

Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 13 (2)

February 2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/1322020997>

Article link

<http://www.seasinop.com.br/revista/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=997&path%5B%5D=pdf>

Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discoursio Open Science, Science Gate, GFAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES.



Produtividade e índice de clorofila em repolho em função de fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada

Yield and chlorophyll index in cabbage in function of enhanced-efficiency nitrogen fertilizers and urea

J. J. Frazão¹, A. R. Silva¹, F. H. M. Salgado², R. A. Flores³, E. P. F. Brasil¹

¹ Instituto Federal Goiano

² Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Tocantins

³ Universidade Federal de Goiás

Author for correspondence: jj.ss.brs@gmail.com

Resumo: O aumento na eficiência da adubação nitrogenada proporciona redução da dose aplicada e diminui as perdas de nitrogênio (N) no ambiente. O objetivo desse trabalho foi avaliar a produtividade e o índice relativo de clorofila (IRC) na cultura do repolho sob adubações em cobertura, utilizando-se diferentes fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada, comparativamente à ureia, em doses variáveis. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 3x4+1 (três fontes, quatro doses e o controle sem N) com quatro repetições. As fontes de N utilizadas foram: ureia comum (U), ureia tratada com inibidor de urease NBPT[®] (UN) e ureia revestida com polímeros Kimcoat[®] (UK). As doses utilizadas foram 0, 40, 80, 160 e 320 kg ha⁻¹ de N, divididos em duas adubações: aos 20 e 40 dias após o transplante. Até a dose 160 kg ha⁻¹ de N, tanto a produtividade quanto o IRC não sofreram diferenças significativas, tanto para doses quanto para fontes. As fontes de eficiência aumentada (UN e UK) obtiveram maiores médias, comparativamente à ureia, possivelmente devido às maiores perdas de N proveniente desta última fonte. Dessa forma, o uso de inibidores de urease ou polímeros associados à ureia é uma estratégia promissora para aumento da produtividade de repolho, bem como a redução das perdas de N para o ambiente.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var. capitata. Inibidor de urease. Polímeros. NBPT.

Abstract - The increase of the efficiency of the nitrogen fertilization promotes reduction of the applied dose and decreases the losses of nitrogen (N) to the environment. The objective of this work was to evaluate the yield and the relative chlorophyll index (IRC) in cabbage crop under cover fertilization, using enhanced-efficiency nitrogen fertilizers, compared to urea, in variable doses. The experimental design was randomized blocks in a 3x4+1 factorial scheme (three sources, four rates and control), with four replications. The N sources used were: common urea (U), urea treated with urease inhibitor NBPT[®] (UN) and Kimcoat[®] polymer coated urea (UK). The N rates used were 0, 40, 80, 160 and 320 kg ha⁻¹, divided in two fertilizations at 20 and 40 days after transplantation. Up to 160 kg ha⁻¹ of N, there was no difference between N sources and N rates for both yield and RCI. The enhanced-efficiency N sources (UN and UK) promoted higher averages compared to common urea, possibly due to the higher N losses from common urea. Thus, the use of urease inhibitors or polymers associated with urea is a promising strategy to improve cabbage yield, as well as reducing N losses to the environment.

Keywords: *Brassica oleracea* var. capitata. Urease inhibitor. Polymers. NBPT.

Introdução

O repolho (*Brassica oleracea* var. capitata) é considerado dentre as brássicas, a mais importante do ponto de vista econômico, pelo volume de produção e de comercialização. Somente no estado de Goiás, são comercializadas anualmente aproximadamente 58,42 mil toneladas, sendo a terceira hortaliça em maior volume de

comercialização, atrás apenas de tomate e batata (CEASA, 2019).

Repolho é uma hortaliça exigente em adubação, em especial, a nitrogenada (Filgueira, 2008). Dentre os fertilizantes nitrogenados utilizados nessa cultura, a ureia destaca-se por possuir alta concentração de N (45%) que por sua vez diminui o custo de transporte. A ureia apresenta também

outras vantagens, como alta solubilidade, baixa corrosividade e facilidade de mistura com outras fontes, porém, possui como desvantagem, elevada higroscopicidade e maior suscetibilidade à volatilização (van Raij, 1991; Lopes et al., 2013).

A ureia, que responde por mais de 50% dos fertilizantes nitrogenados na agricultura brasileira (IFA, 2019), apresenta limitações quanto à aplicação superficial devido à possibilidade de perdas por volatilização de amônia (NH_3). O processo de volatilização envolve, inicialmente, a hidrólise da ureia por meio da urease, que é uma enzima extracelular produzida por bactérias, actinomicetos e fungos do solo ou, ainda originada de restos vegetais (Reynolds et al., 1985; Cantarella, 2007). Além das perdas por volatilização de amônia, há ainda, perdas decorrentes da lixiviação de nitrato (NO_3^-), que ocorre devido ao processo de nitrificação, onde há a oxidação de amônio (NH_4^+) a nitrato (NO_3^-), pela ação de bactérias quimioautotróficas do solo que obtêm energia no processo (Cantarella, 2007).

Visto a elevada demanda de N pela cultura do repolho e os diferentes tipos perdas de N que a ureia está sujeita, é necessária a busca por tecnologias que aumentem a eficiência da adubação nitrogenada. Uma alternativa é o uso de fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada, dentre os quais incluem os de liberação lenta, como os fertilizantes recobertos; e fertilizantes estabilizados, que contêm aditivos para aumentar o tempo de disponibilidade no solo, tais como inibidores de nitrificação e de urease (Cantarella, 2007).

Algumas substâncias têm sido estudadas com o objetivo de inibir a atividade da urease e reduzir a volatilização de amônia (Krajewska, 2009), dentre essas o NBPT (N-(n-butil) tiofosfóricotriamida) tem demonstrado os melhores resultados na redução desse tipo de perda, inibindo a hidrólise da ureia por um período de três a

quatorze dias (Cantarella et al., 2008). Outros fertilizantes, porém, utilizam polímeros, como a tecnologia Kimcoat[®], a qual a ureia é revestida por três camadas de polímeros distintos e aditivos minerais, que por sua vez, promovem redução de perdas por volatilização de amônia e também reduz a nitrificação (Frazão et al., 2014).

Embora a utilização de fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada proporcione redução de perdas de N (Pereira et al., 2009; Abalos et al., 2014; Lemonte et al., 2016; Tao et al., 2018) e aumento na produtividade de culturas como o milho, trigo e arroz (Frazão et al., 2014; Oliveira et al., 2016; Silva et al., 2017; Chu et al., 2018), estudos sobre a eficiência desses fertilizantes na cultura do repolho, ainda são incipientes. Nesse contexto, objetivou-se com esse trabalho avaliar a produtividade e o índice relativo de clorofila (IRC) na cultura do repolho sob aplicação de fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada comparado à ureia.

Métodos

O presente trabalho foi conduzido em condições de campo (coordenadas 16°35'50"S e 49°16'40"O e 735 m de altitude). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (EMBRAPA, 2013), cuja caracterização granulométrica e química apresentou os seguintes valores: pH (em CaCl_2) = 5,1; H+Al = 3,3 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; P (Mehlich-1) = 9,2 mg dm^{-3} ; K = 0,43 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; Ca = 3,1 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; Mg = 1,2 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; Zn = 8,5 mg dm^{-3} ; Al = 0,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; Matéria orgânica = 30,0 g dm^{-3} ; V = 58,90%; CTC = 8,03 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; e textura argilo-arenosa (440, 110 e 450 g kg^{-1} , de argila, silte e areia, respectivamente). Os dados de precipitação pluviométrica e as médias de temperatura máxima e mínima ocorridas no período de condução do estudo estão apresentados na Figura 1.

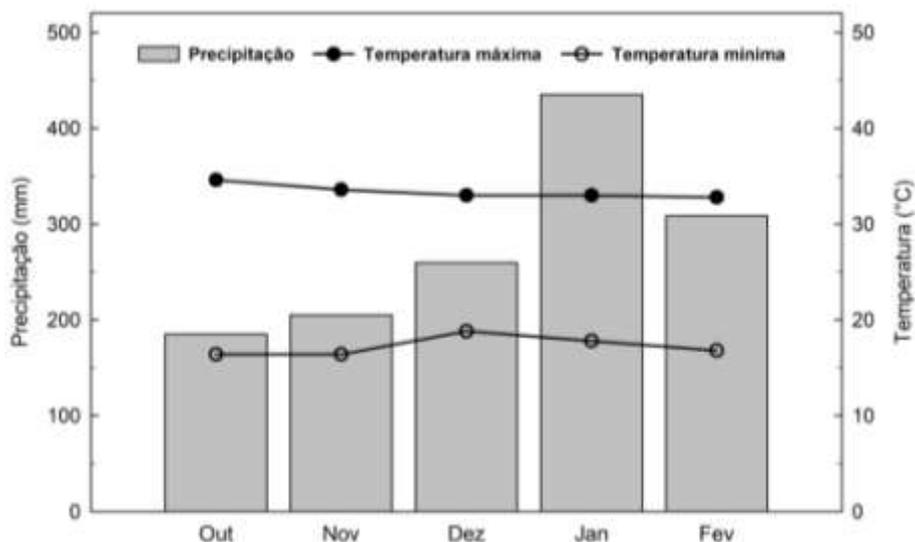


Figura 1. Precipitação pluviométrica acumulada e as médias de temperatura máxima e mínima durante o período de condução do estudo.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 3x4+1 (três fontes, quatro doses e o controle sem N) com quatro repetições. Os fertilizantes nitrogenados utilizados foram: ureia (U), ureia tratada com o inibidor urease NBPT® (UN) e ureia revestida com polímeros Kimcoat® (UK). As doses utilizadas em cobertura foram de 0, 40, 80, 160 e 320 kg ha⁻¹ de N, parcelada em duas vezes, aos 20 e 40 dias após o transplante (DAT).

As mudas de repolho foram produzidas em bandejas de isopor com capacidade de 200 células, utilizando-se o híbrido Astrus e um substrato comercial (Bioplant®). Semearam-se três sementes por célula e aos sete dias após a emergência (DAE) fez-se o desbaste das plântulas menos vigorosas, mantendo-se uma muda por célula, as quais foram produzidas em ambiente protegido (casa de vegetação) sob irrigação regular.

Foi realizado o preparo do solo na área com uma aração e duas gradagens niveladoras, sendo a última gradagem após a aplicação do calcário e posteriormente foi feita a sulcação tratorizada. A calagem e a adubação de plantio foram realizadas de acordo com as recomendações da Comissão Fertilidade de Solos de Goiás (CFSG, 1988). Realizou-se calagem na área, para elevar a saturação por bases a 70%, utilizando calcário Filler (dolomítico), 30 dias antes do transplante, com incorporação com grade niveladora. Na adubação de plantio utilizou-se 500 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 04-30-10 e 20 kg ha⁻¹ de Bórax®, ambos aplicados no sulco.

As mudas foram transplantadas manualmente 37 dias após a semeadura (DAS), quando essas atingiram de três a cinco folhas definitivas, no espaçamento 1,0x0,5m. As parcelas foram constituídas de duas linhas de 2,5 metros, com quatro plantas cada, sendo considerado como útil as quatro plantas centrais. Foram realizadas capinas manuais semanais e pulverizações para

controle de pragas e doenças, de acordo com o monitoramento da infestação e severidade, respectivamente.

Como a clorofila se relaciona positivamente com o teor de N na folha, foi avaliado o índice relativo de clorofila (IRC), aos vinte dias após a primeira e a segunda adubação em cobertura. Utilizou-se um clorofilômetro modelo Minolta SPAD-502, seguindo os procedimentos descritos por Moreira & Vidigal (2009). A colheita foi realizada aos 90 DAT, quando as cabeças de repolho atingiram boa compactação, característica exigida pelo mercado. Após a colheita avaliou-se a produção de matéria fresca das cabeças através de pesagens e posteriormente estimou-se a produtividade (ton ha⁻¹).

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando o teste F foi significativo, procedeu-se a comparação de médias pelo teste de Tukey (p<0,05) para tratamentos qualitativos e análise de regressão para os tratamentos quantitativos. As médias de fontes também foram contrastadas com o tratamento controle pelo teste de Dunnett (p<0,05).

Resultados e discussão

A aplicação de nitrogênio (N), independente da fonte utilizada, promoveu incremento significativo no índice relativo de clorofila (IRC), tanto na primeira (IRC₁) quanto na segunda avaliação (IRC₂). No entanto, não foram observadas diferenças significativas entre fontes de N (Tabela 1). O aumento no IRC em função da aplicação de N promoveu um incremento significativo na produtividade da cultura, cerca de 10 ton ha⁻¹, independente da fonte utilizada (Tabela 1). Esses resultados indicam que a adubação nitrogenada em cobertura na cultura do repolho, favorece o aumento da produtividade, bem como o acúmulo de N na planta, estimado indiretamente pelo IRC.

Tabela 1. Índice relativo de clorofila (IRC) e produtividade de repolho em função da aplicação de fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia.

Fonte	IRC ₁	IRC ₂	Produtividade (ton ha ⁻¹)
U	52.99 a**	59.79 a**	34.33 a**
UK	54.74 a**	60.70 a**	35.93 a**
UN	52.44 a**	58.56 a**	35.89 a**
Controle	47.76	51.60	25.53
F _{fonte x dose}	1,96 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0.81 ^{ns}
CV%	5.39	6.31	14.59

IRC₁ – IRC aos 20 dias após a primeira adubação em cobertura; IRC₂ – IRC aos 20 dias após a segunda adubação em cobertura; ^{ns} - não significativo; * significativo à 5%; ** significativo à 1%; médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem pelo teste de Tukey (p<0,05); ** Diferente do controle pelo teste de Dunnett (p<0,01).

O N participa diretamente na síntese da clorofila e ainda exerce papel importante na síntese de enzimas (PEPC e Rubisco), que participam da fixação no CO₂ atmosférico (Prado, 2008). Assim, a

menor disponibilidade de N para as plantas pode reduzir as concentrações de clorofila a e b (Akram, 2014; Longhini et al., 2016), contribuindo para a menor taxa fotossintética e consequentemente,

menor crescimento, em função da importância desses pigmentos para a absorção de fótons e para o transporte de elétrons (Buchanan; Grussem; Jones, 2015).

Segundo Filgueira (2008), o N favorece o crescimento vegetativo, o acúmulo de massa, o aumento da área foliar e, conseqüentemente, a expressão do potencial produtivo da cultura. Isso ocorre em função dos efeitos deste nutriente nos processos bioquímicos e fisiológicos da planta como na absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (Malavolta et al., 1997).

A aplicação de doses crescentes de N no solo promoveu um incremento significativo no IRC aos 20 dias após a primeira adubação de cobertura para os tratamentos U e UK (Figura 2). Ainda,

houve incrementos significativos quadráticos para esses tratamentos, os quais atingiram 55,6 e 57,4 com o uso das doses de 182,9 e 239,5 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Porém, para o tratamento UN não houve efeito de doses de N no IRC, o qual apresentou um índice médio de 51,5.

Também houve efeito de doses de N no IRC aos 20 dias após a segunda adubação de cobertura para todos os tratamentos (Figura 3). Os tratamentos U e UK apresentaram ajuste significativo quadrático, enquanto que para a fonte UN, o modelo linear. As maiores médias de IRC obtidas com a aplicação das fontes U e UK foram de 63,08 e 64,16, nas doses de 233,28 e 210,04 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, enquanto que o tratamento UN apresentou maior índice, 61,4, com o uso da maior dose de N (320 kg ha⁻¹).

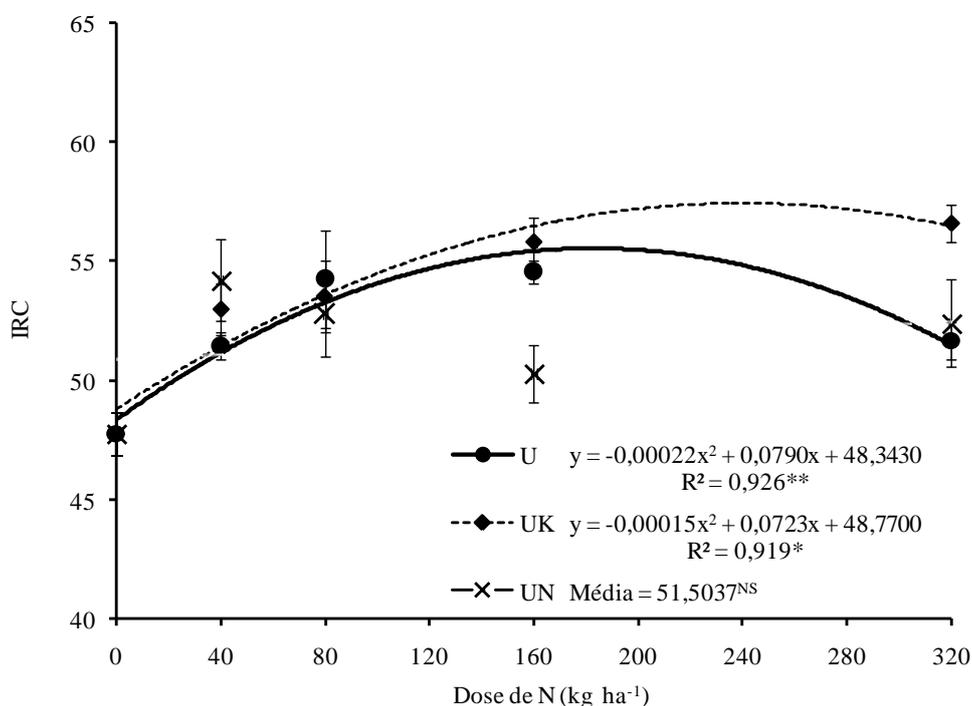


Figura 2. Índice relativo de clorofila (IRC) em folhas de repolho, 20 dias após a primeira adubação em cobertura, utilizando fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia; * significativo $p < 0,01$; ** significativo $p < 0,05$, ^{NS} - não significativo; Barras sobre os pontos representam o erro padrão da média.

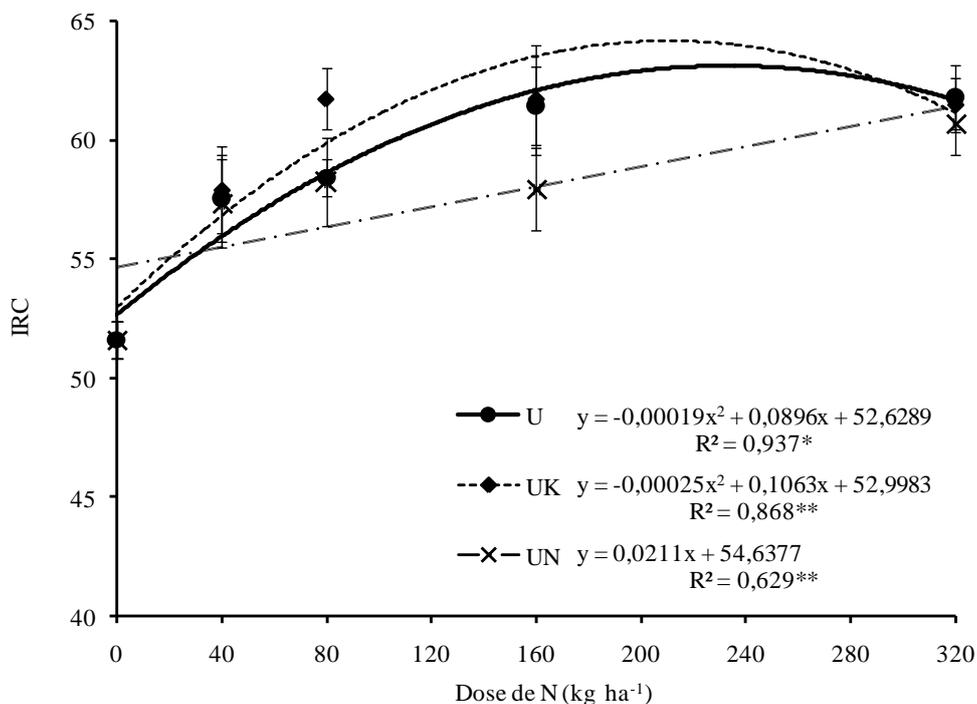


Figura 3. Índice relativo de clorofila (IRC) em folhas de repolho, 20 dias após a segunda adubação em cobertura, utilizando fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia; *significativo $p < 0,01$; **significativo $p < 0,05$; Barras sobre os pontos representam o erro padrão da média.

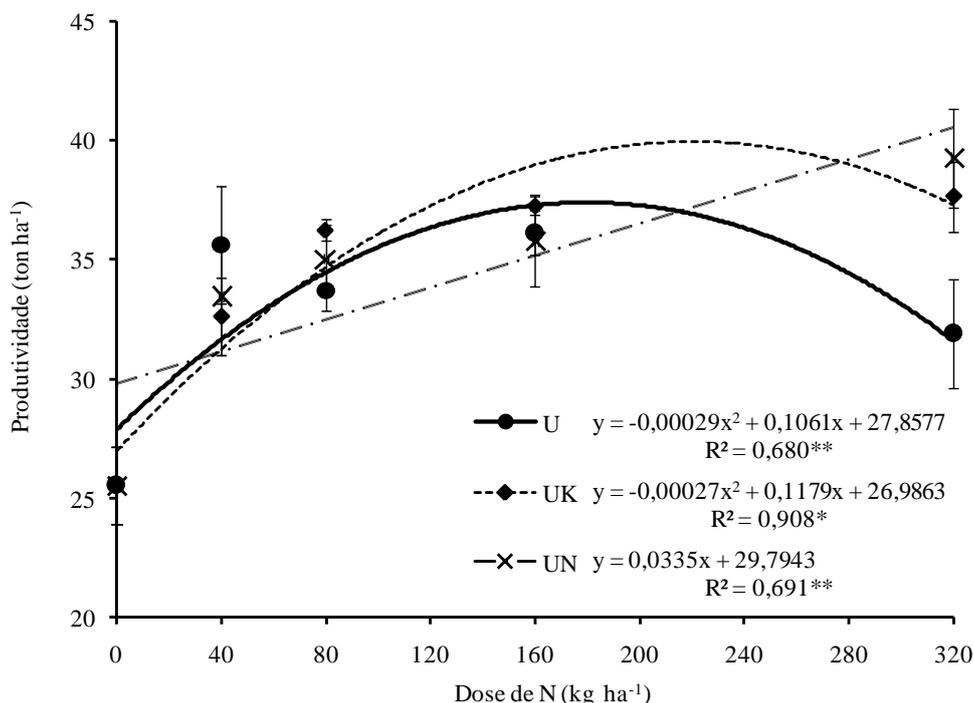


Figura 4. Produtividade de repolho sob aplicação de doses crescentes de fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia; *significativo $p < 0,01$; **significativo $p < 0,05$, ^{NS} - não significativo; Barras sobre os pontos representam o erro padrão da média.

A produtividade do repolho foi altamente influenciada pela dose de N aplicada, apresentando incrementos lineares significativos, os quais atingiram $40,5 \text{ t ha}^{-1}$ quando aplicado na maior dose no tratamento UN (Figura 4). Já para os demais tratamentos, o houve um ajuste significativo

quadrático com incrementos na produtividade da cultura, os quais atingiram $39,9$ e $37,6 \text{ t ha}^{-1}$ com o uso das doses $218,3$ e $182,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, para os tratamentos U e UK, respectivamente.

Pesquisas têm demonstrado que a ureia tratada com inibidor de urease ou revestida com

polímeros maior eficiência de aproveitamento de N e maiores produções de planta, em função das reduções de perdas de N por volatilização (Watson et al., 2008; Scivittaro et al., 2010; Cobena et al., 2011). Entre essas, Ratke et al. (2011) observaram que a produção de massa fresca de folhas de rúcula foi mais eficiente utilizando ureia revestida com polímeros (Kimcoat N) ou tratada com inibidor de urease (NBPT), em comparação a ureia comum. Resultados similares foram observados por Oliveira et al. (2016), na cultura do milho fertilizado com ureia revestida por três polímeros.

Pereira et al. (2009) avaliaram a utilização ureia comum, tratada com inibidor de urease (NBPT) e recoberta com camadas de polímeros na cultura do milho safrinha. As maiores produtividades de grãos foram obtidas com a utilização de ureia tratada com NBPT. Por outro lado, os mesmos autores verificaram que o revestimento da ureia com polímeros não influenciou significativamente a produtividade comparada a ureia comum. Maiores produtividades de milho fertilizado com ureia tratada com NBPT também foram observadas por Silva et al. (2011), sendo superiores as obtidas com a utilização de ureia comum, nas doses de 180 e 240 kg ha⁻¹ de N. Esses resultados confirmam a superioridade dos fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada observada no presente estudo.

Conclusão

A cultura do repolho é bastante responsiva à aplicação de nitrogênio, independente da fonte utilizada. O tratamento da ureia com inibidor de urease ou recobrimento com polímeros permite aumentar a produtividade de repolho e reduzir as perdas de nitrogênio da ureia, representando, portanto, uma estratégia viável tanto sob o ponto de vista agrônomo como ambiental.

Agradecimento

Ao Dr. Edgard Alves Muniz pelo apoio prestado durante a condução do experimento.

Referências

ABALOS, D.; JEFFERY, S.; SANZ-COBENA, A.; GUARDIA, G.; VALLEJO, A. Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 189: 136-144, 2014. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880914001728>

AKRAM, M. Effects of nitrogen application on chlorophyll content, water relations, and yield of maize hybrids under saline conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 45: 1336-1356, 2014. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103624.2013.875199>

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. *Biochemistry and molecular biology of plants*. 2 ed. John Wiley & Sons, New York. 1264 p. 2015.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 7, p. 375-470.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; CONTIN, T. L. M.; DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R. B.; QUAGGIO, J. A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. *Scientia Agricola* 65: 397-401, 2008. <http://www.scielo.br/pdf/sa/v65n4/11.pdf>

CEASA. Centrais de Abastecimento de Goiás. *Análise conjuntural* 2018. 2019. <http://www.ceasa.go.gov.br/indicadores/estatisticas.html/>

CFSG. *Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás: 5ª Aproximação*. EMGOPA, Goiânia. 101 p. 1988.

CHU, G.; CHEN, T. T.; CHEN, S.; XU, C. M.; ZHANG, X. F.; WANG, D. Y. Polymer-coated urea application could produce more grain yield in "super" rice. *Agronomy Journal* 110: 246-259, 2018. <https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/110/1/246>

COBENA, A. S.; MISSELBROOK, T.; CAMP, V.; VALLEJO, A. Effect of water addition and the urease inhibitor NBPT on the abatement of ammonia emission from surface applied urea. *Atmospheric Environment* 45: 1517-1524, 2011. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135223101001099X>

EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3 ed. Embrapa, Brasília. 353 p. 2013.

FILGUEIRA, F. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. UFV, Viçosa. 421 p. 2008.

FRAZÃO, J. J.; SILVA, Á. R. D.; SILVA, V. L. D.; OLIVEIRA, V. A.; CORRÊA, R. S. Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 18: 1262-1267, 2014. <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n12/a09v18n12.pdf>

IFA. *International Fertilizer Association*. 2019. <https://www.fertilizer.org/En/Statistics/>

- KRAJEWSKA, B. Ureasas I. Functional, catalytic and kinetic properties: A review. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* 59: 9-21, 2009. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1381117709000150>
- LEMONTE, J. J.; JOLLEY, V. D.; SUMMERHAYS, J. S.; TERRY, R. E.; HOPKINS, B. G. Polymer coated urea in turfgrass maintains vigor and mitigates nitrogen's environmental impacts. *PLOS ONE* 11: e0146761, 2016. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0146761>
- LONGHINI, V. Z.; SOUZA, W. C. R.; ANDREOTTI, M.; SOARES, N. Á.; COSTA, N. R. Inoculation of diazotrophic bacteria and nitrogen fertilization in topdressing in irrigated corn. *Revista Caatinga* 29: 338-347, 2016. <http://www.scielo.br/pdf/rcaat/v29n2/1983-2125-rcaat-29-02-00338.pdf>
- LOPES, R. A.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BENETT, C. G. S.; ARF, M. V. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em arroz de terras altas cultivado em sistema de semeadura direta. *Revista Caatinga* 26: 79-87, 2013. <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2874>
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. POTAFOS, Piracicaba. 319 p. 1997.
- MOREIRA, M. A.; VIDIGAL, S. M. Diagnóstico de nitrogênio por medidores portáteis para uso na cultura do repolho. EPAMIG, Belo Horizonte. 5 p. 2009.
- OLIVEIRA, F. C.; SOUSA NETTO, M.; ARAUJO, L. S.; ALMEIDA, A. C. S.; SILVEIRA, P. M.; CUNHA, P. C. R. Corn development and production in function of sources of nitrogen fertilizers and doses. *Revista Caatinga* 29: 812-821, 2016. <http://www.scielo.br/pdf/rcaat/v29n4/1983-2125-rcaat-29-04-00812.pdf>
- PEREIRA, H. S.; LEÃO, A. F.; VERGINASSI, A.; CARNEIRO, M. A. C. Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33: 1685-1694, 2009. <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n6/a17v33n6.pdf>
- PRADO, R. M. Nutrição de plantas. UNESP, São Paulo. 407 p. 2008.
- RATKE, R. F.; VERGINASSI, A.; BASTO, D. C.; MORGADO, H. S.; SOUZA, M. R. F.; FERNANDES, E. P. Production and levels of foliar nitrogen in rocket salad fertilized with controlled-release nitrogen fertilizers and urea. *Horticultura Brasileira* 29: 246-249, 2011. <http://www.scielo.br/pdf/hb/v29n2/a20v29n2.pdf>
- REYNOLDS, C. M.; WOLF, D. C.; ARMBRUSTER, J. A. Factors related to urea hydrolysis in soils. *Soil Science Society of America Journal* 49: 104-108, 1985. <https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/49/1/SS0490010104?access=0&view=pdf>
- SCIVITTARO, W. B.; GONÇALVES, D. R. N.; VALE, M. L. C.; RICORDI, V. G. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia e resposta do arroz irrigado à aplicação de ureia tratada com o inibidor de urease NBPT. *Ciência Rural* 40: 1283-1289, 2010. <http://www.scielo.br/pdf/cr/v40n6/a622cr1017.pdf>
- SILVA, A. G. B.; SEQUEIRA, C. H.; SERMARINI, R. A.; OTTO, R. Urease inhibitor NBPT on ammonia volatilization and crop productivity: a meta-analysis. *Agronomy Journal* 109: 1-13, 2017. <https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/109/1/1>
- SILVA, D. R. G.; PEREIRA, A. F.; DOURADO, R. L.; SILVA, F. P.; ÁVILA, F. W.; FAQUIN, V. Productivity and efficiency of nitrogen fertilization in maize under different levels of urea and NBPT-treated urea. *Ciência e Agrotecnologia* 35: 516-523, 2011. <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v35n3/12.pdf>
- TAO, R.; LI, J.; GUAN, Y.; LIANG, Y. C.; HU, B. W.; LV, J.; CHU, G. X. Effects of urease and nitrification inhibitors on the soil mineral nitrogen dynamics and nitrous oxide (N₂O) emissions on calcareous soil. *Environmental Science and Pollution Research* 25: 9155-9164, 2018. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-018-1226-9>
- van RAIJ, B. Fertilidade do solo e adubação. POTAFOS, Piracicaba. 343 p. 1991.
- WATSON, C. J.; AKHONZADA, N. A.; HAMILTON, J. T. G.; MATTHEWS, D. I. Rate and mode of application of the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphoric triamide on ammonia volatilization from surface-applied urea. *Soil Use and Management* 24: 246-253, 2008. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1475-2743.2008.00157.x>