

ESTUDO COMPARATIVO DE PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE COM UTILIZAÇÃO DE NANOCARBONO

Resumo: *Os benefícios da nanotecnologia para a agricultura têm recebido bastante atenção nas pesquisas atuais. O uso de nanocarbono em fertilizantes tem se mostrado bastante promissor e um dos grandes desenvolvedores de Nanofertilizantes é a China. O presente estudo apresenta uma análise comparativa dos processos de produção de fertilizantes com a utilização de nanocarbono, com foco nas patentes CN102206124 e CN102816003. Foram comparadas as vantagens, desvantagens, similaridades e diferenças. A eficiência no aumento da produtividade agrícola com aplicação de nanopartículas em fertilizantes parece relevante, no entanto, ainda há necessidade de mais estudos acerca do impacto ecotoxicológico dessas nanopartículas.*

Palavras-chave: *Nanofertilizante; Agricultura; Toxicidade; Patente.*

INTRODUÇÃO

Ao compreender em detalhes as características e os benefícios proporcionados pelos fertilizantes com nanocarbono, é possível explorar seu potencial para aumentar a eficiência e a sustentabilidade da agricultura, promovendo práticas agrícolas mais responsáveis e amigáveis ao meio ambiente.

No contexto de seu uso como fertilizantes, pesquisas verificaram que a germinação foi maior para sementes contendo nanocarbons, métodos analíticos indicaram que esta substância é capaz de penetrar no revestimento espesso da semente e favorecer a absorção de água dentro das sementes (Khodakovskaya *et al*, 2009).

Outras pesquisas mostraram que o uso da zeólita na agricultura representa uma boa opção nanotecnológica, como fertilizante de liberação lenta, corretivo do solo, uso eficiente da água de irrigação e como substrato para o crescimento de plantas em bioespaços (Mendez-Argüello *et al*, 2016).

Ainda é controverso o uso de nanocarbono. Se por um lado há um incremento da produção agrícola, por outro, há o risco da toxicidade (Popescu *et al*, 2013).

No entanto, é importante salientar que a literatura científica ainda carece de estudos de longo prazo sobre o uso de fertilizantes de nanocarbono. Portanto, é necessário evitar conclusões precipitadas e promover uma abordagem cautelosa diante dessa questão.

O presente estudo apresenta uma análise comparativa dos processos de produção de fertilizantes com a utilização de nanocarbono, com foco nas patentes CN102206124 e CN102816003 (disponíveis em: <https://pss-system.cponline.cnipa.gov.cn>; <https://patents.google.com/patent/CN102206124A/en?q=CN102206124>). Ambas as patentes descrevem formulações de fertilizantes que incorporam nanocarbono, fornecendo benefícios adicionais para o crescimento e desenvolvimento de plantas.

O objetivo deste estudo é avaliar as vantagens e desvantagens de cada uma dessas patentes, identificar suas similaridades e diferenças. Além disso, busca-se destacar a importância de considerar o impacto ambiental desses processos de produção, levando em conta o contexto atual em que a preservação do meio ambiente é uma preocupação fundamental.

Deve-se sempre lembrar que este estudo não sanará as dúvidas com relação à segurança relacionada à saúde humana e ao meio ambiente. Como há falta de estudos específicos sobre a alimentação humana e o impacto ambiental associado ao uso desses fertilizantes, é possível que existam impactos negativos desconhecidos em ambos os aspectos.

No contexto de seu uso como fertilizantes, pesquisas verificaram que a germinação foi maior para sementes contendo nanocarbonos, métodos analíticos indicaram que esta substância é capaz de penetrar no revestimento espesso da semente e favorecer a absorção de água dentro das sementes (Khodakovskaya *et al*, 2009).

Outras pesquisas mostraram que o uso da zeólita na agricultura representa uma boa opção nanotecnológica, como fertilizante de liberação lenta, corretivo do solo, uso eficiente da água de irrigação e como substrato para o crescimento de plantas em bioespaços (Mendez-Argüello *et al*, 2016).

Ainda é controverso o uso de nanocarbono. Se por um lado há um incremento da produção agrícola, por outro, há o risco da toxicidade (Popescu *et al*, 2013).

No contexto de seu uso como fertilizantes em sistemas hidropônicos, observa-se que os nanocarbonos apresentam toxicidade para as plantas. No entanto, é importante ressaltar que essa observação não pode ser generalizada para o solo (na dosagem ideal não há efeitos ruins).

Algumas pesquisas feitas com testes *in vitro* demonstraram toxicidade do nanocarbono, porém é fundamental considerar que, nesse caso específico, o nanocarbono não foi utilizado em conjunto com o fertilizante, ou como um fertilizante, no solo.

Os estudos realizados em animais aquáticos com o nanocarbono revelaram efeitos adversos, porém é relevante destacar que o nanocarbono estava incorporado na água, onde aparentemente é mais comum tal situação.

É notável ressaltar que, apesar da crescente utilização de fertilizantes de nanocarbono, a disponibilidade de estudos de longo prazo nessa área ainda é limitada na literatura científica. Diante dessa lacuna, é essencial adotar uma abordagem cuidadosa e evitar conclusões precipitadas, destacando a necessidade de pesquisas adicionais para uma compreensão mais aprofundada dos potenciais impactos e benefícios associados a esses fertilizantes.

METODOLOGIA

Na metodologia empregada neste estudo, realizou-se uma busca online no depósito de patentes chinesas para identificar as patentes relevantes relacionadas ao tema em questão. Foi conduzido um estudo comparativo detalhado entre as patentes selecionadas. Esse processo permitirá uma análise mais aprofundada das características, vantagens, desvantagens e informações disponíveis em cada uma das patentes, possibilitando uma compreensão mais abrangente do assunto em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No contexto da presente investigação, foram analisadas duas patentes relevantes que descrevem a aplicação de fertilizantes à base de nanocarbono, destacando suas vantagens e desvantagens. A Tabela 1 apresenta as principais diferenças e semelhanças de produção dos nanofertilizantes chineses.

A primeira patente, CN102206124, ressalta diversas vantagens desse tipo de fertilizante. Observou-se uma redução significativa na volatilização dos Gases de Efeito Estufa (GEE), resultando em benefícios ambientais e contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, constatou-se que a taxa de fertilização com o uso desses fertilizantes é de 50% a 70% superior em comparação com a fertilização convencional, o que pode resultar em um aumento da produtividade agrícola.

A presença do nanocarbono no fertilizante também demonstrou a capacidade de aumentar a permeabilidade e a adsorção de antibióticos, intensificando seu efeito benéfico no controle de doenças. Outra vantagem observada foi a economia de aproximadamente 30% a 50% na quantidade de fertilizante aplicado em comparação com fertilizantes comuns. Além disso, constatou-se que esses fertilizantes têm potencial para tratar diversas doenças em diferentes culturas, bem como purificar o solo contaminado pelo metal pesado cádmio.

Tabela 1 – Tabela de comparação entre as patentes CN102206124 e CN102816003

	CN102206124	CN102816003
Vantagens	A volatilização dos GEE é diminuída.	A taxa de fertilização é 50% a 70% a mais do que na convencional. O nanocarbono presente no fertilizante aumenta a permeabilidade e a adsorção de antibióticos, intensificando seu efeito. Economiza cerca de 30% a 50% da quantidade aplicada de fertilizante no solo em comparação com o fertilizante comum. Trata diversas doenças em

		diferentes culturas. Purifica a poluição do solo por cádmio.
Desvantagens	É fácil de se decompor em condições de alta temperatura e umidade. Geralmente, a taxa de utilização de nitrogênio deste fertilizante é de apenas 25% a 30% e o período de efeito do fertilizante é de apenas 30 a 40 dias.	Por se tratar de um fertilizante orgânico, o mesmo apresenta as mesmas desvantagens para tal: se mal feito, o fertilizante pode contaminar o solo com patógenos.
Diferenças	Utilização dos ingredientes DCD e amônia.	Fermentação do meio de cultura pelas bactérias antibacterianas. Mistura com fertilizante orgânico. Inoculação das bactérias no fertilizante.

Fonte: Autoria própria (2023)

No entanto, também foram identificadas algumas desvantagens associadas aos fertilizantes à base de nanocarbono. Em condições de alta temperatura e umidade, esses fertilizantes têm a tendência de se decompor facilmente, o que pode comprometer sua eficácia. Além disso, a taxa de utilização de nitrogênio desses fertilizantes geralmente é baixa, variando de apenas 25% a 30%, e o período de efeito do fertilizante é relativamente curto, durando de 30 a 40 dias. Vale ressaltar que, por serem fertilizantes orgânicos, eles compartilham as desvantagens típicas desse tipo de fertilizante, como o risco de contaminação do solo por patógenos.

Ao comparar as duas patentes, observa-se que ambos os fertilizantes são à base de nanocarbono, fornecendo benefícios semelhantes em termos de permeabilidade, adsorção de antibióticos e purificação do solo contaminado por cádmio.

No entanto, percebe-se diferenças significativas em relação aos ingredientes utilizados. A patente CN102206124 menciona a utilização de DCD – dicianodiamida (inibidor da nitrificação do nitrogênio amoniacal) e amônia, enquanto a patente CN102816003 descreve

a fermentação do meio de cultura por bactérias antibacterianas, a mistura com fertilizante orgânico e a inoculação de bactérias no fertilizante.

É importante destacar que ambas as patentes apresentam informações faltantes que limitam uma análise mais abrangente. As informações ausentes incluem a fórmula molecular, o tipo de nanocarbono utilizado, as proporções das substâncias presentes, bem como uma visão geral mais detalhada das vantagens e desvantagens de cada método utilizado para a concepção da invenção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escassez de pesquisas de longo prazo sobre o assunto ressalta a necessidade de conduzir estudos adicionais e avaliações rigorosas, tanto para compreender os efeitos na saúde humana como para avaliar os impactos ambientais antes de considerar a utilização desses fertilizantes em larga escala na produção de alimentos e em práticas agrícolas. É fundamental obter um conhecimento aprofundado dos potenciais riscos associados ao uso desses fertilizantes, tanto para a saúde humana como para a preservação do meio ambiente.

Devido à ausência de informações (Fórmula molecular, tipo de nanocarbono usado, proporções das substâncias, um panorama de vantagens e desvantagens de cada um dos diferentes métodos usados para se fazer a invenção) essenciais em ambas as patentes analisadas, torna-se inviável conduzir uma investigação abrangente e reproduzir os resultados mencionados. É imprescindível que os depositantes de patentes chinesas adotem medidas efetivas para assegurar a integridade e a completude dos dados fornecidos, permitindo assim que outras pessoas possam reproduzir e validar os resultados descritos.

Além disso, é fundamental que sejam estabelecidos mecanismos de revisão e aprimoramento do processo de submissão de patentes, a fim de garantir a inclusão de todas as informações necessárias para uma avaliação criteriosa. Dessa forma, promoveremos um ambiente mais propício à pesquisa científica e à inovação tecnológica, no qual a transparência e a replicabilidade das descobertas são valorizadas e respeitadas.

Dessa forma, este estudo visa contribuir para o avanço do conhecimento científico nessa área, fornecendo informações relevantes para pesquisadores, agricultores e profissionais do setor agrícola interessados em utilizar fertilizantes com nanocarbono como uma alternativa promissora para o aumento da produtividade agrícola, ao mesmo tempo em que se busca a preservação e proteção do ambiente.

REFERÊNCIAS

AAZAMI, Ali Mohammad; MEHRABANI, Vojodi Lamia; HASHEMI, Tahereh; BAGHER, Hassanpouraghdam Mohammad; RASOULI, Farzad. Soil-based nano-graphene oxide and foliar selenium and nano-Fe influence physiological responses of 'Sultana' grape under salinity. *Scientific Reports*, v. 12, n. 1, p. 4234 2022.

BEGUM, Parvin; FUGETSU, Bunshi. Phytotoxicity of multi-walled carbon nanotubes on red spinach (*Amaranthus tricolor* L) and the role of ascorbic acid as an antioxidant. *Journal of Hazardous Materials*, v. 243, p. 212-222, 2012.

BULMARO MENDEZ ARGUELLO, RICARDO HUGO LIRA SALDIVAR., ILEANA VERA REYES. Respuestas fisiológicas de plantas cultivadas en bioespacios por efecto de nanofertilizantes y zeolita. Disponível em: <http://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/333>

CHINA, <https://pss-system.cponline.cnipa.gov.cn/conventionalSearch>, acesso em maio de 2023. APUD: <https://patents.google.com/patent/CN102206124A/en?q=CN102206124> e <https://patents.google.com/patent/CN102816003A/en?q=CN102816003>

HAO, Yi et al. Carbon nanomaterials alter plant physiology and soil bacterial community composition in a rice-soil-bacterial ecosystem. *Environmental pollution*, Elsevier, v. 232, p. 123–136, 2018.

KHODAKOVSKAYA, M.; DERVISHI, E.; MAHMOOD, M.; XU, Y.; LI, Z.; WATANABE, F.; BIRIS, A. S. *ACS Nano* 2009 3 (10), 3221-3227. DOI: 10.1021/nn900887m

LAM, Chiu-wing et al. A review of carbon nanotube toxicity and assessment of potential occupational and environmental health risks. *Critical reviews in toxicology*, Taylor & Francis, v. 36, n. 3, p. 189–217, 2006.

LIN, Chun et al. Studies on toxicity of multi-walled carbon nanotubes on arabidopsis t87 suspension cells. *Journal of Hazardous Materials*, Elsevier, v. 170, n. 2-3, p. 578–583, 2009.

POPESCU, B. M.; ALI, N.; BASTUREA, G.; COMSA, G. I.; MATERON, L. A.; CHIPARA, M.; *Appl. Surf. Sci.* 2013, 275, 2.

SAFDAR, Mahpara et al. Engineering plants with carbon nanotubes: a sustainable agriculture approach. *Journal of Nanobiotechnology*, BioMed Central, v. 20, n. 1, p. 1–30, 2022.

STAMPOULIS, Dimitrios; SINHA, Saion K.; WHITE, Jason C. Assay-dependent phytotoxicity of nanoparticles to plants. *Environmental science & technology*, v. 43, n. 24, p. 9473-9479, 2009.

WANG, Shiya; LIU, Ying; WANG, Xinyi; XIANG, Hongtao; KONG, Deyong; WEI, Na; GUO, Wei; SUN, Haiyan. Effects of concentration-dependent graphene on maize seedling development and soil nutrients. *Scientific Reports*, v. 13, n. 1, p. 2650, 2023.