

Fertilizantes de liberação controlada e seus efeitos no milho

Controlled release fertilizers and their effects on corn

João Victor Mendonça Alves

Universidade Evangélica de Goiás

E-mail: jmendonca.alves00@gmail.com

OrcID: <https://orcid.org/0000-0002-9336-0659>

Lucas Marques Faleiro

Universidade Evangélica de Goiás

E-mail: lmarguesfaleiro@gmail.com

OrcID: <https://orcid.org/0000-0002-0260-118X>

Cláudia Fabiana Alves Rezende

Universidade Evangélica de Goiás

E-mail: claudia7br@msn.com

OrcID: <https://orcid.org/0000-0003-1789-0516>

Data de recebimento: 03/02/2023

Data de aprovação: 03/07/2023

DOI: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v16i56.16772>

Resumo: o objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência de tecnologias de adubação com fertilizantes de liberação controlada do N nas características morfológicas e produtivas do milho segunda safra. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições e quatro tratamentos: T1: 05-25-15+ ureia convencional; T2: 05-25-15+ ureia de liberação lenta; T3: 23-14-14; T4: 23-14-14+ ureia convencional. Avaliou-se as características agrônomicas e produtivas. Os resultados foram submetidos à análise de variância, teste F, e aplicado o teste de médias de Tukey. A forma de disponibilização do N afeta o seu desenvolvimento morfológico e produtivo. Os fertilizantes de liberação lenta e controlada proporcionam melhor desempenho em altura, na massa de mil grãos, número de espigas e no peso médio das espigas e maior produtividade. As condições edafoclimáticas podem influenciar no desempenho dos fertilizantes revestidos, pois proporcionam resultados estatisticamente semelhantes ao uso da ureia convencional, na mesma dose total de N.

Palavras-chave: Adubação. Liberação Lenta. *Zea mays*.

Abstract: The objective of this work was to verify the efficiency of fertilization technologies with N-controlled release fertilizers on the morphological and productive characteristics of corn second crop. The experimental design was in randomized blocks, with four replications and four treatments: T1: 05-25-15+ conventional urea; T2: 05-25-15+ slow-release urea; T3: 23-14-14; T4: 23-14-14+ conventional urea. The agronomic and productive characteristics were evaluated. The results were submitted to analysis of variance, using F test, and Tukey's mean test was applied. How N is made available affects its morphological and productive development. Slow and controlled release fertilizers provide better performance in height, thousand-grain mass, number of ears and average weight of ears and higher productivity. The edaphoclimatic conditions can influence the performance of

coated fertilizers, as they provide statistically similar results to the use of conventional urea, at the same total dose of N.

Keywords: Fertilizing. Slow Release. *Zea mays*.

1 Introdução

Uma das principais commodities que giram não só a economia brasileira, mas a mundial é o milho (*Zea mays* L.). O manejo adequado do nitrogênio (N) para o milho é difícil de determinar, uma vez que a disponibilidade do nutriente para as plantas é afetada por vários fatores incontrolláveis, como as propriedades do solo, precipitação e temperatura. Além disso, os requisitos de N estão diretamente ligados aos rendimentos esperados (Morris *et al.*, 2018).

Estima-se que, devido a ocorrência de perdas, a eficiência de aproveitamento de N pelas plantas seja de apenas 40% a 50% da quantidade aplicada. Neste sentido, visando reduzir perdas e aumentar a eficiência de uso do N, tem-se o uso de revestimentos nos fertilizantes para controlar a liberação dos nutrientes. A utilização de fertilizantes que apresentam uma liberação mais lenta ou controlada, proporciona os nutrientes de acordo com os estádios de desenvolvimento e de crescimento das plantas, tem sido considerada uma alternativa para aplicação mais eficiente de fertilizantes (Geromel *et al.*, 2019).

Bono, Setti, Traesel e Ranno (2011) avaliando teores foliares, eficiência do uso de N e a produtividade de grãos na cultura do milho, observaram que na comparação entre as fontes, o N de liberação lenta apresentou melhor eficiência do uso do nutriente, em relação aos outros tratamentos com N convencionais, sendo observado uma diferença de utilização de aproximadamente 80% a mais do que o convencional.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência de tecnologias de adubação com fertilizantes de liberação controlada do N nas características morfológicas e produtivas do milho segunda safra.

2 Materiais e Métodos

O experimento trata-se de pesquisa de campo realizada na Unidade Experimental Archibald, na Fazenda Escola da UniEvangélica, no município de Anápolis, GO (16°17'38.8" Sul e longitude de 48°56'11.9" Oeste). A classificação climática de Köppen-Geiger da região é tipo Aw, com duas estações bem definidas, sendo uma quente e chuvosa e a outra fria e seca. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, 36% de argila, 45% de areia e 19% de silte, com o seguinte perfil de fertilidade (00-0,20 m): pH (CaCl₂) 5,4; MO– 3,6%; P (Mehl)– 1,6 mg dm⁻³; K– 127 mg dm⁻³; Ca; Mg; H+Al e T de 3,6; 1,6; 3,9 e 9,4 cmol_c dm⁻³ respectivamente; V– 58,6% e m– 0,0%.

No experimento foi utilizado o híbrido comercial LG36790 VT PRO3®. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições, cada repetição com cinco linhas de plantas, espaçadas de 0,65 m. Os tratamentos foram assim divididos: T1: 05-25-15 (400 kg ha⁻¹), com ureia convencional em cobertura adotando 100 kg ha⁻¹, divididos em duas etapas, V4 e V8; T2: 05-25-15 (400 kg ha⁻¹), cobertura utilizado (100 kg ha⁻¹) ureia revestida por enxofre (S) no estágio V4; T3: 23-14-14 (541 kg ha⁻¹) sem cobertura; T4: 23-14-14 (350 kg ha⁻¹), cobertura de 50 kg ha⁻¹ de ureia convencional em V4.

O adubo 23-14-14 é composto por dois tipos de grânulos: o primeiro possui espessura de camada interna e externa de aproximadamente 35,88 e 34,53 µm, respectivamente, e o segundo possui camada única com espessura de 50,34 µm, observando um modelo sigmoidal de liberação do N (Minato *et al.*, 2020).

A área se encontra em sistema de plantio direto e o preparo foi realizado com adição de calcário dolomítico na dosagem de $1,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ (15% Mg, 30% Ca). O preparo da área para a semeadura foi efetuado com a roçagem da área. Aos 15 dias após a emergência (DAE) foi realizada a aplicação do herbicida glifosato na dosagem de $3,0 \text{ L ha}^{-1}$, a fim de controlar a incidência de plantas invasoras. A semeadura e adubação foram realizadas no dia 22 de fevereiro de 2022. Foram semeadas $3,8 \text{ sementes m}^{-1}$, com uma população final de 58.458 mil plantas ha^{-1} . Aos 30 DAE foi aplicado o fungicida opera® na dosagem de $0,5 \text{ ml ha}^{-1}$.

A adubação de cobertura foi realizada no dia 15 de março de 2022, onde foram realizadas as primeiras aplicações de ureia no estágio V4 do milho, adotando 100 kg ha^{-1} de ureia no T1, divididos em duas parcelas, em V4 (50 kg ha^{-1}) e V8 (50 kg ha^{-1}), em T2 foi utilizado 100 kg ha^{-1} de ureia revestida com enxofre aplicado em V4, em T3 não foi realizada cobertura, e em T4 foi utilizado 50 kg ha^{-1} de ureia convencional. A ureia utilizada contém 45% N.

Foram utilizados como parâmetros de avaliações a altura da planta (m) (AP), e o diâmetro de colmo (DC) em mm. A altura de planta e diâmetro de colmo foram avaliados em quatro momentos: após a 1ª aplicação de cobertura em V4, após a 2ª aplicação de cobertura em V8, em V12 e no florescimento pleno. Também foi avaliado a altura da inserção da espiga (m), no florescimento pleno e a produtividade (Pr), no final do experimento.

A colheita foi realizada manualmente aos 131 DAE, no ponto de colheita (umidade do grão de 13%). A determinação da produtividade foi realizada contando o número de plantas em 10 m e coletando-se três espigas aleatórias para determinação da média do peso dos grãos das três espigas. Sendo realizadas quatro repetições por parcela. Foi avaliado o comprimento de espiga (cm); diâmetro de espiga (mm); número de fileiras de grãos, número de grãos por fileira e massa de 1.000 grãos (g).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando ocorreram diferenças significativas, identificadas pelo teste F ($P < 0,05$), se aplicou o teste de médias de Tukey, utilizando-se programa estatístico Sisvar, versão 5.6 (Ferreira, 2014).

3 Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para o milho segunda safra, para os parâmetros de altura da planta são apresentados na Tabela 1. Não foram observadas diferenças estatísticas para o diâmetro final das plantas e para a altura de inserção da espiga (variação de 0,95 m a 1,0 m), entre os diferentes tratamentos.

Nota-se que o uso do 23-14-14, com liberação sigmoideal, liberação que se mantém mínima, ao longo do tempo devido ao revestimento duplo do grânulo do adubo, apresentou o melhor desempenho das plantas em altura em relação a ureia de liberação lenta (T2), o que evidencia a proteção que esse fertilizante proporciona contra a perda por lixiviação dos nutrientes durante as precipitações finais do verão ou as perdas por volatilização da ureia, ou seja, o fertilizante apresenta a eficiência esperada. Deve-se destacar que estes parâmetros, de menor perda por lixiviação e volatilização, são parâmetros importantes quando se leva em consideração os aspectos de contaminação ambiental e a redução dos custos de produção ao longo dos anos.

Tabela 1. Diâmetro e altura de plantas de milho em V4 (17 dias após a emergência - DAE), V8 (31 DAE), V12 (56 DAE) e no florescimento pleno (70 DAE), frente a diferentes fontes no fornecimento de nitrogênio (N).

Table 1. Diameter and height of corn plants at V4 (17 days after emergence - DAE), V8 (31 DAE), V12 (56 DAE) and at full flowering (70 DAE), against different sources in the supply of nitrogen (N).

Tratamentos	Diâm. 17 DAE		Alt 17 DAE		Diam 31 DAE		Alt 31 DAE		Diam 56 DAE		Alt 56 DAE		Diam 70 DAE		Alt 70 DAE	
	mm		m		mm		m		mm		m		mm		m	
	05-25-15+ ureia	14,3	c	0,34		27,1	ab	0,5	c	29,6	1,60	ab	31,1	2,46	ab	
05-25-15+ ureia lib. lenta	14,9	bc	0,35		24,6	b	0,6	b	28,9	1,55	b	30,0	2,41	b		
23-14-14	16,3	ab	0,32		27,0	ab	0,7	a	31,2	1,66	a	30,8	2,51	a		
23-14-14+ ureia	16,7	a	0,32		27,8	a	0,6	ab	31,4	1,61	ab	30,3	2,43	ab		
Teste F	0,00 **		0,50 ns		0,02 *		0,00 **		0,09 n.s		0,02 *	0,78 ns		0,02 *		
CV (%)	13,61		10,78		14,1		12,78		13,44		7,94		12,8		4,74	

*médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Fonte:** Elaborada pelo autor (2022).

*means followed by the same letter in the column do not differ according to Tukey's test at 5% probability. **Source:** Prepared by the authors (2022).

Segundo Valderrama, Buzetti, Teixeira Filho, Benett, Andreotti (2014), as ureias revestidas não são eficientes nas condições edafoclimáticas de Cerrado, pois proporcionam resultados semelhantes à ureia convencional para altura, diâmetro, altura de inserção da primeira espiga, tanto no cultivo safrã como na safrinha. O que corrobora parcialmente os resultados observados neste trabalho, visto que para a altura de plantas o tratamento com uso do 23-14-14 isolado apresentou melhor desempenho na altura final, mas superando estatisticamente somente o T2, mas para o diâmetro final e altura de inserção de espiga os resultados não apresentaram diferenças significativas (Tabela 1).

Para os parâmetros de produtividade e produção os dados são apresentados na Tabela 2. Não ocorre diferença estatística para os testes realizados em diâmetro de espiga, número de fileiras, grãos por fileira e número de grãos por espiga. Já a produtividade de grãos de milho foi afetada pelas fontes de N utilizadas (Tabela 2).

Tabela 2. Médias referentes comprimento da espiga (CE), massa de mil grãos (MMG), número de espigas em 10 m (NE), peso médio de três espigas (PME), produtividade (PROD), frente a diferentes fontes no fornecimento de nitrogênio (N).

Table 2. Averages referring to ear length (CE), thousand-grain mass (MMG), number of ears in 5 m (NE), average weight of three ears (PME), yield (PROD), against different sources in the supply of nitrogen (N).

Tratamentos	CE	MMG	NE	PME	PROD
	cm	g	-	g	kg ha ⁻¹
05-25-15 + ureia conv.	20,1* a	287,0 c	23,5 ab	207,3 b	7.526,9 ab
05-25-15 + ureia liberação lenta	19,6 a	314,5 b	20,1 b	216,7 ab	6.711,8 b
23-14-14	19,4 a	333,8 a	24,0 a	230,7 a	8.498,9 a
23-14-14 + ureia conv.	18,6 b	300,1 bc	24,3 a	208,0 b	7.807,5 ab
CV (%)	6,12	8,05	23,04	14,40	28,27

*Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

*Means followed by the same letter do not differ from each other, by Tukey's test at 5% probability.

Source: Prepared by the author (2022).

Para o comprimento de espiga, número de espigas, peso médio de espigas, a ureia convencional apresentou desempenho satisfatório frente aos demais tratamentos. Para a massa de mil grãos (MMG) observa-se que o uso do fertilizante 23-14-14 apresentou melhor desempenho, destaca-se novamente o melhor uso dos nutrientes disponibilizados gradativamente pelo material. Para Zavaschi *et al.* (2014), a MMG, apresentou melhor desempenho para a ureia revestida em diferentes doses. Os autores destacam que a nutrição inadequada proporcionada pela ausência e a redução das doses em um fertilizante sem revestimento, acarreta na diminuição do N disponível a planta, refletindo negativamente na densidade de grãos.

Para a produtividade observa-se que não ocorre diferença estatística entre o uso do 23-14-14, 05-25-15+ ureia e 23-14-14+ ureia, sendo que a ureia com liberação controlada apresentou o pior desempenho (redução de 21% para a maior produção). Mesmo não sendo diferentes estatisticamente o uso do 23-14-14, apresentou um acréscimo de produção de 8% em relação a menor dosagem do mesmo fertilizante com ureia em cobertura, e aumento de 14,5% com relação ao uso do 05-25-15+ ureia.

Valderrama *et al.* (2014) não observaram diferenças significativas com o uso de ureia revestida e ureia convencional em componentes de produção e produtividade de grãos de milho, tanto no cultivo safrinha como na safrinha. Civardi, Silveira Neto, Ragagnin, Godoy e Brod (2011) também não constataram efeito significativo entre a ureia convencional e a ureia revestida por polímero, ambas na mesma dose. O que corrobora o observado neste trabalho, visto que a ureia convencional ainda apresentou semelhança estatística aos demais tratamentos.

Minato *et al.* (2020) utilizando diferentes fontes de adubação lenta e controlada, sendo um deles o 23-14-14, observou que a liberação de N ao longo do tempo foi diferente para cada fertilizante, enfatizando que, o revestimento duplo do grânulo do adubo 23-14-14, promoveu uma liberação de acordo com o tempo, quando comparado as outras fontes dos demais nutrientes, devido a maior espessura do revestimento, fez com que permanecessem disponíveis a planta até mesmo no final do ciclo. O que pode justificar a produtividade observada neste trabalho, onde o tratamento com 23-14-14 apresentou o melhor desempenho produtivo.

O desempenho não satisfatório apresentado pelo uso do 05-25-15+ ureia revestida, pode estar associada a liberação de N precocemente acarretando em menor absorção pela

planta e maior lixiviação do nutriente. Trenkel (2021) esclarece que ureias revestidas com S estão sujeitas a danos no revestimento e sua liberação varia de acordo com a quantidade de grânulos com defeito, fazendo com que ocorra a liberação imediata após o contato com a água do solo (sendo denominada como explosão).

A seleção de cada fertilizante pode variar de acordo com a escolha da cultura, tipo de clima, temperatura, textura, composição do solo e duração de produção. Podendo ser baseados nos resultados de Freitas *et al.* (2022), onde os fertilizantes nitrogenados de liberação lenta ou controlada e os fertilizantes nitrogenados estabilizados não apresentaram aumento de produtividade, mesmo apresentando maior aproveitamento do N aplicado em comparação com a ureia convencional. Porém, destacam um significativo ganho econômico, em se utilizar fontes de fertilizantes mais eficientes, por haver melhor aproveitamento do nutriente aplicado pela cultura, sendo este um produto de aplicação única, podendo reduzir custos com aplicações.

4 Conclusão

A forma de disponibilização do N nos fertilizantes de liberação controlada para o milho afeta suas características morfológicas e produtivas.

Os fertilizantes de liberação lenta e controlada proporcionam melhor desempenho em altura, na massa de mil grãos, número de espigas e no peso médio das espigas e maior produtividade.

As condições edafoclimáticas podem influenciar no desempenho dos fertilizantes revestidos.

5 Agradecimentos

A Universidade Evangélica de Goiás, UniEvangélica, pelo apoio técnico e laboratorial para a realização deste trabalho.

6 Referências

Bono, J. A. M., Setti, J. C. D. A., Traesel, E. J., & Ranno, S. K. (2011). Fonte nitrogenada de liberação lenta na cultura do milho em um Latossolo argiloso na região de Maracajú em Mato Grosso do Sul. *Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*, 15(2), 101-110.

Civardi, E. A., Silveira Neto, A. N. D., Ragagnin, V. A., Godoy, E. R., & Brod, E. (2011). Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41, 52-59.

Ferreira, D. F. (2014). Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e agrotecnologia*, 38, 109-112.

Freitas, T., Bartelega, L., Santos, C., Dutra, M. P., Sarkis, L. F., Guimarães, R. J., ... & Guelfi, D. (2022). Technologies for Fertilizers and Management Strategies of N-Fertilization in Coffee Cropping Systems to Reduce Ammonia Losses by Volatilization. *Plants*, 11(23), 3323.

Geromel, M. E., Pereira, C. E., Kikuti, A. L. P., Kikuti, H., & Silva, J. R. (2019). Adubos de liberação lenta em cana-de-açúcar. *Scientia plena*, 15(6).

Minato, E. A., Cassim, B. M. A. R., Besen, M. R., Mazzi, F. L., Inoue, T. T., & Batista, M. A. (2020). Controlled-release nitrogen fertilizers: characterization, ammonia volatilization, and effects on second-season corn. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 44.

Morris, T. F., Murrell, T. S., Beegle, D. B., Camberato, J. J., Ferguson, R. B., Grove, J., ... & Yang, H. (2018). Strengths and limitations of nitrogen rate recommendations for corn and opportunities for improvement. *Agronomy Journal*, 110(1), 1-37.

Trenkel, M. E. (2021). *Slow-and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture*. International Fertilizer Industry Association (IFA).

Valderrama, M., Buzetti, S., Teixeira Filho, M. C. M., Benett, C. G. S., & Andreotti, M. (2014). Adubação nitrogenada na cultura do milho com ureia revestida por diferentes fontes de polímeros. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(2), 659-669.

Zavaschi, E., Faria, L. D. A., Vitti, G. C., Nascimento, C. A. D. C., Moura, T. A. D., Vale, D. W. D., ... & Kamogawa, M. Y. (2014). Ammonia volatilization and yield components after application of polymer-coated urea to maize. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38, 1200-1206.