

FOSFATOS NANOMÉTRICOS DISPERSOS EM MATRIZ DE UREIA E AMIDO NA FERTILIZAÇÃO DO *PANICUM MAXIMUM* CV. BRS ZURI

H. P. Gestal^{1,*}, A. S. Giroto², G. G. F. Guimarães³, A. L. M. Maricato¹, C. R. Oliveira², D. M. Fernandes¹

¹ Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, Avenida Universitária, 3780, 18.610-034, Botucatu, São Paulo

² Embrapa Instrumentação, Rua XV de Novembro, 1452, 13.650-370, São Carlos, São Paulo

³ Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Rodovia Antônio Heil, 6800, 88.318-112, Itajaí, Santa Catarina

* Autor correspondente, e-mail: heitor_reis@hotmail.com

Resumo: O fósforo (P) é um importante macronutriente responsável pelo crescimento e produção de culturas agrícolas. Cerca de 80% de P aplicado como fertilizante é perdido para o ambiente ou ligado quimicamente no solo. Os fertilizantes nanoparticulados apresentam um potencial para melhoraria na eficiência de P, com base na hipótese de que as partículas nanométricas apresentam maior mobilidade e disponibilidade no solo. Um desafio a ser superado é desenvolver estratégias para manter as partículas de fosfatos em escala nanométricas e evitar sua reaglomeração. Estudos recentes têm demonstrado que a ureia fertilizante apresenta potencial como matriz para dispersão de fosfatos, evitando a reaglomeração das partículas, além de fornecer nitrogênio (N) que é o fertilizante mais requerido pelas culturas. Portanto, a proposta central deste trabalho foi processar e caracterizar um nanocompósito baseado na dispersão de superfosfato triplo (ST) em matriz de ureia (Nano-ST) e avaliar o suprimento de N e P pela planta. Para isso foi realizado um experimento em casa de vegetação e a cultivar de Panicum BRS Zuri foi conduzida em PGCs. O tratamento com Nano-ST propiciou maior teor foliar de N para o *Panicum maximum* cv. BRS Zuri em relação ao tratamento com ST comercial + ureia comercial.

Palavras-chave: nanotecnologia, superfosfato triplo, fertilizantes, fósforo, nitrogênio.

NANOMETRIC PHOSPHATES SCATTERED IN UREA AND STARCH MATRIX FOR PANICUM MAXIMUM CV. BRS ZURI FERTILIZATION

Abstract: Phosphorus (P) is an important macronutrient responsible for crop growth and production. About 80% of P applied as fertilizer is lost to the environment or chemically bound in the soil. Nanoparticle fertilizers have a potential to improve P efficiency based on the hypothesis that nanometric particles have greater mobility and availability in the soil. A challenge to be overcome is to develop strategies to keep phosphate particles nanometer-sized and prevent them from re-agglomerating. Recent studies have shown that urea fertilizer has potential as a matrix for phosphate dispersion, avoiding particle agglomeration, as well as providing nitrogen (N) which is the most required fertilizer by crops. Therefore, the main purpose of this work was to process and characterize a nanocomposite based on triple superphosphate (ST) dispersion in urea matrix (Nano-ST) and to evaluate the plant N and P supply. An experiment was carried out in a greenhouse and the Panicum BRS Zuri cultivar was conducted in PGCs. Nano-ST treatment provided higher leaf N content for *Panicum maximum* cv. BRS Zuri regarding treatment with commercial ST + commercial urea.

Keywords: nanotechnology, triple superphosphate, fertilizers, phosphorus, nitrogen.

1. Introdução

A nanotecnologia tem sido proposta como uma tecnologia emergente com potencial para

melhorar as formulações de fertilizantes (GOGOS et al., 2012). Os nanomateriais podem ser definidos como materiais que têm uma dimensão inferior a 100 nm (POWERS et al., 2006). O tamanho reduzido e, portanto, a alta relação entre superfície e volume das nanopartículas conferem comportamento diferente em relação a partículas de tamanho maior do mesmo material. Por exemplo, com base na termodinâmica, espera-se que as nanopartículas se dissolvam mais rapidamente e sejam mais móveis em meios porosos desse mesmo material em maior tamanho (BORM et al., 2006).

Assim, devido às propriedades distintas das nanopartículas, os nanofertilizantes poderiam ser projetados para evitar a imobilização de nutrientes no solo e para melhor sincronizar a liberação de nutrientes com a demanda da planta (DEROSA et al., 2010). Partículas de tamanho nanométrico podem potencialmente se mover no solo e alcançar as raízes da planta através de fluxo de massa, provocado pelo movimento de água do solo para raízes criado pela transpiração (MONTALVO, MCLAUGHLIN e DEGRYSE, 2015).

A estratégia envolvendo a dispersão de fontes de fosfato mineral em ureia e amido termoplástico (TPSUr) tem um grande potencial, permitindo a liberação controlada de N e aumentando a disponibilidade de P no solo. Giroto et al (2017) estudaram o efeito de TPSUr como matriz de encapsulamento de fertilizante fosfatado, concluíram que a interação entre Hap e ureia são provavelmente os fatores responsáveis por reduzir a imobilização do fósforo e, conseqüentemente, proporcionaram maior disponibilidade de P no solo durante o período de incubação analisado.

Fosfatos nanométricos dispersos em amido termoplástico com ureia apresentam maior disponibilidade de P após o período de incubação, mostrando uma diminuição da adsorção de P pelo solo em comparação com superfosfato simples e hidroxiapatita pura. Este resultado pode ser explicado por dois fatores: o primeiro está relacionado ao aumento do pH do solo em torno das partículas devido à hidrólise da ureia, que pode atingir o pH entre 8 a 9. O segundo fator é a interação entre os íons NH_4^+ formados durante a hidrólise de ureia e liberação de ânions de P oriundos da hidroxiapatita, proporcionando uma redução na adsorção do fósforo (GIROTO et al., 2017).

Portanto os mesmos autores concluíram que a matriz amido:ureia junto com a Hap são capazes de controlar a liberação da ureia no solo, e conforme a ureia for sendo liberada, sua hidrólise provoca um aumento do pH do solo, que por sua vez reduzirá a adsorção de P no solo, permitindo inferir que os materiais utilizados nesse trabalho podem propiciar uma relação de sinergismo entre as fontes de N e P.

2. Materiais e Métodos

2.1 Caracterização da área experimental e solo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Faculdade de Ciências Agronômicas (UNESP-FCA), Botucatu-SP, durante o período de 30 de maio de 2019 a 15 de julho de 2019, com datalogger modelo CR10 Campbell Scientific (Campbell Scientific, Inc., Logan, UT).

O solo selecionado para este estudo foi coletado na Fazenda Experimental Lageado – Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, localizada no município de Botucatu, São Paulo, Brasil (22°46'54" S 48°33'49" O). A coleta foi realizada na profundidade de 0-0,2 m de profundidade, sendo classificado como LATOSSOLO VERMELHO distroférico, LVdf, cujas características químicas e físicas estão detalhadas nas tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Características químicas do solo avaliadas na camada de 0,0-0,20 m.

Solo	pH (CaCl ₂)	M.O. g/dm ³	P _{resina} mg/dm ³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V (%)
				mmol _c /dm ³						
Argiloso	4,4	22	4,0	43	0,9	18	7	26	69	37

Tabela 2. Características granulométricas do solo avaliadas na camada de 0,0-0,20 m.

Solo	Argila	Areia (g/kg)	Silte
Argiloso	438	352	210

2.2 Processamento e caracterização dos nanofertilizantes

Com base em estudos anteriores e com base na experiência prévia do grupo de pesquisa as matérias primas utilizadas nas formulações de nanocompósitos foram: ureia, superfosfato triplo, Amidex 3001, ácido cítrico e ácido esteárico.

Foi produzido um gel de amido utilizando a proporção de 56% de amido, 24% de ureia e o restante de água e a esse gel foi adicionado ao superfosfato triplo (ST) (moído apresentando uma de suas dimensões inferior a 100 nm), que foi homogenizado em uma bateadeira planetária e para produção dos pellets um moedor de carne manual foi utilizado para o processamento a frio do material. Esse nanocompósito foi designado como Nano-ST, sendo estudado na forma de grânulo.

Após o processamento do fertilizante foi realizada a caracterização química do mesmo, juntamente com o superfosfato triplo. Com base nas recomendações do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento foram determinados os teores de P total, P em ácido cítrico a 2% (AC), P em citrato neutro de amônio (CNA), P em água (Ag), bem como os teores de potássio (K) e enxofre (S), sendo que os valores encontrados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Composição química dos fertilizantes fosfatos

Fertilizante	N	P ₂ O ₅ Total	P ₂ O ₅ AC	P ₂ O ₅ CNA	P ₂ O ₅ Ag	K ₂ O	S
	----- % -----						
Superfosfato Triplo comercial	2,1	41,0	37,0	40,0	40,0	0,8	0,8
Nanocompósito ST	28,0	13,0	9,0	13,0	4,0	0,0	0,0

T- Fósforo Total; AC – Ácido Cítrico a 2% Rel-1:100; CNA - Citrato neutro de amônio; Ag – água

2.3 Delineamento experimental e tratamentos

Com o objetivo de avaliar se os nanofertilizantes fosfatados podem aumentar a eficiência da fertilização com P em solos ácidos através de uma melhor mobilidade no solo, serão utilizados Plant Growth Containers (PGCs) (Figura 1). O experimento será composto por 2 fertilizantes (ST e Nano-ST) aplicado na superfície do solo, aplicado na região central dos PGCs. A dose aplicada de P foi de 90 mg kg⁻¹ de solo.

O dispositivo desenvolvido para a formação do tapete de raízes e separação deste do solo consistiu em dois recipientes de cano de PVC com 10 cm de diâmetro e 10 cm de altura, separados por uma tela de nylon. Foram cultivadas três plantas de *Panicum maximum* cv. BRS Zuri em cada PGC. Cada PGC foi composto por dois compartimentos. O compartimento superior foi preenchido com areia e abrigou o tapete de raízes formadas pelas plantas sobre uma tela de nylon que delimitou os compartimentos, impedindo a transposição das raízes para o solo contido imediatamente abaixo, no compartimento inferior. O compartimento inferior foi preenchido com solo já detalhado anteriormente e foi fechado com uma tela de tecido na extremidade inferior para permitir a ascensão da água por capilaridade.

A areia utilizada no compartimento superior foi lavada com água corrente para retirada de impurezas grosseiras e, em seguida, esterelizada com ácido clorídrico (HCl) na concentração 0,1 mol L⁻¹. Foi fornecida água deionizada no fundo das bandejas que alocam os PGCs. A cada sete dias foi fornecido solução nutritiva de Hoagland com ausência de P.

No tratamento contendo ST foi adicionada ureia com o objetivo de equilibrar a concentração de N com o tratamento contendo o Nano-ST. Os grânulos de ureia foram adicionados juntos com os grânulos de ST.

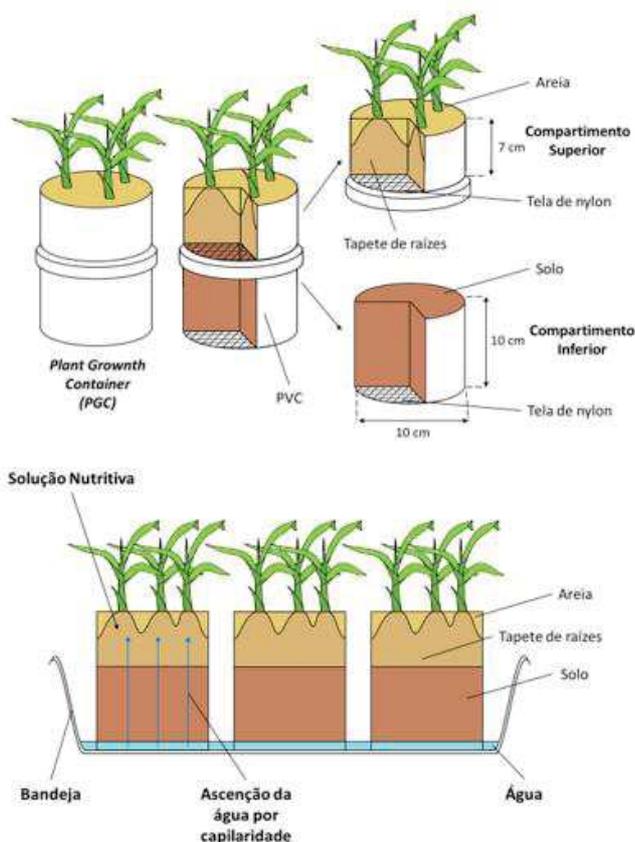


Figura 1. Plant Growth Containers (PGCs)

2.4 Análises do tecido vegetal

Para avaliação do estado nutricional das plantas as amostras de folhas utilizadas para determinação de massa de matéria seca foram moídas e digeridas por solução nítrico-perclórica. O teor de P foi determinado em ICP-MS. O teor de N total foi determinado pela digestão sulfúrica e destilação Kjeldhal (MALAVOLTA et al., 1997).

2.5. Análise estatística

Nos conjuntos de dados considerados, foi analisada a normalidade dos dados, utilizando-se o teste de Anderson-Darling e verificando-se a homocedasticidade dos dados com o teste da equação da variância (ou teste de Levenn's). Os dados foram submetidos à análise de variância, com níveis de significância de 0,05 de probabilidade de erro, pelo teste F. As médias foram submetidas ao teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro utilizando-se o programa estatístico SISVAR.

3. Resultados e Discussão

O teor foliar de N no *Panicum maximum* cv. BRS Zuri foi influenciado pela formulação do fertilizante aplicado no solo.

O tratamento contendo Nano-ST apresentou valor médio de 37 g/kg de N no tecido foliar, enquanto que o tratamento que recebeu a aplicação de ST e ureia comerciais apresentou teor médio de 30,5 g/kg de N.

Esses dados revelam que a mistura de P e N no mesmo grânulo associado ao gel de amido proporcionaram melhor absorção de N do que quando aplicados de forma separada. Tal fato pode ter ocorrido devido a relação sinérgica entre estes nutrientes.

Acredita-se que assim como a solubilidade do P em água reduziu no composto em relação ao produto comercial, o mesmo fato pode ter ocorrido com o N da ureia, seja devido a presença do amido ou pelas relações que P e N apresentam no solo.

Portanto com uma liberação controlada do N acredita-se que houve uma menor perda desse nutriente por volatilização, permitindo que as plantas absorvessem maior quantidade do mesmo, o que resultou no maior teor foliar.

O teor foliar de P não foi influenciado pelas formulações utilizadas nesse estudo.

Tabela 4. Teores foliares de N e P em resposta a aplicação de ST + ureia e Nano-ST.

Tratamentos	N (g/kg)	P (g/kg)
ST +ureia	30,50 b	0,97 a
Nano-ST	37,00 a	1,05 a

4. Conclusões

O Nano-ST propiciou maior teor foliar de N para o *Panicum maximum* cv. BRS Zuri em relação ao tratamento com ST comercial + ureia comercial.

O Nano-ST é um fertilizante promissor, já que demonstrou ser um produto eficiente e sustentável, possuindo melhor aproveitamento pelas plantas e menores perdas para o ambiente.

Agradecimentos

Agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento deste projeto de pesquisa (Processo 2018/01444-3). A EMBRAPA Instrumentação pelo suporte necessário na síntese dos materiais utilizados neste estudo.

Referências

- BORM, Paul. et al. Research strategies for safety evaluation of nanomaterials, part V: role of dissolution in biological fate and effects of nanoscale particles. *Toxicological Sciences*, v. 90, n. 1, p. 23-32, 2006.
- DEROSA, M. C.; MONREAL, C.; SCHNITZER, M.; WALSH, R.; SULTAN, Y. Nanotechnology in fertilizers. *Nature nanotechnology*, v. 5, n. 2, p. 91-91, 2010.
- GIROTO, A. S.; GUIMARÃES, G. G.; FOSCHINI, M., RIBEIRO, C. Role of Slow-Release Nanocomposite Fertilizers on Nitrogen and Phosphate Availability in Soil. *Scientific Reports*, v. 7, p. 46032, 2017.
- GOGOS, Alexander; KNAUER, Katja; BUCHELI, Thomas D. Nanomaterials in plant protection and fertilization: current state, foreseen applications, and research priorities. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 60, n. 39, p. 9781-9792, 2012.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.
- MONTALVO, D.; MCLAUGHLIN, M. J.; DEGRYSE, F. Efficacy of hydroxy apatite nanoparticles as phosphorus fertilizer in andisols and oxisols. *Soil Science Society of America Journal*, v. 79, n. 2, p. 551-558, 2015.
- POWERS, Kevin W. et al. Research strategies for safety evaluation of nanomaterials. Part VI. Characterization of nanoscale particles for toxicological evaluation. *Toxicological Sciences*, v. 90, n. 2, p. 296-303, 2006.