícies maiores (QUINA, 2004).

Hoje ela vem sendo, amplamente, utilizada na agricultura moderna para tornar realidade os princípios da agricultura de precisão (AUFFAN *et al.*, 2009). Os nanomateriais são aplicados em proteção fitossanitária, nutrição e gestão das práticas agrícolas, devido ao seu pequeno tamanho, alta relação de superfície por volume e propriedades ópticas exclusivas (GHORMADE *et al.*, 2011). Muitos cientistas passaram a ter interesse na nanotecnologia pelo fato de substâncias nessa escala por responderem às leis da física quântica apresentarem novas propriedades como maior resistência, mudança de coloração, um aumento na condutividade elétrica e na reatividade química (GRUPO ETC, 2005). A nanotecnologia pode ser utilizada, também, para ajudar na disponibilidade de micronutrientes para as plantas e as nano formulações podem ser pulverizadas na planta ou por irrigação melhorando a saúde e o vigor do solo (PETEU *et al.*, 2010).

Nanopartículas de óxido de zinco tem mostrado uma melhor atividade antimicrobial que as partículas grandes, já que seu tamanho é menor que 100 nm e possui uma alta relação de superfície por volume permitindo uma melhor interação com as bactérias (XIE *et al.*, 2011). O ZnO melhorou o crescimento e a produção do amendoim (*Arachis hypogaea*) (PRASAD *et al.*, 2012), melhorou o crescimento dos rebentos e das raízes, clorofila, teor de proteína solúvel total, população microbiana rizosférica e fósforo, enzimas de mobilização de nutrientes, incluindo fitase, fosfatase ácida e alcalina de feijão Guar (*Cyamopsis*

tetragonoloba L.) (RALIVA e TARAFDAR, 2013). TiO₂ em nanopartículas incentivaram a germinação das sementes, fotossíntese, o metabolismo do nitrogênio e o crescimento do espinafre (*Spinacia oleracea*), em uma concentração adequada (YANG *et al.*, 2006; ZHENG *et al.*, 2005). Esse trabalho tem como objetivo avaliar se a utilização de fertirrigação com gases CO₂, ZnO, CuO e CH₃, em estado nano sólido, melhoram o crescimento da cultura do milho *Zea mays*.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Centro Universitário Assis Gurgacz no Município de Cascavel, região oeste do Paraná. A cidade situa-se no terceiro planalto, apresentando uma altitude média de 785 m, sob as coordenadas geográficas 24°57'20"S e 53°27'19"O, distante 515 km da capital Curitiba e 143 km de Foz do Iguaçu (TOSIN, 2005), possui uma área territorial de 2.100,831 km² e uma população estimada de 324.476 pessoas, conferindo uma densidade demográfica de 136,23 habitantes por km² (IBGE, 2018).

Por sua posição geográfica Cascavel apresenta um clima temperado e saudável a maior parte do ano, sendo que no inverno está sujeito à geadas e no verão à temperaturas elevadas. De acordo com a classificação Climática de Köppen é um clima subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco frequentes com tendência de concentração de chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida. A média das temperaturas dos meses mais quentes é superior a 22 °C e a dos mais frios é inferior a 18 °C. A umidade relativa do ar gira em torno de 75 % e os ventos sopram na direção nordeste/sudoeste e leste/oeste com velocidade média entre 33 km/h e 46 km/h (CASCABEL, 2018).

Para a realização do experimento foram adquiridas sementes de milho (*Zea mays*) Pioneer 30F53, plantadas em vasos de 2 kg, que foram preenchidos com uma mistura homogênea constituída de uma parte de solo muito argiloso de barranco e uma parte de areia. Solo sem correções, ácido e com baixos teores de nutrientes.

Em cada vaso foram semeadas cinco sementes a 5 cm de profundidade, posteriormente as plantas foram desbastadas deixando-se apenas duas por vaso.

Após o plantio os vasos foram distribuídos, aleatoriamente, na estufa 3 do Centro Universitário. Para a realização do experimento foram definidos sete tratamentos com oito repetições cada, sendo um deles a testemunha, conforme a Tabela 1. Os vasos foram irrigados semanalmente com os tratamentos, salientando que os gases CO₂, ZnO, CuO e CH₃ utilizados se encontravam em estado nano sólido. Além disso, foram realizadas três irrigações diárias de cinco minutos cada com água de poço artesiano (irrigação automática da estufa).

Tabela 1 - Tratamentos utilizados durante o desenvolvimento da pesquisa.

Tratamentos	Quantidades	Elementos
Tratamento 1 (Testemunha)	500 mL	H ₂ O
Tratamento 2	500 mL 4 mL em tubo de ensaio	H ₂ O CO ₂
Tratamento 3	500 mL 5 mg dm ⁻³	H ₂ O CO ₂
Tratamento 4	500 mL 50 mg dm ⁻³	H ₂ O CO ₂
Tratamento 5	500 mL 4 mL em tubo de ensaio	H ₂ O CO ₂ , ZnO, CuO e CH ₃
Tratamento 6	500 mL 5 mg dm ⁻³	H ₂ O CO ₂ , ZnO, CuO e CH ₃
Tratamento 7	500 mL 50 mg dm ⁻³	H ₂ O CO ₂ , ZnO, CuO e CH ₃

Nos recipientes de 4 L que continham os tratamentos 2 e 5 foi inserido um tubo de ensaio, lacrado com tampa de rosca, contendo os gases respectivos por um período médio de 10 dias.

Após 45 dias do plantio, as plantas foram removidas dos vasos para as avaliações. No laboratório de sementes foram averiguados a altura total da planta, o número de folhas, o comprimento das raízes e a produção de massa fresca total da planta, com uma balança digital de precisão de 0,01 g.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade de erro. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Assistat.

Resultados e Discussão

As folhas das plantas desenvolveram uma coloração roxa demonstrando estresse e apresentaram um menor crescimento geral, porém os resultados das médias de peso total, tamanho de raiz, altura total e número de folhas foram significativos a 5 % de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Nas figuras abaixo pode-se observar que o tratamento com 5 mg/dm³ da mistura de gases CO₂, ZnO, CuO e CH₃ nano sólidos obteve melhor média em relação ao tamanho das raízes (Figura 1), à altura total (Figura 2) e ao peso das plantas (Figura 3), mas o tratamento com o gás CO₂ nano sólido que estava no tubo de ensaio obteve melhor média na quantidade de folhas da planta (Figura 4).

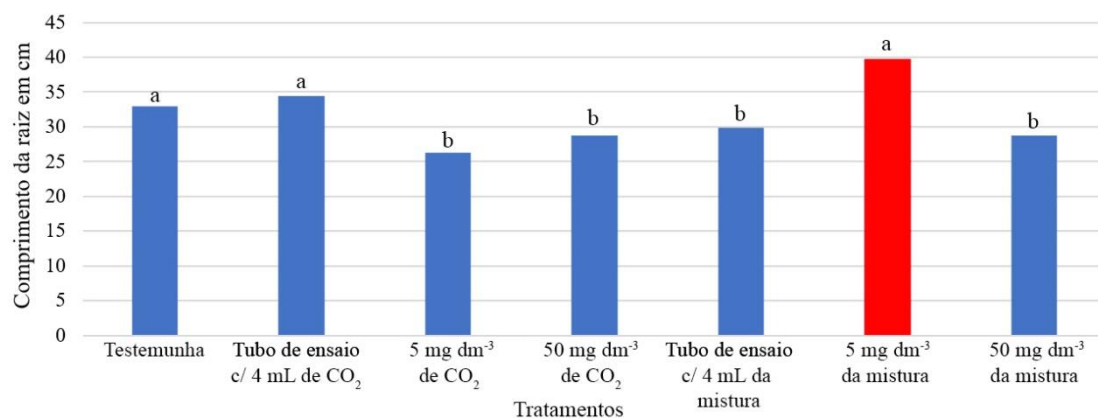


Figura 2 - Resultados obtidos em relação ao tamanho da raiz da planta. As médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si a 5 % pelo Teste de Skott-Knott.

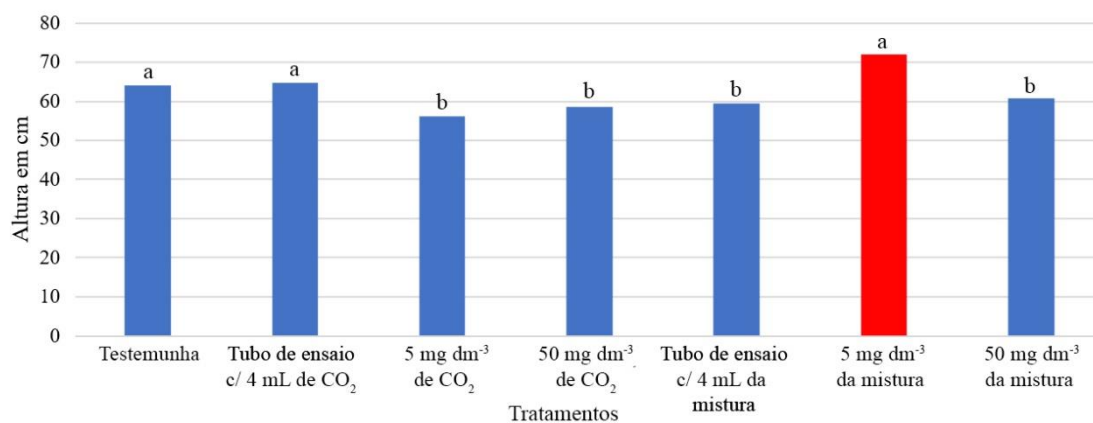


Figura 3 - Resultados obtidos da altura total da planta. As médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si a 5 % pelo Teste de Skott-Knott.

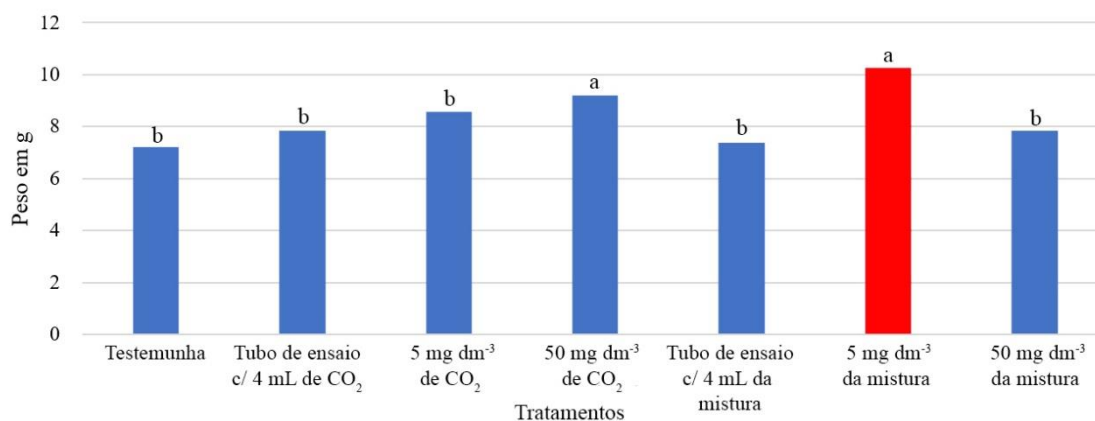


Figura 4 - Resultados obtidos do peso total da planta. As médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si a 5 % pelo Teste de Skott-Knott.

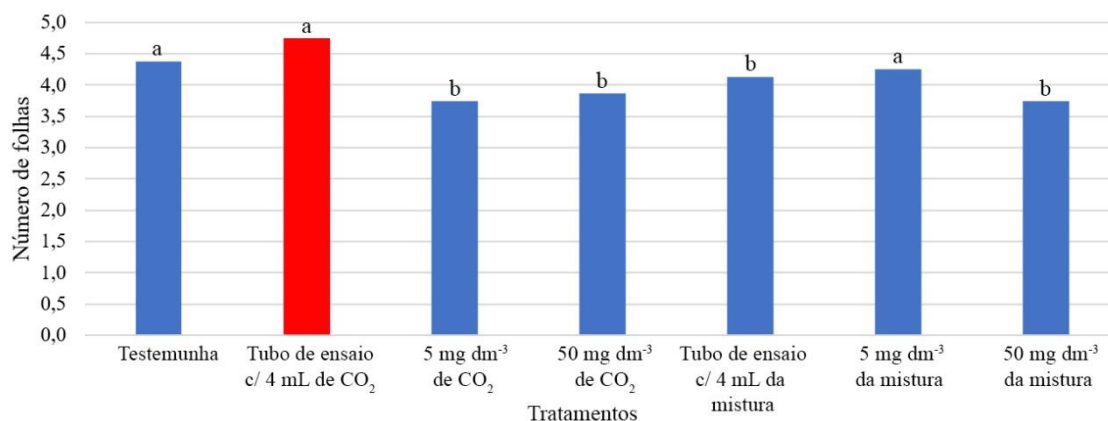


Figura 5 - Resultados obtidos do número de folhas por planta. As médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si a 5 % pelo Teste de Skott-Knott.

MASON *et al.* (2012) realizaram uma pesquisa sobre a influência de cinco tipos de nanopartículas (nanotubos de carbono de paredes múltiplas, alumínio, alumina, zinco e óxido de zinco) na germinação de sementes e crescimento de raízes de seis espécies de plantas tais como rabanete (*Raphanus sativus* L.), canola (*Brassica napus* L.), azevém (*Lolium multiflorum*), alface (*Lactuca sativa* L.), milho (*Zea mays*) e pepino (*Cucumis sativus* L.), indicando que a germinação de sementes, em geral, não é afetada na maioria dos casos, enquanto o alongamento da raiz foi inibido. A concentração das nanopartículas de ZnO, para inibir metade dos processos envolvidos, foi estimado em cerca de 50 mg/dm³ para o rabanete e cerca de 20 mg/dm³ para a canola e o azevém. Em outro experimento ocorreu o crescimento radicular em plântulas de azevém (*Lolium multiflorum*), rabanete (*Raphanus sativus* L.) e

canola (*Brassica napus* L.) apenas com exposições menores que 10 mg/dm³ de nanopartículas de ZnO/Zn (SOOYEON, 2013). LIU *et al.* (2016) mostraram de que 50 mg/dm³ nanopartículas de Zn reduziram a germinação de sementes e o comprimento de raízes de alface (*Lactuca sativa* L.) em relação ao controle, mostrando que quantidades maiores de nanopartículas podem ter efeito negativo.

Por outro lado um experimento feito com soja (*Glycine max*), milho (*Zea mays*) e cevada (*Hordeum vulgare*) em meio ágar mostrou que a exposição à nanotubos de carbono por 11 dias, em concentrações de 50, 100 e 200 mg/dm³, aumentou em quase 50 % a taxa de germinação da cevada e da soja e 90 % no milho, em comparação com os controles. Na soja o comprimento das raízes aumentou até 26 % e no milho o comprimento das folhas foi aumentado em 40 % (LAHIANI *et al.*, 2013) mostrando uma quantidade maior de nanopartículas com resultados positivos.

Um resultado que foi semelhante em relação a quantidade de nanopartículas utilizadas foi encontrado com a pulverização foliar com nanopartículas de TiO₂ no coentro (*Coriandrum sativum*) houve um aumento no crescimento e produção, como altura de planta, número de ramos e de frutos, tendo mostrado os maiores valores a partir da concentração de 6 mg dm⁻³ (KHATER, 2015). RAFIQUE *et al.* (2014) perceberam um aumento nos comprimentos de raiz e parte aérea da planta e biomassa do trigo (*Triticum* L.) na utilização de nanopartículas de TiO₂ em baixas concentrações. Porém em concentrações mais elevadas afetaram o comprimento da raiz e da parte aérea negativamente e também reduziram sua biomassa.

HAFEEZ *et al.* (2015), enquanto estudavam o efeito das nanopartículas de prata sobre os atributos de crescimento e produtividade do trigo (*Triticum* L.), observaram que as nanopartículas de prata a 25 mg/dm³ produziram um número significativamente maior de grãos e espigas. RICO *et al.* (2015) mostraram que as nanopartículas de CeO₂ promoveram o desenvolvimento de plantas de cevada (*Hordeum vulgare* L.) até o ponto de aumento de 331 % na biomassa da parte aérea, sem mostrar qualquer efeito tóxico; no entanto, em concentração mais alta (500 mg/dm³), a planta não produzia grãos. TAHIR *et al.* (2010) relataram que a aplicação de nanopartículas de silício aumentou significativamente a biomassa de trigo (*Triticum* L.). Porém em alta concentração desencadearam uma diminuição na resistência da membrana e afetando também a fotossíntese.

MOSANNA *et al.* (2015) relataram o efeito de partículas nano-quelato de zinco sobre as características morfofisiológicas do milho (*Zea mays*) e observaram efeito significativo na altura da planta, peso de 100 grãos, rendimento de sementes e índice de colheita. A aplicação

no solo apresentou um aumento de 67 % na altura de planta e 53 % no rendimento de grãos, enquanto que a aplicação foliar teve 94 % mais rendimento de sementes por planta.

Conclusão

A utilização da fertirrigação com gases CO₂, ZnO, CuO e CH₃, em estado nano sólido melhoram o crescimento da cultura do milho, quando se utiliza solo sem correções, pois o tratamento com água contendo 5 mg/dm³ da mistura de gases CO₂, ZnO, CuO e CH₃ nano sólidos apresentou melhores resultados no comprimento de raízes, altura e produção de matéria fresca total das plantas.

Referências

AUFFAN, M.; ROSE, J; BOTTERO, J.Y.; LOWRY, G.V.; JOLIVET, J.P.; WIESNER, M.R. Towards a definition of inorganic nanoparticles from an environmental, health and safety perspective. **Nat. Nanotechnol**, v. 4, p. 634-664, 2009.

BITTENCOURT, M.V.L. Impactos da agricultura no meio-ambiente: Principais tendências e desafios (Parte 1). **Economia & Tecnologia**, v. 18, p. 137, 2009.

BUAINAIN, A.M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J.M.; NAVARRO, Z. **O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Brasília, DF, Embrapa, 2014. 16 p.

BUSHAN, B. (Editor). **Springer Handbook of Nanotechnology. First Edition**, 3 ed. Nova York: Springer Verlag, 2004. 5 p.

CASCADEL. **Prefeitura Municipal de Cascavel**. Portal do Município de Cascavel, 2018. Disponível em: <<http://www.cascavel.pr.gov.br/secretarias/seplan/pagina.php?id=202>>. Acesso em: 25 set. 2018.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acomp. safra bras. grãos, Safra 2017/18. **Décimo primeiro levantamento, Brasília**, v. 11, p. 1-148, 2018.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; PIMENTEL, M. A. G.; COELHO, A. M.; KARAM, D.; CRUZ, I.; GARCIA, J. C.; MOREIRA, J. A. A.; OLIVEIRA, M. F. de; GONTIJO NETO, M. M.; ALBUQUERQUE, P. E. P. de; VIANA, P. A.; MENDES, S. M.; COSTA, R. V. da; ALVARENGA, R. C.; MATRANGOLO, W. J. R. **Produção de milho na agricultura familiar**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 45 p.

GAMA, E. G. e; MEIRELES, W. F; PARENTONI, S. N.; PACHECO, C. A. P.; XAVIER, M.; CORREA, L. A. A Situação Atual da Cultura do Milho no Brasil - Produção e Pesquisa. **Memoria de la XVII Reunión Latinoamericana del Maiz**. Colômbia: Produmedios, 1999. p. 27-33.

GHORMADE, V.; DESHPANDE, M.V.; PAKNIKAR, K.M. Perspectives for nano-biotechnology enabled protection and nutrition of plants. **Biotechnol. Adv**, v. 29, p. 792-803, 2011.

GRUPO ETC. **Nanotecnologia. Os riscos da tecnologia do futuro: saiba sobre produtos invisíveis que já estão no nosso dia-a-dia e seu impacto na alimentação e na agricultura.** Porto Alegre: Editora L&PM, 2005. 16 p.

HAFEEZ, M.J.; RAZZAQ, A.; JILANI, G.; REHMAN, A.; HAFEEZ, A.; YASSEN, F. Silver nanoparticles enhance the growth, yield and nutrient use efficiency of Wheat. **International Journal of Agronomy Agricultural Research**, v. 7, n. 1, p. 15-22, 2015.

IBGE. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**, 2016. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/cascavel/panorama>>. Acesso em: 20 set. 2018.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2001: synthesis report**, Inglaterra: Cambridge University Press, 2001. 4 p.

KHATER, M.S. Effect of Titanium Nanoparticles (TiO₂) on Growth, Yield and Chemical Constituents of Coriander Plants. **Arab Journal of Nuclear Science and Applications**, v. 48, n. 4, p.187-194, 2015.

LAHIANI, M.H.; DERVISHI, E.; CHEN, J.; NIMA, Z.; GAUME, A.; BIRIS, A.S.; KHODAKOVSKAYA, M.V. Impact of carbon nanotube exposure to seeds of valuable crops. **ACS Appl. Mater. Interfaces**, v. 5, p. 7965-7973, 2013.

LIU, R.; ZHANG, H.; LAL, R. Effects of Stabilized Nanoparticles of Cooper, Zinc, Manganese and Iron Oxides in Low Concentration on Lettuce (*Lactuca sativa*) Seed Germination: Nanotoxicants or Nanonutrients? **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 227, p. 1, 2016.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO; SECRETARIA DE POLÍTICAS AGRÍCOLA (SPA); INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA (IICA). **Série Agronegócios, Cadeia Produtiva do milho**, v.1, 2007.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO; SECRETARIA DE POLÍTICAS AGRÍCOLA (SPA). **Plano Agrícola e Pecuário**, p. 92, 2011.

MASON, C.; VIVEKANANDHAN, S.; MISRA, M.; MOHANTY, A.K. Switchgrass (*Panicum virgatum*) extract mediated green synthesis of silver nanoparticles. **World Journal of NanoScience and Engineering**, v. 2, p. 47–52, 2012.

MIRANDA, R.A. de; LICIO, A.M.A. **Diagnóstico dos Problemas e Potencialidades da Cadeia Produtiva do Milho no Brasil**, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 31 p.

MOSANNA, R; BEHROZYAR, E.K. Morpho-physiological response of maize (*Zea mays* L.) to Zinc Nano-chelate foliar and soil application at different growth stages. **Journal of New Biological Reports**, v. 4, n. 1, p. 46-50, 2015.

MOSIER, A; KROEZE, C. A new approach to estimate emissions of nitrous oxide from agriculture and its implications for the global change N₂O budget. **IGBP Global Change Newsletter**, v. 34, p. 8-13, 1998.

NELSON, M.; MAREIDA, M. **Environmental impacts of the CGIAR: an assessment**, Durban, 2001.

OECD. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT . **OECD environmental outlook to 2020**. Paris: OECD Publications Service, 2001. 89 p.

PETEU, S.F.; OANCEA, F.; SICUIA, O.A.; CONSTANTINESU, F.; DINU, S. Responsive polymers for crop protection. **Polymer**, v. 2, p. 229-251, 2010.

PRASAD, T.N.V.K.V.; SUDHAKAR, P.; SREENIVASULU, Y.; LATHA, P.; MUNASWAMY, V.; REDDY, K.R.; SREEPRASAD, T.S.; SAJANLAL, P.R.; PRADEEP, T. Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut, **J. Plant Nutr.**, v. 35, p. 905-927, 2012.

QUINA, F. H., **Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos**, 2004. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422004000600031>. Acesso em: 10 set. 2018.

RAFIQUE, R.; ARSHAD, M.; KHOKHAR, M. F.; QAZI, I. A.; HAMZA, A.; VIRK, N. Growth Response of Wheat to Titania Nanoparticles Application. **Pakistan NUST Journal of Engineering Sciences**, v. 7, n. 1, pp. 42-46, 2014.

RALIVA, R.; TARAFDAR, J.C. ZnO nanoparticle biosynthesis and its effect on phosphorous mobilizing enzyme secretion and gum contents in cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). **Agric. Res.**, v. 2, p. 48-57, 2013.

RICO, C.M.; BARRIOS, A.C.; TAN, W.; RUBENECIA, R.; LEE, S.C.; VARELA-RAMIREZ, A.; PERALTA-VIDEA, J.R.; GARDEA-TORRESDEY, J.L. Physiological and biochemical response of soil-grown barley (*Hordeum vulgare* L.) to cerium oxide nanoparticles. **Environ Sci Pollut Res**, v. 22, p. 10551–10558, 2015.

SOOYEON, L.; SUNGHYUN, K.; SAEYEON, K.; INSOOK, L. Assessment of phytotoxicity of ZnO NPs on a medicinal plant, *Fagopyrum esculentum*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, n. 2, p. 848–854, 2013.

TAHIR, M.A.; RAHMATULLAH, A.; AZIZ, T.; ASHRAF, M. Wheat genotypes differed significantly in their response to silicon nutrition under salinity stress. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, p. 1658-1671, 2010.

TOSIN, G. A. S. **Caracterização física do uso e ocupação da Bacia Hidrográfica do Rio Cascavel**. 2005. Dissertação de pós-graduação, mestrado, em engenharia agrícola - Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

XIE, Y.; HE, Y.; IRWIN, P.L.; JIN, T.; SHI, X. Antibacterial activity and mechanism of action of zinc oxide nanoparticles against *Campylobacter jejuni*. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 77, p. 2325-2331, 2011.

YANG, F.; HONG, F.; YOU, W.; LIU, C.; GAO, F.; WU, C.; YANG, P. Yang. Influence of nano-anatase TiO₂ on the nitrogen metabolism of growing spinach. **Biol Trace Elem Res**, v. 110, n. 2, p. 179-190, 2006.

ZAVASCHI, E. **Volatilização da amônia e produtividade do milho em função da aplicação de ureia revestida com polímeros**. 2010. Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

ZHENG, L.; HONG, F.; LU, S.; LIU, C. Effect of nano-TiO₂ on strength of naturally aged seeds and growth of Spinach. **Biological Trace Element Research**, v. 105, p. 83-91, 2005.