

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

“Fontes e doses de nitrogênio revestidas ou não por
polímeros na cultura do milho”

MÁRCIO VALDERRAMA

Orientador: Prof. Dr. Salatiér Buzetti

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira,
para obtenção do título de Mestre em
Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

V144f
cultura

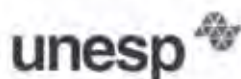
Valderrama, Márcio.

*Fontes e doses de nitrogênio revestidas ou não por polímeros na
do milho / Márcio Valderrama. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2011*
49 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2011

Orientador: Salatiér Buzetti
Inclui bibliografia

1. Milho. 2. Fertilizante revestido. 3. Solo de cerrado.
2. Componentes de produção. 5. Plantio direto.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Fontes e doses de nitrogênio revestidas ou não por polímeros na cultura do milho

AUTOR: MÁRCIO VALDERRAMA

ORIENTADOR: Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. HEITOR CANTARELLA

Iac / Instituto Agronômico de Campinas

Data da realização: 19 de outubro de 2011

EM ESPECIAL DEDICO ESTE TRABALHO,

à minha mãe, **Vanderli Ávila Martins Valderrama**, pelo amor e incentivo constante,

ao meu pai, **Dejair Francisco Valderrama**, por toda a força e confiança,

ao meu irmão, **Maurício Valderrama**, por todo apoio e amizade,

ao meu sobrinho, **Heitor Valderrama**, que chegou trazendo alegria a nossa família,

à minha namorada, **Mariane Trevizan**, por todo amor, carinho e compreensão.

OFEREÇO,

a Deus.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Vanderli Ávila Martins Valderrama e Dejair Francisco Valderrama que mesmo sem estudos, permitiram e me apoiaram estudar em todo momento.

Ao meu irmão Maurício Valderrama, que incentivou e deu forças em toda a minha caminhada.

Ao grande amigo e professor Dr. Salatiér Buzetti, por todos esses anos de muita dedicação e orientação em minha formação, sem medir nenhum esforço.

Ao Programa de Pós-Graduação da UNESP de Ilha Solteira pela oportunidade de fazer o curso de mestrado e pela grande paciência que tiveram comigo.

Ao professor Dr. Marcelo Andreotti, pela grande cooperação aos trabalhos desenvolvidos e também pelas sugestões e amizade construída.

Ao coordenador do curso de Pós-Graduação em Agronomia, professor Dr. Mário Luiz Teixeira de Moraes, pela valiosa ajuda na realização deste trabalho.

Aos orientados do professor Dr. Salatiér Buzetti: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, Cleiton Gredson Sabin Benett, Paulo Ricardo Maestrello, Mateus Augusto de Carvalho Rodrigues e Ana Carolina Marostica Lino pelo apoio oferecido durante esses anos.

Aos companheiros de faculdade Pedro Henrique Felizardo, Renato Fernandes Lujan, Odécio Luiz Zapparolli Neto, André Luiz Vanucci da Silva, Tiago Martins Rusafa, Rafael Pires Magalhães, Givaldo de Souza Ferreira, Bruno Nascimento Lodo, Márcio Gushikem Morishita, Rafael Azevedo Lopes, Hugues Henrique Cássio Balderrama, Eduardo Quimello Theago, João Paulo Ferreira e Flavio Hiroshi Kaneko.

À Indústria Química Kimberlit LTDA, pelo fornecimento dos fertilizantes e pelo apoio financeiro para que este sonho se tornasse realidade em minha vida.

Aos funcionários e ex-funcionários da empresa Kimberlit Antonio Carlos de Gissi Júnior, Luciano de Gissi, Renato Bassan Peixoto, Luis Fernando Viali Sichieri, Geziél Pegorallo, Marcos Roberto Soares, Rodrigo Pagotto, Felipe Britto, Marco Aurélio Severo Bueno, Maurício César Crnkovic, Thiago Cabrita, Diogo Biscegli Brescia, Marcos Maito, Moisés Nazari, Willian Pacheco, Marcelo Rolim, Juscelio Ramos de Souza, Eduardo de Paula Melo, Fernando Fonseca, Ricardo Bertocco, Lucas de Gissi, Aroldo Braido Júnior, Rosiane Mendes, Douglas Alex Possetti e demais pela confiança e apoio depositados em meu trabalho.

Aos funcionários da empresa AgroColaboni Edno Roberto Colaboni, Everton José Calian e Mairton de Lima.

Aos grandes amigos Marcelo Ricardo Gasparini, Rodrigo Gasparini, Wellington José Rodrigues Castanheira, Diego Sperandio Palota e Wellington Antonio Baroni.

À todas as pessoas que não foram citadas nesta obra, mas que estão ou estiveram presentes em minha vida, agradeço.

A todos aqueles que gostariam de ter uma oportunidade dessas, porém nunca foi possível torná-la realidade.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que minha formação acadêmica acontecesse.

Agradeço a Deus por todas as oportunidades e principalmente pela minha saúde.

OBRIGADO!

FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO REVESTIDAS OU NÃO POR POLÍMEROS NA CULTURA DO MILHO

RESUMO

VALDERRAMA, M. **Fontes e doses de nitrogênio revestidas ou não por polímeros na cultura do milho**. 2011. 46 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2011.

O milho é um dos cereais cultivados no Brasil com maior possibilidade de expressão de produtividade. No entanto, o nível de produtividade é muito baixo e um dos fatores de maior influência é o nitrogênio, que está presente nos mais variados compostos orgânicos tais como aminoácidos, ácidos nucléicos e proteínas. Dentre os nutrientes é o exigido em maiores quantidades pela planta de milho e a ureia é o fertilizante mais utilizado nas adubações de cobertura na cultura. Porém, sua eficiência nos sistemas agrícolas é muito variável, dependendo do tipo de solo, da cultura, da dose, da forma de aplicação, do manejo da cultura e das condições ambientais. No entanto, novas ferramentas, para aumentar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados, estão aparecendo, com a finalidade de reduzir as perdas por lixiviação, desnitrificação e volatilização, neste caso quando a fonte utilizada for a ureia. Os fertilizantes revestidos por diferentes compostos, dentre eles os polímeros, tem como objetivo reduzir as perdas dos nutrientes, que no caso do nitrogênio, podem atuar na volatilização e lixiviação. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da cultura do milho irrigado ao uso de polímeros revestindo a ureia (K-0043, K-0049 e K-0055) por diferentes composições e concentrações e a ureia convencional (K-0046), com quatro doses de N em cobertura, em delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial, em dois cultivos sucessivos na mesma área, com quatro repetições. O experimento foi conduzido no período de outubro de 2009 a setembro de 2010, sendo este período correspondente aos dois cultivos (safra e safrinha), na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, localizada em Selvíria - MS. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico textura argilosa e o híbrido utilizado

foi o Biogênico 7049 Y. As fontes foram aplicadas em cobertura aos 30 dias após a emergência da cultura, quando as plantas apresentavam 6 folhas totalmente desenvolvidas, usando as doses de 0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de N. As parcelas constaram de 4 linhas de 7 m de comprimento, espaçadas por 0,90 m. Foram avaliados os componentes de produção e a produtividade do milho irrigado, além do teor de N, índice de clorofila, nas folhas, e o diâmetro basal do colmo, altura de inserção da espiga e altura de plantas. Para o primeiro cultivo referente ao milho safra de verão, não houve diferença significativa entre as fontes utilizadas para todas as avaliações realizadas. As doses afetaram apenas os teores de nitrogênio na folha e a produtividade de grãos, com ajustes lineares crescentes. No segundo cultivo, referente ao milho safrinha, as fontes revestidas também não foram eficientes quando comparadas à fonte convencional. O incremento nas doses de nitrogênio promoveu aumento linear apenas para o teor de nitrogênio foliar, índice de clorofila foliar e produtividade de grãos, independente da fonte testada.

Palavras-chave: *Zea mays* L. Fertilizante revestido. Solo de cerrado. Componentes de produção. Plantio direto.

SUMMARY

VALDERRAMA, M. **Nitrogen doses and sources coated or not by polymers in corn crop.** 2011. 46f. Dissertation (Master in Production Systems) – College of Engineering, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2011.

Corn is a cereal grown in Brazil with the highest expression of productivity. However, the level of productivity is very low and one of the most important factor is nitrogen which is present in various organic compounds such as amino acids, nucleic acids and proteins. Among the nutrients it is required in larger quantities by the corn plant and the urea is the fertilizer more used at sidedressing. However, its efficiency in agricultural systems is very variable, depending on soil type, crop, doses, form of application, crop management and environmental conditions. Nowadays, new tools to increase the efficiency of nitrogen fertilizers are appearing, in order to reduce losses by leaching, denitrification and volatilization, in this case when the source used is urea. Fertilizers coated by different compounds, including polymers, aim to reduce losses of nutrients, which in the case of nitrogen, they occur by volatilization and leaching. The objective of this study was to evaluate the efficiency of polymer-coated urea (K-0043, K-0049 and K-0055) in different compositions and concentrations beside the conventional urea (K-0046), in four application rates, disposed in a randomized blocks design in a factorial scheme, in two successive crops in the same area. The experiment was conducted from October 2009 to September 2010, and this period corresponding to two crops (season and no season), at Experimental Station located in Selviria – MS belonged to Engineering Faculty of Ilha Solteira- UNESP - SP. The soil of this area is classified as a dystrophic clayey Oxisol and the hybrid used was biogenic Y. 7049. The sources were applied at sidedressing 30 days after crop emergence, when plants had six fully developed leaves, using doses of 0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹ N. The plots consisted of 4 rows, 7 m long, spaced by 0.90 m. We evaluated the components of production and productivity of grain beside N content, chlorophyll index, in the leaves, colm diameter, height of spike insertion and height of plants. For the first crop no significant difference among sources to all evaluations were detected. The doses affect the leaf nitrogen content and grain yield with increasing linear adjustments. In the second crop also the coated sources were not efficient when compared to conventional source for all

evaluations. The increase in nitrogen levels promoted linear increase on leaf N content, leaf chlorophyll content and grain yield, regardless of source tested.

Key words: *Zea mays* L. Fertilizer coated. Production components. Cerrado soil. No till.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Médias, teste Tukey e análises de regressão referentes ao teor de nitrogênio foliar (TNF), altura das plantas (AP), diâmetro do segundo internódio (DSI) e inserção da primeira espiga (IPE), do híbrido Biogênico 7049 Y em função de fontes e doses de N. Selvíria – MS (milho safra de verão, 2009/2010).....30

Tabela 02. Médias, teste Tukey e análises de regressão referentes a índice de clorofila foliar (ICF), número de grãos por espiga (NGE), número de grãos por fileira (NGF), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG), do híbrido Biogênico 7049 Y em função de fontes e doses de N. Selvíria – MS (milho safra de verão, 2009/2010).....31

Tabela 03. Médias, teste Tukey e análises de regressão referentes ao teor de nitrogênio foliar (TNF), altura das plantas (AP), diâmetro do segundo internódio (DSI) e inserção da primeira espiga (IPE), do híbrido Biogênico 7049 Y em função de fontes e doses de N. Selvíria – MS (milho safrinha, 2010).....35

Tabela 04. Médias, teste Tukey e análises de regressão referentes ao índice de clorofila foliar (ICF), número de grãos por espiga (NGE), número de grãos por fileira (NGF), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG), do híbrido Biogênico 7049 Y em função de fontes e doses de N. Selvíria – MS (milho safrinha, 2010).....36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação pluvial (mm), temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%) durante a condução do experimento com a cultura do milho na safra de verão 2009/2010 (A) e com a cultura do milho safrinha em 2010 (B). Selvíria – MS.....24

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5. CONCLUSÕES.....	40
6. REFERÊNCIAS.....	41

INTRODUÇÃO

A produção nacional de milho é muito dispersa no país, sendo que os dois principais estados produtores são Paraná e Mato Grosso. Estes dois estados concentram 35,9% da produção nacional de milho, seguidos de Minas Gerais (11,54%), Rio Grande do Sul (9,19%), Goiás (9,17%), São Paulo (7,85%), Mato Grosso do Sul (6,94%), Santa Catarina (6,29%) e Bahia (4,27%) (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB, 2011).

A área cultivada na safra 2009/10 foi de aproximadamente 12,97 milhões de hectares com projeções estimadas para 13,38 milhões de hectares para 2020/2021. Isso significa um aumento em área plantada de 2010/2011 para 2020/2021 estimado em uma taxa de 0,3% ao ano (BRASIL, 2011). Como pode ser notada pelos números apresentados, a área plantada de milho deverá aumentar cerca de 410 mil hectares nos próximos anos.

As projeções para produção de milho no Brasil indicam um aumento de 12,7 milhões toneladas entre as safras 2010/2011 e 2020/2021, sendo que em 2020/2021 a produção deverá situar-se em 65,5 milhões de toneladas, e o consumo em 56 milhões de toneladas. A produção de milho na safra 2009/2010 ficou na casa dos 45 milhões de toneladas, indicando que o país deverá fazer algum ajuste no seu quadro de produção, para garantir o seu abastecimento interno e obter algum excedente para exportação, estimada em 14,3 milhões de toneladas em 2020/2021. Tudo indica que nos próximos anos, cerca de 86% da produção de milho será destinada ao mercado interno, para o atendimento ao consumo humano e fabricação de rações para animais, em especial suínos e aves (BRASIL, 2011).

Além de ocupar uma área considerável no território brasileiro, o milho contribui para a geração de empregos diretos e indiretos, sendo também importante pela sua utilização direta na alimentação humana e de animais. Pode também ser utilizado na

indústria para a produção de cola, cosméticos, papéis, amido, etanol, bebidas e outros produtos de grande importância em nosso cotidiano (SILVA, 2005). A planta de milho apesar de apresentar um alto potencial produtivo, tem se observado na prática produtividades baixas e irregulares.

O nível médio nacional de produtividade é muito baixo, cerca de 3.250 kg ha^{-1} , mostrando que os diferentes sistemas de produção de milho deverão ser ainda mais aprimorados para se ter um aumento na produtividade e na rentabilidade dos produtores (CRUZ et al., 2006). Os principais fatores estariam atribuídos às condições climáticas desfavoráveis de algumas regiões, à população de plantas inadequadas, à utilização de variedades ou híbridos não adaptados a determinadas condições de clima e solo e por último o manejo incorreto de corretivos e fertilizantes (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA, 2009).

Com relação aos fertilizantes, atenção especial deve ser dada ao nutriente nitrogênio, que além de ser requerido em grande quantidade pelas culturas, é um elemento muito dinâmico no solo apresentado vários níveis de oxidação. Desta forma, este nutriente pode seguir várias rotas no sistema agrícola, podendo ser perdido por volatilização, lixiviação e desnitrificação. Um estudo conduzido com nitrogênio na cultura do milho por Lara Cabezas et al. (2000), demonstrou que a redução na produtividade de grãos em função da volatilização de amônia (NH_3), está na proporção de 10 kg ha^{-1} de grãos para cada 1% de nitrogênio volatilizado.

Sendo assim, em função da baixa eficiência dos fertilizantes, isso pode resultar em grandes impactos ambientais. Diante deste problema, existe o fato de que em função da grande demanda por fertilizantes, o custo se torna mais elevado, onerando assim a produção de alimentos e a balança comercial de muitos países, sendo que são poucos os exportadores (REIS, 2008). Desta forma, umas das alternativas seria a proteção dos grânulos de ureia com materiais menos higroscópicos, permitindo a sua aplicação em superfície e facilitando a sua penetração no solo para que o processo de hidrólise da ureia aconteça no interior do solo, protegendo-a contra as perdas por volatilização (BONO et al., 2006).

Com o objetivo de contornar tal situação, várias modificações têm sido feitas no fertilizante nitrogenado ureia, para reduzir as perdas de amônia por volatilização, aumentando assim a sua eficiência. Alguns exemplos de recobrimento ou encapsulamento são dados com o uso de enxofre elementar e polímeros (CANTARELLA, 2007). Diante deste cenário agrícola, este estudo teve como objetivo

avaliar o efeito da ureia revestida por diferentes composições e concentrações em comparação com a ureia tradicional, testando-se doses em aplicação em cobertura, visando assim avaliar os efeitos nas características agronômicas e na produtividade do milho irrigado, cultivado em sistema plantio direto na região de cerrado.

REVISÃO DE LITERATURA

Devido à participação direta deste cereal na dieta dos animais, o milho será relevante para as exportações de carne de frango e bovina do país. Em 2008, praticamente 44,6% de toda a carne de frango produzida no Brasil foi exportada e as projeções para 2018 são de 89,7% (BRASIL, 2008). Em linhas gerais, praticamente 90% de toda a carne de frango produzida no Brasil em 2018 será consumida por outros países. Para a carne bovina, a exportação de 31% em 2008 tem projeção de atingir 60,6% em 2018 (BRASIL, 2008).

Sendo assim, este cereal terá um papel fundamental na nutrição animal, garantido de maneira indireta a geração de alimentos para a população mundial. Trata-se de um cereal com grande importância econômica e social, gerando empregos de forma direta e indireta, tanto na zona rural quanto na zona urbana. Segundo a Food and Agriculture Organization- FAO (2010), a cultura do milho é a segunda mais cultivada após a cultura da soja, no Brasil, em termos de área explorada, sendo o Brasil o terceiro produtor mundial com 51,6 milhões de toneladas de grãos colhidos.

Para manter ou até mesmo elevar a produção de milho um dos fatores de maior peso dentro dos sistemas de produção agrícola do milho é o nitrogênio. O nitrogênio é responsável por cerca de 5% da matéria orgânica do solo. Cerca de 98% está em forma orgânica e somente 2% em forma mineral, além de formas gasosas como gás nitrogênio (N_2) do ar do solo e óxidos de nitrogênio (MALAVOLTA, 2006). Segundo Taiz e Zeiger (2004), o nitrogênio está de diversas formas na atmosfera, sendo que 78% do seu volume estão na forma de gás nitrogênio (N_2).

Porém, esse grande reservatório de nitrogênio não está diretamente disponível aos organismos vivos, sendo necessária a quebra de uma tripla ligação covalente de excepcional estabilidade entre os dois átomos de nitrogênio, gerando amônia (NH_3) e nitrato (NO_3^-) (TAIZ; ZEIGER, 2004). A cultura do milho, para a produção de uma tonelada de grãos, acumula em sua parte aérea 28 kg de N ha^{-1} e exporta nos grãos em torno de 60%, 17 kg de N ha^{-1} (CANTARELLA, 2007).

Contudo, o aproveitamento deste nutriente pelas plantas é baixo, ficando em torno de 50 a 60% do total aplicado como fertilizante. Isto ocorre, em função das diferentes transformações químicas deste nutriente no solo, principalmente quando a fonte utilizada for a ureia. Segundo Wu e Liu (2008), em média cerca de 40 a 70% dos fertilizantes nitrogenados solúveis são perdidos para o ambiente sem serem aproveitados pelas plantas, quando utilizados de forma inadequada aos solos, podendo causar prejuízos ambientais ao atingir os recursos hídricos e a atmosfera, além da perda de recursos econômicos.

Todavia, este nutriente é fornecido às plantas, em sua maioria, pelos fertilizantes nitrogenados, sendo o mais comum a utilização da ureia. Este fertilizante é obtido pela reação entre um composto chave, a amônia, NH_3 , e o gás carbônico, CO_2 , na presença de catalizadores. No entanto, quando aplicada na superfície dos solos, na presença de umidade ou sobre palha, pode levar a perdas de nitrogênio a partir da NH_3 sob ação da urease. A urease, por sua vez, é uma enzima extracelular encontrada no solo e podendo ser oriunda de fungos ou bactérias presentes no solo, ou ainda dos restos vegetais.

A ureia aplicada com o solo úmido reage com a água, que por sua vez sofre a ação da enzima urease desdobrando-se em amônia, gás carbônico e água (RAIJ, 1991). A amônia (NH_3) reage com os íons H^+ do solo, que neutralizando a acidez potencial aumenta o pH ao redor dos grânulos aplicados, podendo atingir valores acima de 7 (RODRIGUES; KIEHL, 1992). A partir desse momento, valores elevados de pH ao redor dos grânulos diminuem a formação de íons amônio, oriundos da reação entre os íons H^+ e a amônia (NH_3), conduzindo assim a volatilização de amônia (NH_3) oriundo da ureia.

Vários fatores podem afetar a volatilização de amônia (NH_3) tais como temperatura, umidade, taxa de evaporação da água, classe textural do solo, o poder tampão, o pH, as trocas gasosas, teor de matéria orgânica, cobertura vegetal e a atividade da urease (BYRNES, 2000; TISDALE et al., 1984). As perdas deste nutriente podem ser bastante variadas de um local para o outro, quando a ureia é aplicada em

superfície. Segundo alguns autores brasileiros aproximadamente 20 a 40% do nitrogênio aplicado em cana-de-açúcar (CANTARELLA et al., 1999; VITTI, 2003), 16 a 44% do nitrogênio em citros (CANTARELLA et al., 2003) e 16 a 61% em pastagens (CANTARELLA et al., 2001) pode ser perdido por volatilização.

Resultados obtidos por Lara Cabezas et al. (2000) mostraram perdas que variaram de 40 a 78% do nitrogênio aplicado na superfície do solo. Segundo Lara Cabezas (1998), a ureia utilizada no sistema plantio direto e convencional pode chegar a perdas de 80 e 30% respectivamente, e podem ser reduzidas drasticamente quando incorporada entre 5 a 7 cm de profundidade no solo. Estudos desenvolvidos por Civardi et al. (2008) demonstraram que a aplicação da ureia incorporada, em comparação a ureia revestida por polímeros aplicada em superfície, propiciou maior rendimento de grãos de milho e maior lucratividade quando comparada nas doses de 104,4 e 96,41 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

O nitrogênio nos sistemas agrícolas também pode ser perdido por lixiviação. Este processo consiste na lavagem do nitrogênio do solo junto com a água de percolação, sendo arrastado para camadas mais profundas na forma de nitrato (NO₃⁻), retirando assim do alcance das raízes. De acordo com Vilas Boas et al. (1999), na lixiviação o nitrato pode ser carregado pela água da chuva ou irrigação para camadas mais profundas do solo, podendo alcançar o lençol freático e contaminar os mananciais dependendo da lâmina de água e porosidade do solo. No caso da fertilização nitrogenada acontecer com a ureia, o amônio será transformado em nitrato no processo de nitrificação, sendo este processo muito rápido e comum nos solos de clima tropical.

Segundo Ceretta e Fries (1997) isso acontece com nitrato principalmente nas camadas superficiais devido à predominância das cargas negativas, onde a adsorção eletrostática é insignificante. Com o aumento da profundidade, as cargas positivas começam a aparecer e estes nutrientes lixiviados, em especial o nitrogênio na forma de nitrato (NO₃⁻), passam a ser adsorvido pela capacidade de troca aniônica do solo (CTC), sendo retido, portanto, em camadas mais profundas. Os fatores envolvidos são diversos sendo eles textura do solo, precipitação, forma de aplicação dos fertilizantes, doses e até mesmo as fontes envolvidas.

Contudo, em especial no Brasil, os relatos de perdas de nitrogênio por lixiviação na literatura são escassos. As perdas são mais comuns em solos mais rasos e de mineralogia com cargas elétricas permanentes, onde rapidamente o nitrato pode atingir o lençol freático, contaminando-o. Isso é bastante comum em solos de clima temperado,

com Capacidade de Troca Catiônica (CTC) apresentando cargas elétricas permanentes e/ou solos rasos frequentes. No Brasil, a baixa lixiviação pode ser explicada pelas doses relativamente baixas de nitrogênio, predominância da textura argilosa da maioria dos solos e o fornecimento de nitrogênio na fase de maior necessidade pelas plantas (CANTARELLA, 2007). Este mesmo autor reuniu mais de uma dezena de trabalhos avaliando lixiviação de nitrato com fertilizantes marcados com ^{15}N , os quais indicaram que as quantidades de nitrogênio lixiviadas no Brasil têm sido baixas.

O uso de doses mais elevadas de nitrogênio e o cultivo em solos com lençol freático pouco profundo contribuem para elevar a contaminação de águas superficiais com nitrato (NO_3^-) (CANTARELLA; MONTEZANO, 2010). Na China, por exemplo, estes autores relatam que buscas por altas produtividades e os subsídios ao uso de fertilizantes têm levado os agricultores a aplicar doses deste nutriente acima do necessário, levando à baixa eficiência de uso do nitrogênio e lixiviação de nitrato (NO_3^-).

Em função das perdas ocorridas com a ureia, a indústria de fertilizantes vem testando várias alternativas para diminuir suas perdas, modificando assim a sua eficiência. Algumas alternativas surgiram, como por exemplo, o processo de encapsulamento que pode envolver diversas substâncias, tais como poliamidas, enxofre elementar ou até mesmo polímeros de outras naturezas. Este processo consiste em alternativas que visam reduzir a solubilidade dos fertilizantes solúveis, atrasando assim a sua disponibilidade inicial. Para os fertilizantes revestidos com polímeros, usam-se películas ou membranas de diferentes espessuras, dependendo do tempo que se busca para a liberação dos nutrientes no solo.

De acordo com Cantarella e Montezano (2010), a eficiência do uso de nitrogênio pode ser aumentada com o uso de fertilizantes nitrogenados de baixa solubilidade, de liberação controlada ou aditivos com inibidores que visam manter o nitrogênio em formas menos sujeitas a perdas. Esses produtos de liberação lenta ou controlada incluem os produtos de baixa solubilidade e os fertilizantes solúveis recobertos ou encapsulados com compostos de baixa solubilidade como resinas e polímeros sintéticos (CANTARELLA; MONTEZANO, 2010; TRENKEL, 2010).

Para Trenkel (2010) esses tipos de fertilizantes especiais podem ser listados como fertilizantes de liberação lenta e controlada (slow- and controlled-release) e fertilizantes estabilizados (stabilized fertilizers). Os fertilizantes de liberação lenta ou controlada são caracterizados pela liberação de nutrientes durante vários meses e os

fertilizantes estabilizados são aqueles associados com inibidores de urease ou nitrificação.

Os fertilizantes de liberação lenta ou controlada podem ser subdivididos em compostos orgânicos nitrogenados de baixa solubilidade (UR – ureia formaldeído com 38% de N, IBDU – isobutilidene diureia com 31% de N e CDU – crotonilidene diureia com 32% de N, que são liberados pela decomposição microbiana) e fertilizantes em que a barreira física controla a liberação tais como materiais hidrofóbicos como poliolefinas, borracha ou até mesmo hidrofílicos, como polímeros formadores de géis (poliacrilamida), incluindo também compostos inorgânicos de baixa solubilidade (fosfato de amônio e magnésio – MgNH_4PO_4 ; fosfatos parcialmente acidulados) (SHAVIV, 2005).

Para os fertilizantes de liberação lenta ou controlada, a liberação eficiente dos nutrientes se dá quando há disponibilidade de água e temperatura adequada do solo, em torno de 21 °C (CHITOLINA, 1994), sendo que a temperatura do solo quando aumenta promove a expansão do revestimento, permitindo a entrada de água e a saída do nutriente a taxas maiores. Desta forma, a liberação dos nutrientes para a solução do solo fica dependente da temperatura e da permeabilidade da membrana a água.

O grupo de fertilizantes classificados como inibidores ou estabilizados, são produtos que reduzem a transformação das formas originais dos fertilizantes em formas que podem ser perdidas com facilidade (BLAYLOCK, 2007). O tempo de ação desses produtos pode ser variável de dias até semanas, dependendo das condições locais predominantes de temperatura e umidade.

O objetivo de todas essas ferramentas é aumentar a eficiência dos fertilizantes, principalmente nitrogenados. Segundo Shaviv (2001), as principais vantagens destes fertilizantes de liberação lenta ou controlada é reduzir perdas por volatilização, lixiviação e desnitrificação, permitir um fornecimento regular e contínuo dos nutrientes, reduzir as frequências de aplicação, reduzir danos causados às sementes e raízes, diminuir contaminação de águas subterrâneas e superficiais causadas pelo nitrato (NO_3^-) e redução nos custos de produção.

Dentre as tecnologias disponíveis no mercado para aumentar a eficiência dos fertilizantes, com destaque para os polímeros, Valderrama (2008) citou que eles têm ampla utilização na natureza, estando presentes nos plásticos, isopor, na medicina em materiais cirúrgicos e até mesmo na agricultura como retentores de água no solo, na produção de sementes e no revestimento de fertilizantes para minimizar as possíveis

perdas. No caso dos fertilizantes, Blaylock (2007) citou alguns exemplos de polímeros que são utilizados no revestimento, tais como os poliuretanos e as poliolefinas.

De acordo com Reis Júnior (2007), os problemas de perdas podem ser minimizados com a liberação gradativa dos nutrientes, obtidas através do revestimento destes fertilizantes com polímeros. Por outro lado, as taxas de liberação destes nutrientes por fertilizantes solúveis revestidos por polímeros podem ocorrer a maiores ou menores taxas. A liberação do nutriente se dá através da difusão pela camada de cobertura, determinada pela característica química do polímero, da espessura, do processo de cobertura e da temperatura do solo (BLAYLOCK, 2007).

Em estudos avaliando a ureia e a ureia revestida por polímeros, doses e formas de aplicação, Valderrama et al. (2010) verificaram efeito significativo com interação entre doses e fontes de nitrogênio. Em ambas as fontes houve aumento linear da produtividade de grãos à medida que se aumentaram as doses de nitrogênio, sendo que quando utilizou a fonte ureia polimerizada houve maior produtividade do milho em todas as doses aplicadas, quando comparada com a aplicação da ureia tradicional.

Breda et al. (2010), avaliando em casa de vegetação a volatilização de amônia (NH_3), utilizando a ureia e a ureia revestida com polímeros, ambos na dose de 100 kg ha^{-1} , num Planosso Háplico, em dois manejos de calagem (com e sem aplicação de calcário), obtiveram redução significativa na volatilização de amônia quando utilizaram a ureia revestida por polímeros, em comparação a ureia convencional. Com relação ao solo com calagem, estes autores destacaram que a ureia convencional teve 100% de volatilização do total de N aplicado enquanto que a ureia revestida por polímeros, na mesma dose, teve perdas de 63% do total de N aplicado. Portanto, este estudo demonstra que no solo com calagem, onde são maiores perdas de N da ureia, houve redução significativa de aproximadamente 37% nas perdas totais ocorridas nos seis dias após aplicação das fontes, quando se utilizou a ureia revestida por polímeros.

Resultados semelhantes foram obtidos por Pereira et al. (2009), que estudaram a ureia e a ureia polimerizada, na cultura do milho, nas doses de 40 e 80 kg ha^{-1} de N, aplicadas em 2 coberturas no cultivo de safrinha em Jataí (GO). A volatilização de amônia foi avaliada pela técnica de câmaras instaladas no campo, onde estes autores obtiveram volatilização de 52 kg ha^{-1} N em relação à dose de 80 kg ha^{-1} de N oriundos da ureia convencional, em uma taxa acumulada de 11 dias. De acordo com esses autores, esse valor representa 65% do total de N aplicado em superfície. Em relação ao tratamento com 80 kg ha^{-1} de N, utilizando a ureia polimerizada em comparação à ureia

convencional, os autores constataram 35 kg ha^{-1} de N volatilizado, também acumulado em 11 dias, ou seja, 43,75% do total de N aplicado. Portanto, houve redução significativa na volatilização de amônia da ureia polimerizada em comparação a ureia convencional, na maior dose aplicada. Apesar da redução significativa, ambas as fontes apresentaram um valor elevado de perdas por volatilização.

Sendo assim, atenção especial deve ser dada aos fertilizantes com eficiência aprimorada, visto que, podem trazer benefícios ao produtor, principalmente no que se refere ao menor número de aplicações com redução dos parcelamentos (equipamento, mão de obra e tempo) e maior eficiência de aproveitamento dos nutrientes pelas plantas. Para Kappes e Ferreira (2008), em função do aumento no custo dos fertilizantes minerais nas últimas safras, é de fundamental importância o estudo de alternativas que possam aumentar a eficiência dos fertilizantes, visando atender as futuras demandas agrícolas, embora muito deles sejam oriundos de rochas que são fontes esgotáveis.

Para os nitrogenados, de acordo com Cantarella e Marcelino (2006), é pouco provável que a ureia venha a ser substituída por outro fertilizante em curto prazo, se é que o será no futuro. Desta forma, o revestimento da ureia, com destaque para os polímeros, vem sendo uma das alternativas para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada. Um exemplo disso é o produto Kimcoat N[®] que possuía um grânulo de ureia revestido com três camadas de polímeros, hoje comercializado apenas com duas camadas.

Não somente estes polímeros, mas outros polímeros de natureza diversa vêm sendo desenvolvidos e pesquisados em diferentes condições edafoclimáticas, nas principais instituições de pesquisa do país, tentando levar ao produtor a melhor opção de uso e menor agressão ao meio ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS

Local, solo, tratamentos e condução da cultura

Foram realizados dois experimentos de milho, sendo um conduzido na safra de verão 2009/2010 e o outro conduzido na safrinha de 2010, na mesma área, sob condições de campo em um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA, 1999), com valores de granulometria de 420, 50 e 530 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente. Trata-se de uma área de cerrado, anteriormente ocupada por algodão no sistema plantio direto e quando da instalação dos experimentos tinha um histórico de 2 anos de pousio.

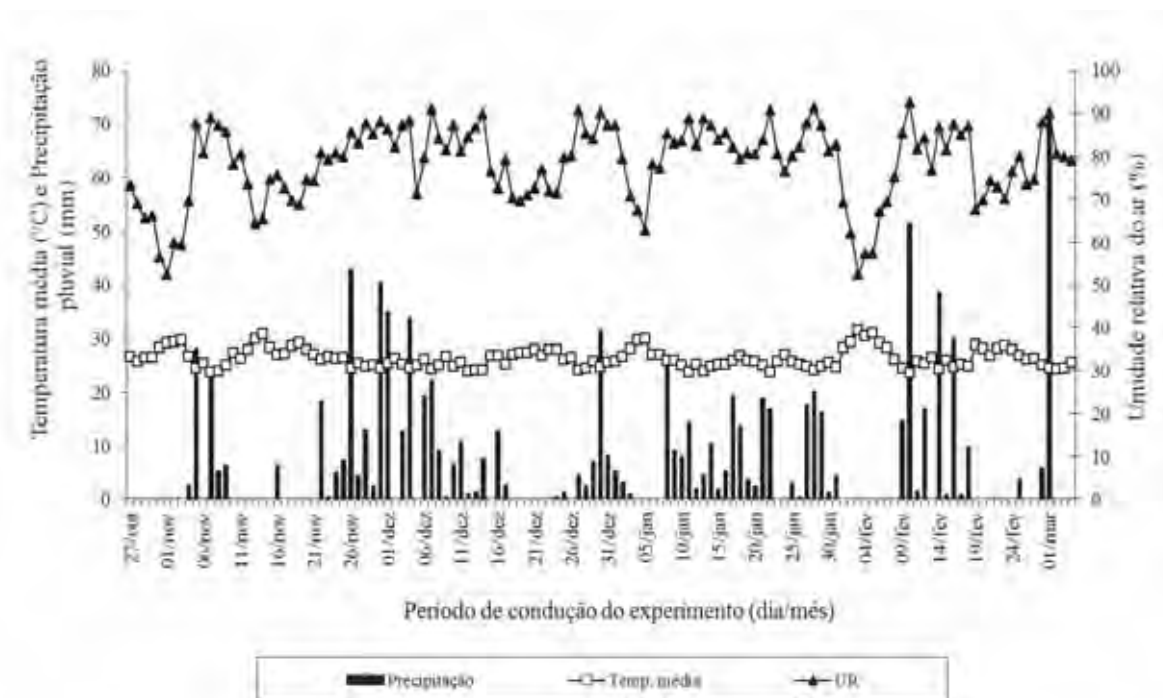
A área onde foram realizados os dois experimentos localiza-se na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, da UNESP, Campus de Ilha Solteira, situada no município de Selvíria-MS, apresentando como coordenadas geográficas 51° 22' de longitude Oeste e 20° 22' de latitude Sul, com altitude de 335 metros.

De acordo com Köppen, a classificação climática da região é Aw, definido como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A temperatura média anual é de 23,5° C, a precipitação média anual de 1370 mm e a umidade relativa do ar média anual de 70-80%. Os valores de precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%) e temperatura média (° C) da área de cultivo, durante a condução dos dois experimentos estão apresentados na Figura 01.

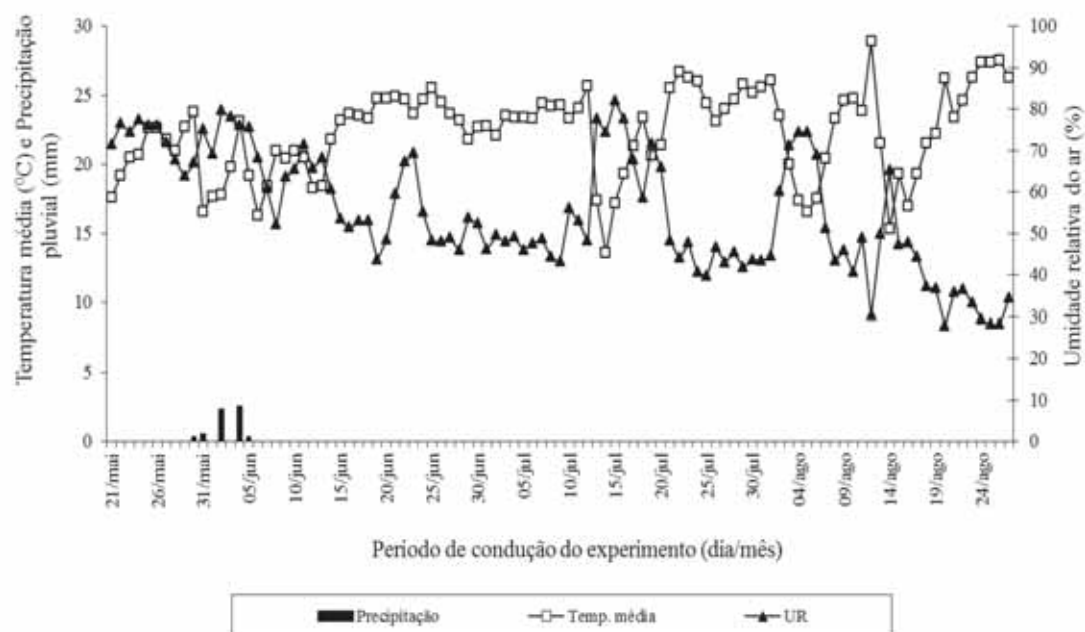
Antes da instalação do primeiro experimento de milho (safra de verão), as características químicas do solo da área experimental na profundidade de 0 a 0,20 m foram determinadas segundo metodologia proposta por Raij e Quaggio (1983) e apresentaram os seguintes resultados: 26 mg dm⁻³ de P (resina); 10 mg dm⁻³ de S; 29 g dm⁻³ de M.O.; 5,0 de pH (CaCl₂); K, Ca, Mg, H+Al = 3,2; 20; 13 e 40 mmol_c dm⁻³,

Figura 1- Precipitação pluvial (mm), temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%) durante a condução do experimento com a cultura do milho na safra de verão 2009/2010 (A) e com a cultura do milho safrinha em 2010 (B). Selvíria – MS.

(A)



(B)



Fonte: Hernandez et al. (1995)

respectivamente e 48% de saturação por bases. As adubações de P_2O_5 , K_2O e micronutrientes foram baseadas na análise química de solo e na tabela de recomendação de adubação para cultura do milho irrigado, para o Estado de São Paulo, conforme descrito em Raij e Cantarella (1997).

A semeadura foi realizada mecanicamente sob sistema de semeadura direta, em 26/10/2009 para a primeira safra e 21/05/2010 para a segunda safra. Após a semeadura, foi aplicada uma lâmina de água de 14 mm por meio de aspersores, para promover a germinação das sementes. As sementes emergiram 5 dias após a semeadura, em ambos os cultivos.

Para cada experimento o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, arranjos em um esquema fatorial 4 x 4, sendo 4 formas de ureia combinadas em 4 doses de nitrogênio, com quatro repetições. Nos dois experimentos as doses utilizadas foram 0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de N, aplicadas em cobertura quando a cultura apresentava 6 folhas totalmente desenvolvidas e, como fontes, os fertilizantes identificados como K-0043, K-0046, K-0049 e K-0055, sendo que o fertilizante K-0046 se refere a ureia convencional com 45% de nitrogênio. As demais identificações (K-0043, K-0049 e K-0055) são referentes a um núcleo de ureia recobertos com três camadas de polímeros em diferentes composições e concentrações, a exceção do fertilizante K-0043, onde foram utilizadas apenas duas camadas de polímeros para proteção.

Em ambos os experimentos foi usado o híbrido de milho Biogênico 7049 Y e com a mesma adubação de semeadura, sendo que foram aplicados 30, 100 e 80 kg ha⁻¹ de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente. As dimensões das parcelas nos dois experimentos foram de 7 m de comprimento com 4 linhas espaçadas de 0,90 m, sendo que para as avaliações foram consideradas apenas 5 m de comprimento e as 2 linhas centrais.

Durante o período de cultivo a cultura recebeu os tratos culturais adequados em todo o seu ciclo (herbicidas, controle fitossanitário e irrigação). O manejo de plantas daninhas foi efetuado com a aplicação da mistura dos herbicidas atrazine + nicosulfuron (1,75 kg ha⁻¹ + 1,25 L ha⁻¹ do i.a.), em pós-emergência. Para o devido controle da lagarta do cartucho foi efetuada a aplicação da mistura spinosad + triflumurom (36,0 + 24,0 g ha⁻¹ do i.a.). A irrigação foi realizada quando necessária, com uma lâmina de água calculada com base nas condições climáticas locais e estágio fonológico da cultura, através de um sistema móvel de irrigação, do tipo aspersão.

Variáveis avaliadas nos dois experimentos (Safrá verão e safrinha)

Teor de N nas folhas

No florescimento feminino da planta foram coletadas 20 folhas (terço médio da folha de inserção da espiga principal) por parcela, lavadas, secas e moídas para análise. Esta análise foi feita pelo método semimicro-Kjeldahl, utilizando-se a digestão sulfúrica, segundo a metodologia descrita em Malavolta et al. (1997).

Altura de plantas

Foram medidas 5 plantas por parcela, da superfície do solo até a o término do pendão, 7 dias antes da colheita.

Diâmetro basal do colmo

Foram medidos o diâmetro basal do colmo, considerando o diâmetro do segundo entrenó, a partir da base da planta, de 5 plantas por parcela, dentro da área útil de cada parcela, 7 dias antes da colheita, o qual foi mensurado através do uso de paquímetro.

Altura de inserção da primeira espiga

Foram medidas a altura de inserção da primeira espiga em 5 plantas por parcela, dentro da área útil, 7 dias antes da colheita.

Índice de clorofila foliar (ICF)

Foi determinado indiretamente por leituras com o clorofilômetro digital modelo CFL 1030 Falker (Falker Automação Agrícola, Porto Alegre, Brasil), na leitura obteve-se o índice de clorofila foliar (ICF), no terço médio da folha abaixo da espiga de 5 plantas de milho por parcela, quando as plantas estavam no estágio de florescimento pleno.

Número de grãos por espiga

Foi contado o número de grãos por espiga de 5 espigas por parcela, retiradas ao acaso da área útil, determinado pela contagem do número de fileiras por espiga e multiplicado pelo número de grãos de cada fileira.

Número de grãos por fileira

Foi contado o número de grãos por fileira de 5 espigas por parcela, retiradas ao acaso da área útil.

Massa de 100 grãos

Foram contados manualmente 100 grãos e pesados em balança de precisão 0,01g. (13% base úmida).

Produtividade de grãos

As espigas das duas linhas centrais em 5 m das parcelas foram colhidas manualmente, debulhadas mecanicamente, pesadas e os dados transformados em kg ha⁻¹ (13% base úmida).

Análise Estatística

Os dados de cada experimento foram analisados isoladamente. Cada experimento foi submetido à análise de variância pelo teste F. O fator fontes de nutrientes em cada experimento foi comparado pelo teste Tukey a 5%. Para o fator doses, os dados foram submetidos à análise de regressão polinomial. O pacote estatístico utilizado para análise foi o programa SISVAR (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no primeiro cultivo de milho referente à safra de verão (2009/2010), para o teor de N foliar, índice de clorofila foliar, altura de plantas, diâmetro do segundo internódio do colmo, altura de inserção da primeira espiga, componentes de produção e produtividade de grãos estão apresentados nas Tabelas 01 e 02. Na tabela 01 estão representados os dados referentes ao teor de nitrogênio foliar, altura de plantas, diâmetro do segundo internódio do colmo e inserção da primeira espiga, onde não houve diferença significativa entre as fontes de nitrogênio testadas (K-0043, K-0046, K-0049 e K-0055) para nenhuma das variáveis avaliadas.

Resultados semelhantes foram obtidos por Maestrello (2011), que estudando duas fontes de nitrogênio (ureia e ureia revestida por polímeros) em quatro doses (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de N), durante duas safras de verão consecutivas na mesma área, observou que também o teor de nitrogênio foliar, o diâmetro basal do colmo, altura de inserção da espiga e altura de plantas não foram afetadas pelas fontes de nitrogênio na safra 2008/2009. Para a safra 2009/2010, o autor verificou que as fontes nitrogenadas afetaram apenas o teor de nitrogênio foliar e a altura de inserção da primeira espiga, com superioridade para a ureia tradicional e revestida respectivamente.

Valderrama et al. (2011) também verificaram que o teor de nitrogênio foliar, altura de plantas, diâmetro do segundo internódio e inserção da primeira espiga na cultura do milho não foram influenciados pelas fontes de nitrogênio estudadas, ureia e ureia revestida. Resultados semelhantes foram obtidos por Civardi et al. (2011) que estudaram na cultura do milho o uso da ureia incorporada e ureia com polímero aplicada em superfície e não constataram efeito para altura de plantas, altura de espigas e diâmetro do colmo nas condições de Jataí (GO).

No que se refere à altura de inserção da espiga, Zavaschi (2010) estudando a ureia e a ureia revestida por polímeros não constatou diferença estatística entre os

tratamentos, onde os resultados ficaram entre 1,13 a 1,20 m. Para o diâmetro do colmo, o autor não verificou diferença significativa entre o tratamento com aplicação de 45 kg ha⁻¹ de N através da ureia convencional e o tratamento controle (sem adubação com N), mostrando ser este um fator influenciado pela fertilização nitrogenada.

Com relação às doses, não houve ajuste significativo para nenhuma das variáveis avaliadas, com exceção do teor de nitrogênio foliar (Tabela 01), onde esses dados se ajustaram à equação de regressão linear crescente. Segundo Raij e Cantarella (1997), o teor adequado de nitrogênio nas folhas de milho, garantindo um bom desenvolvimento da cultura, está situado na faixa entre 27,5 a 32,5 g kg⁻¹ na matéria seca. Neste caso, apesar dos níveis estarem abaixo do considerado adequado para a cultura, o milho teve desenvolvimento normal.

Em estudo conduzido por Zavaschi (2010), avaliando fontes (ureia e ureia revestida) e doses (45, 67,5 e 90 kg ha⁻¹ de N) de nitrogênio na cultura do milho, os teores foliares foram considerados adequados, com exceção do tratamento controle (sem nitrogênio) e com a menor dose da ureia, ficando abaixo do valor mínimo que segundo Raij e Cantarella (1997) é 27,5 g kg⁻¹. Neste mesmo trabalho, o tratamento controle e com a menor dose de uréia apresentaram diferença significativa em comparação aos demais tratamentos, com exceção aos tratamentos com aplicação de 45 e 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio usando a ureia revestida. A concentração de N é dependente da demanda pela planta e do fornecimento, quer seja pelo solo ou fertilizantes. Neste caso, embora a concentração de N estivesse abaixo do teor citado como adequado, foi obtida boa produtividade de grãos.

Segundo Taiz e Zeiger (2004), a deficiência de nitrogênio rapidamente inibe o crescimento vegetal, pois ele serve como constituinte de muitos compostos da célula vegetal, tais como aminoácidos e ácidos nucléicos. Considerando os quatro componentes da tabela 01, Valderrama et al. (2011) e Maestrelo (2011), apenas na safra 2008/2009, encontraram ajuste somente para as doses de nitrogênio no que se refere ao teor de nitrogênio foliar, com ajuste linear e quadrático, respectivamente, independente da fonte testada.

Para Santos e Pereira (1994), o aumento na concentração de nitrogênio foliar promove maior índice de área foliar, conferindo maior crescimento e desenvolvimento das plantas, devido à maior síntese de carboidratos no processo de fotossíntese, embora a altura de plantas, diâmetro do segundo internódio e inserção da primeira espiga não terem sido influenciados pelo aumento nas doses de nitrogênio. Para a altura de plantas

Tabela 01- Médias, teste Tukey e análises de regressão referentes ao teor de nitrogênio foliar (TNF), altura das plantas (AP), diâmetro do segundo internódio (DSI) e inserção da primeira espiga (IPE), do híbrido Biogênico 7049 Y em função de fontes e doses de N. Selvíria – MS (milho safra de verão, 2009/2010).

Tratamentos	TNF (g kg ⁻¹)	AP (m)	DSI (mm)	IPE (m)
Fontes de N				
K-0043 ¹	24,79 a	2,49 a	20,14 a	1,09 a
K-0046 ²	25,50 a	2,46 a	19,87 a	1,09 a
K-0049 ³	25,72 a	2,48 a	20,19 a	1,10 a
K-0055 ⁴	25,91 a	2,51 a	20,14 a	1,10 a
D.M.S. (5%)	1,16	0,08	1,05	0,07
Doses de N				
0	24,25 ⁵	2,46	19,50	1,07
40	24,92	2,48	19,99	1,09
80	25,78	2,49	20,25	1,13
120	26,98	2,50	20,59	1,09
CV (5%)	3,16	3,77	5,52	7,05

¹ 43,18% de N

² 45% de N (Ureia)

³ 41,355% de N

⁴ 41,355% de N

⁵ $Y = 24,1275 + 0,0226N$, $R^2 = 0,98$

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro estudado, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 02- Médias, teste Tukey e análises de regressão referentes ao índice de clorofila foliar (ICF), número de grãos por espiga (NGE), número de grãos por fileira (NGF), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG), do híbrido Biogênico 7049 Y em função de fontes e doses de N. Selvíria – MS (milho safra de verão, 2009/2010).

Tratamentos	ICF	NGE	NGF	M100 (g)	PG kg ha ⁻¹
Fontes de N					
K-0043 ¹	63,00 a	595,72 a	36,44 a	27,57 a	8190 a
K-0046 ²	62,73 a	600,56 a	34,82 a	27,15 a	7809 a
K-0049 ³	63,51 a	608,24 a	35,90 a	27,26 a	8142 a
K-0055 ⁴	62,07 a	616,96 a	36,46 a	27,31 a	8251 a
D.M.S. (5%)	8,04	29,64	1,64	1,03	600,56
Doses de N					
0	60,48	610,20	35,64	26,90	7334 ⁵
40	62,98	618,53	36,14	27,02	8079
80	64,77	600,40	36,48	27,40	8344
120	63,08	592,34	35,36	28,00	8634
CV (5%)	6,78	5,19	4,85	4,84	7,86

¹ 43,18% de N

² 45% de N (Ureia)

³ 41,355% de N

⁴ 41,355% de N

⁵ $Y = 7473,7125 + 10,4030N$, $R^2 = 0,93$

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro estudado, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

e altura de inserção da espiga em plantas de milho, Sangoi e Almeida (1994), estudando o efeito das doses de nitrogênio (0, 50 100 e 150 kg ha⁻¹), também não encontraram resposta significativa. Resultado semelhante foi obtido por Valderrama et al. (2011) que não verificaram efeito significativo para a aplicação de nitrogênio na altura de plantas, diâmetro do segundo internódio e inserção da primeira espiga.

Não houve efeito significativo entre as fontes de nitrogênio testadas para os diferentes componentes de produção, índice de clorofila foliar (ICF) e produtividade de grãos (Tabela 02). Em relação ao índice de clorofila foliar (ICF), Zavaschi (2010) obteve resultados diferentes observando que os tratamentos sem adubação e com 45 kg ha⁻¹ de nitrogênio, usando a ureia convencional, propiciaram os menores valores, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

De acordo com Argenta et al. (2001), em plantas de milho a concentração de nitrogênio e de clorofila foliar estão positivamente correlacionados. Por outro lado, esperavam-se maiores valores no índice de clorofila foliar (IFC) para as fontes revestidas por polímeros, uma vez que a função do revestimento é promover maior disponibilidade de nitrogênio com redução das perdas. Isso pode ser explicado pelas altas temperaturas predominantes nas condições locais do experimento, que podem ter prejudicado o revestimento afetando a estabilidade dos polímeros.

No que se refere ao número de grãos por espiga e número de grãos por fileira, Maestrello (2011) e Valderrama et al. (2011), assim como os obtidos no presente trabalho, não apresentaram diferença significativa entre as fontes de nitrogênio testadas, ureia e ureia revestida. Quanto ao número de fileiras por espiga e número de grãos por espiga, Civardi et al. (2011) também não constataram efeito significativo entre a ureia convencional (incorporada) e a ureia revestida por polímeros (superfície), ambas na mesma dose.

Para a massa de 100 grãos, Guareschi (2010) encontrou maiores valores com a utilização da ureia revestida por polímeros em relação à ureia convencional, independente da dose testada (0; 75 e 150 kg ha⁻¹). O autor salienta que isto pode estar relacionado com a maior disponibilidade de nitrogênio que a ureia revestida por polímeros forneceu às plantas, proporcionado pelas menores perdas de nitrogênio por volatilização e lixiviação. Os resultados obtidos pelo autor para a massa de 100 grãos diferiram dos obtidos por Civardi et al. (2011), onde a ureia convencional foi estatisticamente superior à ureia revestida por polímeros, sendo que estes valores foram de 31,77 e 29,64 g, respectivamente. Isso pode ser explicado no trabalho de Civardi et

al. (2011) pelo fato da ureia convencional ter sido incorporada e a ureia revestida aplicada em superfície, considerando que mesmo com o revestimento da ureia por polímeros existem perdas de nitrogênio por volatilização. Entretanto, no presente trabalho, foi aplicada uma lâmina de água de 14 mm após a aplicação das fontes nitrogenadas e elas apresentaram comportamentos semelhantes.

Não houve efeito significativo entre as fontes de nitrogênio testadas para a produtividade de grãos (Tabela 02). Resultados diferentes foram obtidos por Valderrama et al. (2010), que obtiveram aumento linear nas duas fontes de nitrogênio estudadas, sendo que na ureia polimerizada houve maior produtividade de milho em todas as doses aplicadas (0, 30, 60 90 e 120 kg ha⁻¹) em comparação à ureia tradicional. O trabalho citado foi desenvolvido nas condições de Rio Verde (GO), com predominância de altas altitudes em relação à Selvíria (MS), onde Valderrama et al. (2011) não verificaram efeito significativo para a produtividade de grãos avaliando a ureia e a ureia revestida por polímeros. Esses dados obtidos por Valderrama et al. (2011) também podem ser confirmados com os obtidos por Maestrello (2011) em duas safras consecutivas no município de Selvíria (MS).

Por outro lado, Noellsch et al. (2009), estudando a ureia e a ureia revestida por polímeros na cultura do milho, ambos na dose de 168 kg ha⁻¹ durante dois anos consecutivos (2005 e 2006), obtiveram na média 1670 kg ha⁻¹ de grãos maior com o uso do fertilizante revestido. Devido às diferentes condições de clima e solo, os revestimentos por polímeros podem apresentar diferentes comportamentos quanto a sua taxa de liberação, podendo ser influenciado pela temperatura, disponibilidade hídrica e natureza do material (polímero).

Com relação ao fator doses, não foi verificado efeito para o índice de clorofila foliar (ICF), número de grãos por espiga, número de grãos por fileira e massa de 100 grãos (Tabela 02). Para o índice de clorofila foliar (ICF), tal efeito pode ser explicado pelo teor médio de matéria orgânica do solo (29 g dm⁻³), temperatura e umidade que favoreceram a mineralização da matéria orgânica. De acordo com Argenta et al. (2001), em condições de boa disponibilidade de nitrogênio, as leituras do SPAD-502 e o conteúdo de clorofila são poucos correlacionados, pois o sistema fotossintético já se encontra estabelecido e o excesso de nitrogênio se encontra na forma de outros compostos que não a clorofila.

O número de grãos por espiga e o número de grãos por fileira não foram influenciados pelas doses de nitrogênio testadas, concordando com os resultados obtidos

por Valderrama et al. (2011) para o número de grãos por fileira e Oliveira e Caires (2003) para o número de grãos por espiga. Isso indica que esses componentes de produção do milho foram influenciados apenas pelo potencial genético do híbrido utilizado no presente trabalho.

Avaliando a massa de 1000 grãos, Sangoi e Almeida (1994) não verificaram efeito para as doses de nitrogênio testadas (0 50, 100 e 150 kg ha⁻¹), corroborando com os resultados obtidos neste trabalho. Por outro lado, Oliveira e Caires (2003) constataram aumento linear para a massa de 100 grãos nas doses de 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N. Segundo Borrás e Otegui (2001), este componente de produção é o menos afetado por variações na prática de manejo e adubação.

Para o fator doses, houve efeito significativo para a produtividade de grãos (Tabela 02), onde os dados obtidos se ajustaram a equação de regressão linear crescente. A produtividade de grãos com a dose de 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio atingiu 8.634 kg ha⁻¹ de grãos, independente da fonte testada. Isto representa um acréscimo de 1.300 kg ha⁻¹ ou 15% a mais de grãos em relação à testemunha. Valderrama et al. (2011) também constataram ajuste linear crescente testando quatro doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹), sendo que na dose de 120 kg ha⁻¹ de N foi obtida a produtividade de 11.191 kg ha⁻¹ de grãos.

Para o mesmo período de cultivo, porém em duas safras consecutivas (2008/2009 e 2009/2010), Maestrelo (2011), testando ureia e ureia revestida nas mesmas doses do presente trabalho, obteve efeito significativo com ajuste quadrático, sendo que a máxima produtividade foi alcançada com 87 kg ha⁻¹ de nitrogênio no primeiro e 89 kg ha⁻¹ de nitrogênio no segundo experimento. Fernandes e Buzetti (2005), testando três doses de nitrogênio (0, 90 e 180 kg ha⁻¹) utilizando ureia como fonte verificaram ajuste quadrático dos dados, com máxima produtividade (6.843 kg ha⁻¹) alcançada com a dose de 142 kg ha⁻¹ de N.

Nas Tabelas 03 e 04 estão apresentados o teor de N foliar, índice de clorofila foliar, altura de plantas, diâmetro do segundo internódio do colmo, inserção da primeira espiga, componentes de produção e produtividade de grãos do milho cultivado na safrinha (2010), referente ao segundo cultivo. No que se refere às características agrônomicas da Tabela 03, não houve diferença significativa entre as fontes de nitrogênio testadas.

Da mesma forma que no cultivo da safra de verão, o teor de nitrogênio foliar no cultivo de safrinha também não foi afetado pelas fontes de nitrogênio, podendo ser

explicado pela baixa eficiência do revestimento devido a temperaturas médias altas no local, registrado no período de 15 de junho a 10 de julho (Figura 1B). Neste período, os fertilizantes já tinham sido aplicados ao solo em cobertura, coincidindo com a aplicação dos tratamentos.

Tabela 03- Médias, teste Tukey e análises de regressão referentes ao teor de nitrogênio foliar (TNF), altura das plantas (AP), diâmetro do segundo internódio (DSI) e inserção da primeira espiga (IPE), do híbrido Biogênico 7049 Y em função de fontes e doses de N. Selvíria – MS (milho safrinha, 2010).

Tratamentos	TNF (g Kg ⁻¹)	AP (m)	DSI (mm)	IPE (m)
Fontes de N				
K-0043 ¹	28,38 a	2,63 a	19,96 a	1,31 a
K-0046 ²	27,88 a	2,64 a	21,00 a	1,31 a
K-0049 ³	28,25 a	2,65 a	19,72 a	1,30 a
K-0055 ⁴	26,50 a	3,16 a	20,42 a	1,33 a
D.M.S. (5%)	2,95	0,94	1,88	0,09
Doses de N				
0	24,50 ⁵	2,63	20,58	1,32
40	27,88	3,15	20,18	1,30
80	28,62	2,61	19,55	1,33
120	30,00	2,69	20,80	1,31
CV (5%)	7,38	36,18	9,84	7,13

¹ 43,18% de N

² 45% de N (Ureia)

³ 41,355% de N

⁴ 41,355% de N

⁵ $Y = 25,1625 + 0,0431N$, $R^2 = 0,98$

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro estudado, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 04- Médias, teste Tukey e análises de regressão referentes ao índice de clorofila foliar (ICF), número de grãos por espiga (NGE), número de grãos por fileira (NGF), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG), do híbrido Biogênico 7049 Y em função de fontes e doses de N. Selvíria – MS (milho safrinha, 2010).

Tratamentos	ICF	NGE	NGF	M100 (g)	PG kg ha ⁻¹
Fontes de N					
K-0043 ¹	49,44 a	469,16 a	31,13 a	27,57 a	6999 a
K-0046 ²	46,70 a	469,12 a	31,50 a	27,36 a	6763 a
K-0049 ³	49,14 a	463,37 a	31,52 a	27,30 a	7136 a
K-0055 ⁴	48,48 a	478,33 a	31,88 a	27,54 a	6835 a
D.M.S. (5%)	4,33	45,26	2,60	1,25	1227,43
Doses de N					
0	42,84 ⁵	469,62	31,70	26,82	5861 ⁶
40	48,34	470,62	30,81	27,13	6686
80	49,58	459,29	31,29	27,54	7702
120	53,01	480,85	32,21	28,27	7484
CV (5%)	9,48	10,21	8,76	8,13	18,76

¹ 43,18% de N

² 45% de N (Ureia)

³ 41,355% de N

⁴ 41,355% de N

⁵ $Y = 43,6754 + 0,079N$, $R^2 = 0,94$

⁶ $Y = 6050,6562 + 14,7117N$, $R^2 = 0,82$

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro estudado, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para o teor de nitrogênio foliar, todas as fontes se encontraram na faixa do considerado adequado (27,5 a 32,5 g kg⁻¹) segundo Raij e Cantarella (1997), com exceção da fonte K-0055, cujo valor obtido foi de 26,5 g de N kg⁻¹ de matéria seca, na média. Este fato, ocorrido para a fonte em questão, não prejudicou o crescimento das plantas, sendo que o experimento apresentou um desenvolvimento normal durante todo o seu ciclo. Pereira et al. (2009) constataram teores de N na folha variando entre 26 e 29,53 g kg⁻¹ para diferentes fontes (ureia e ureia revestida por polímeros) e doses de nitrogênio (0, 40 e 80 kg ha⁻¹). Valores abaixo do considerado adequado por Raij e Cantarella (1997), foram verificados por estes autores nos tratamentos testemunha (sem N) e com a menor dose de ureia.

Com relação à altura de plantas, diâmetro do segundo internódio do colmo e altura de inserção da primeira espiga, Soratto et al. (2010) não verificaram efeito significativo para as fontes de nitrogênio aplicadas em cobertura, para o milho cultivado na safrinha. Meira et al. (2009), estudando três fontes de nitrogênio (ureia, sulfato de amônio e sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação), também não constataram efeito significativo para o diâmetro do colmo e altura de inserção da espiga principal de milho irrigado. Para a característica altura de inserção da primeira espiga, Pereira et al. (2009) não avaliaram diferença significativa entre os tratamentos com ureia e ureia revestida por polímeros nas doses de 40 e 80 kg ha⁻¹ de N. Com relação à testemunha (sem N), Pereira et al. (2009) verificaram diferença significativa apenas nos tratamentos com 40 kg ha⁻¹ de N nas fontes ureia e ureia revestida por polímeros. No presente estudo, a não diferença entre as fontes demonstra a ineficiência dos polímeros utilizados.

As doses afetaram apenas o teor de nitrogênio foliar com ajuste linear crescente (Tabela 03), concordando com os resultados obtidos por Soratto et al. (2010) e Mar et al. (2003), ambos cultivados na safrinha. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Araújo et al. (2004), que estudando doses de nitrogênio (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹) com a fonte ureia, verificaram aumento no teor de nitrogênio foliar no cultivo de milho após milho. Casagrande e Fornasier Filho (2002) também constataram efeito das doses de nitrogênio, que variaram de 36 g kg⁻¹ na dose 0 a 39 g kg⁻¹ na dose de 90 kg ha⁻¹, com teores acima do encontrado no presente trabalho (Tabela 03).

A altura de plantas, o diâmetro do segundo internódio e a inserção da primeira espiga não foram influenciados pelas doses de nitrogênio estudadas. Por outro lado, Soratto et al. (2010) constataram efeito significativo para a altura de plantas e diâmetro

do colmo para as doses de nitrogênio no milho cultivado na safrinha em Chapadão do Céu (GO), independente das fontes testadas. Já para altura de plantas, estes mesmos autores citaram que não houve efeito significativo para nenhum dos fatores estudados.

Avaliando duas épocas de aplicação de nitrogênio e dois híbridos de milho cultivado na safrinha, Casagrande e Fornasieri Filho (2002) não verificaram efeito significativo para as doses de nitrogênio (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹) nas características altura de plantas e altura de espigas. Cruz et al. (2008), estudando doses de nitrogênio sobre os componentes de produção de cultivares de milho, verificaram que doses acima de 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio não contribuíram para o aumento do diâmetro do colmo e altura de plantas. Assim, as diferentes respostas encontradas nos diferentes estudos devem levar em consideração principalmente a cultura anterior e as condições edafoclimáticas local.

Os componentes de produção (Tabela 04) não foram influenciados pelas fontes de nitrogênio estudadas, assim como para o índice de clorofila foliar. Para Vieira & Teixeira (2008), os fertilizantes encapsulados dependem de água e temperatura para a sua liberação, pois são fertilizantes com um núcleo solúvel envolvidos por uma resina permeável a água. Devido às condições edafoclimáticas do presente trabalho, representado por cerrado de baixa altitude, as altas temperaturas podem ter afetado o revestimento, desnaturando assim os polímeros conforme citado anteriormente.

O número de grãos por espiga, número de grãos por fileira e massa de 100 grãos não foram afetadas pelas fontes estudadas. Soratto et al. (2010), avaliando os componentes de produção na cultura do milho safrinha, não verificaram resposta para o número de grãos por espiga e massa de 100 grãos para quatro fontes de nitrogênio avaliadas. Para a massa de 100 grãos, Pereira et al. (2009) ao testar combinações de doses (40 e 80 kg ha⁻¹) e fontes de nitrogênio (ureia e ureia revestida por polímeros) não observaram efeito significativo entre os tratamentos.

Esses resultados podem ser confirmados por Meira et al. (2009) para o número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga e massa de 100 grãos, para o milho irrigado no estudo de três fontes de nitrogênio (sulfato de amônio, ureia e sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação). De acordo com Fancelli e Dourado Neto (1997), a produtividade do milho também depende da população de plantas, prolificidade, do número de fileiras por espiga e da massa de 100 grãos e, portanto, o efeito aditivado dos componentes é que leva a diferenças na produtividade.

No que se refere à produtividade de grãos, resultados semelhantes foram encontrados por Meira et al. (2009), Valderrama et al. (2011) e Kappes et al. (2009), sendo diferentes dos avaliados por Soratto et al. (2010), onde o sulfato de amônio proporcionou maior produtividade de grãos em comparação a Amireia[®] 180 S (ureia extrusada com produtos amiláceos – 28% N e 3% S) porém não diferindo das demais fontes (ureia e sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação). Pereira et al. (2009) também não verificaram diferença significativa entre as fontes ureia e ureia revestida por polímeros no milho cultivado na safrinha.

As doses de nitrogênio influenciaram o índice de clorofila foliar (ICF), com os dados se ajustando à função linear crescente. Este comportamento pode ser explicado pelo aumento no teor de N em função do aumento nas doses de nitrogênio, uma vez que este nutriente está associado à molécula de clorofila. De acordo com Argenta et al. (2001), o aumento no teor de N promove um aumento no conteúdo de clorofila, assim como seu decréscimo no tecido foliar pode prejudicar a síntese deste composto.

Os componentes de produção número de grãos por espiga, número de grãos por fileira e massa de 100 grãos não foram influenciadas pelas doses de nitrogênio (Tabela 04). Soratto et al. (2010) constataram resposta diferente para o número de grãos por espiga e massa de 1.000 grãos, obtendo-se resposta linear e quadrática, respectivamente, com o aumento das doses de nitrogênio. Casagrande e Fornasieri Filho (2002) constataram a mesma resposta do presente trabalho, avaliando doses de nitrogênio no milho cultivado na safrinha para o número de fileiras por espiga, número de grãos por espiga e massa de 1000 grãos. Embora não tenha apresentado diferença para as doses de nitrogênio, a massa de grãos é dependente das proteínas da planta, que por sua vez estão diretamente relacionadas com o adequado suprimento de nitrogênio (BELOW, 2002).

Para a produtividade de grãos, os dados obtidos tiveram um ajuste linear crescente (Tabela 04). Soratto et al. (2010) também verificaram aumento linear na produtividade de milho safrinha com aplicação de até 120 kg ha⁻¹ de N, cujo aumento em relação à testemunha (sem N) foi de 7,6% na produtividade de grãos. Kappes et al. (2009) verificaram incremento significativo na produtividade de grãos, com a dose de 70 kg ha⁻¹ de N, independente da fonte testada. Por sua vez, Casagrande e Fornasieri Filho (2002) não encontraram resposta significativa avaliando doses de nitrogênio (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹) com milho cultivado na safrinha em solo com 27 g dm⁻³ de matéria orgânica. Neste sentido, verifica-se que a resposta da cultura às doses de nitrogênio depende do solo, das condições climáticas e da produtividade do híbrido utilizado.

CONCLUSÕES

1 – A ureia convencional e revestida por polímeros, para as condições edafoclimáticas de cerrado de baixa altitude, nas safras 2009/2010 e 2010, foram semelhantes para o teor de N foliar, índice de clorofila foliar (ICF), diâmetro do segundo internódio, altura de inserção da primeira espiga, componentes de produção e produtividade de grãos de milho.

2 – Na safra de verão (2009/2010), as doses de nitrogênio proporcionaram aumento linear para o teor de nitrogênio foliar e na produtividade de grãos até a dose de 120 kg ha⁻¹ de N.

3 – Na safrinha (2010), as doses de nitrogênio também com incremento linear, influenciaram o teor nitrogênio foliar, o índice de clorofila foliar (ICF) e a produtividade de grãos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. A. N.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 8, p. 771- 777, 2004.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BARTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 158-167, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2010/2011 a 2020/2021/** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. Brasília: Mapa/ACS, 2011. 58 p. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em 25 jul.2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2008 a 2018/** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. Brasília: Mapa/ACS, 2008. (Extraído da palestra do assessor do Ministro da Agricultura Doutor Ali Aldersi Saab; Tema: O mercado de fertilizantes no Brasil/Diagnóstico e propostas de políticas).

BELOW, F. E. Fisiologia, nutrição e adubação nitrogenada do milho. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 99, p. 7-12, 2002.

BONO, J. A. M.; SETTI, J. C. A.; SPEKKEN, S. S. P. O nitrogênio protegido como alternativa de fertilizante para o uso no plantio da cultura do algodão. **Ensaio e Ciência**, Campo Grande, v. 10, n. 1 p. 39-45, 2006.

BORRÁS, L.; OTEGUI, M.E. Maize kernel weight response to postflowering source sink ratio. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 6, p. 1816-1822, 2001.

BREDA, F.A. da F.; WERNECK, C.G.; LIMA, E. S.A.; POLIDORO, J.C.; ZONTA, E.; LIMA, E. Perdas por volatilização de N-Ureia revestida por polímeros. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, FERTBIO, 29., 2010, Guarapari. **Anais...** Guarapari: Tec. Art, 2010. 1CD-ROM.

BLAYLOCK, A. O futuro dos fertilizantes nitrogenados de liberação controlada. **Informações agronômicas**, Piracicaba, v. 120, n. 1, p. 8-10, 2007.

BYRNES, B. H. Liquid fertilizers and nitrogen solutions. In: **International fertilizer development center: fertilizer manual**. Alabama: Kluwer Academic, 2000, p. 20-44.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007.; cap. 7, p. 375-470.

CANTARELLA, H.; CORRÊA, L. A.; PRIMAVESI, A. C. Perdas diárias de amônia por volatilização, de duas fontes de adubo nitrogenado aplicados na superfície de pastagens de capim Coastcross. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. 2001, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001, p. 330-331.

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. O uso de inibidor de urease para aumentar a eficiência da uréia. In: SIMPÓSIO SOBRE INFORMAÇÕES RECENTES PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA, 1., 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPNI, 2007. 1 CD-Room.

CANTARELLA, H.; MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; RIGOLIN, A. T. Fruit yield of valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Netherlands, v. 67, n. 3, p. 215-223, 2003.

CANTARELLA, H.; MONTEZANO, Z. F. Nitrogênio e enxofre. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI, 2010. cap. 1, p. 5-46.

CANTARELLA, H.; ROSSETO, R.; BARBOSA, W.; PENNA, M.J.; RESENDE, L.C.L. Perdas de N por volatilização da amônia e resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada em sistema de colheita de cana sem queima prévia. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 7., 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 1999. p. 82-87.

CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 33-40, 2002.

CERETTA, C. A; FRIES, M. R. Adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. In: NUERNBERG, N. J. **Plantio direto: conceitos, fundamentos e práticas culturais**. Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, 1997. Cap.7, p.111-120.

CIVARDI, E. A.; NETO, A. N. S.; RAGAGNIN, V. A.; GODOY, E. R.; BROD, E.; Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 52-59, jan./mar. 2011.

CHITOLINA, J.C. **Fertilizantes de lenta liberação de N: conceitos**. ureia coberta com enxofre. Piracicaba: ESALQ/USP, 1994. 16 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira:** grãos, décimo primeiro levantamento, agosto 2011 / Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 2011. 41 p.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; SANTANA, D. P. **Manejo da Cultura do Milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. p.1-12. (Circular Técnico, 87).

CRUZ, S. C. S. PEREIRA, F.R.S.; SANTOS, J.R.; ALBUQUERQUE, A.W.; PEREIRA, R. G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 62-68, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. **Cultura do Milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo: Sistemas de Produção 2. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/economia.htm>. Acesso em: 24 ag. 2010.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Fenologia do milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Tecnologia da produção de milho.** Piracicaba: Publique, 1997. p.131-134.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION- FAO. **FAOSTAT database results.** Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, 1999. Disponível em: <www.fao.org.br>; Acesso em: 7 abr. 2010.

FERNANDES, F.C.S.; BUZETTI, S. Efeito de níveis de nitrogênio na produtividade de seis cultivares de milho (*Zea mays* L.). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 7, n. 1, p. 10-16, 2005.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.

GUARESCHI, R.F. **Emprego de fertilizantes revestidos por polímeros nas culturas da soja e milho**. 2010. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde 2010.

HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP/ Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. 45 p. (Série Irrigação, 1).

KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M.; SILVA, J. A. N. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 251-259, 2009.

KAPPES, C.; FERREIRA, J. P. Fertilizantes de liberação gradual Inovação na agricultura. **Revista Campo e Negócios**, Uberlândia, v. 4, n. 47, p. 4-9, 2009.

LARA CABEZAS, W. A. R. Comportamento dos adubos nitrogenados em clima e solo de Cerrado. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO, 1., 1998, Rio Verde. **Resumos...** Rio Verde: Aldeia Norte, 1998. p. 78-92.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho em sistema de plantio direto no Triangulo Mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 363-376, 2000.

MAESTRELO, P.R.; **Ureia e ureia revestida por polímeros em milho e feijoeiro de inverno sob sistema de semeadura direta**. 2011. 41 f. Trabalho de Conclusão de

Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista- UNESP, Ilha Solteira, 2011.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 310 p.

MAR, G. D.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; NOVELINO, J. O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 267-274, 2003.

MEIRA, F. A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E.; ANDRADE, J. A. C. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 275-284, abr./jun. 2009.

NOELLSCH, A. J.; MOTAVALLI, P. P.; NELSON, K. A.; KITCHEN, N. R. Corn response to conventional and slow-release nitrogen fertilizers across a claypan landscape. **Agronomy Journal**, Madison, v. 101, n. 3, p. 607-614, 2009.

OLIVEIRA, J. M. S.; CAIRES, E. F. Adubação nitrogenada em cobertura para o milho cultivado após aveia preta no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 351-357, 2003.

PEREIRA, H. S.; LEÃO, A. F.; VERGINASSI, A.; CARNEIRO, A. C. Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1685-1694, nov./dez, 2009.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991. 343 p.

RAIJ, B van. CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem de**

milho para grãos e silagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico-Fundação IAC, 1997. p. 56-59. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade.** Campinas: IAC, 1983, p. 11-31. (Boletim Técnico Instituto Agrônômico, 81).

REIS, R. **Kimberlit e sua importância ambiental na eficiência dos fertilizantes.** Chapadão do Sul: Jovem Sul Comunicações, 2008. Disponível em: <<http://www.jovemsulnews.com.br>>. Acesso em: 25 ag. 2010.

REIS JUNIOR, R. A. R. Uma nova ferramenta para otimização do uso de fertilizantes. Otimização da produção. **Informações agrônômicas**, Piracicaba, n. 117, p. 13-14, 2007.

RODRIGUES, M. B.; KIEHL, J. C. Distribuição e nitrificação da amônia proveniente da ureia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 16, n. 3, p. 403-408, 1992.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 13-24, 1994.

SANTOS, H. P.; PEREIRA, L. R. Efeito de sistemas de sucessão de cultura de inverno sobre algumas características agrônômicas de milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 1691-1694, 1994.

SHAVIV, A. Advances in controlled-release fertilizers. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 71, p. 1-49, 2001.

SILVA, E. C. **Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) da ureia, do milheto e da crotalária pelo milho sob semeadura direta em solo de cerrado.** 2005. 111 f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) – Escola

Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SORATTO, R. P.; PEREIRA, M.; COSTA, T. A. M.; LAMPERT, V. N. Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 511-518, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TISDALE, S. L.; NELSON, N. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. New York: Macmillan, 1984. 753 p.

TRENKEL, M. E. **Slow-and controlled-release and stabilized fertilizers: An option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture**. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010. 163 p.

VALDERRAMA, M. Por que usar polímeros na agricultura. **Revista Campo & Negócios**, Uberlândia, v. 4, n. 47, p. 24, 2008.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.

VALDERRAMA, M.; COSTA, K. A. de P.; CASTRO, D. da S.; PRIVADO, C. J. T.; FIGUEREDO, R. S.; COSTA, C. M.; CASSEL, C. Doses e fontes de nitrogênio na cultura do milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, FERTBIO, 29., 2010, Guarapari. **Anais...** Guarapari: Tec. Art, 2010. 1 CD-ROM.

VIEIRA, B. A. R. M.; TEIXEIRA, M. M. Adubação de liberação controlada chega como solução. **Revista Campo & Negócios**, Uberlândia, v. 41, n. 68, p. 52-54, 2008.

VILLAS BÔAS, R. L.; BÜLL, L. T., FERNANDES, D. M. Fertilizantes em Fertirrigação. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.) **Fertirrigação**: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 293-320.

VITTI, A. C. **Adubação nitrogenada da cana-de-açúcar (soqueira) colhida mecanicamente sem a queima prévia**: manejo e efeito na produtividade. 2003. 114 f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

WU, L.; LIU, M. Preparation and properties of chitosan-coated NPK compound fertilizer with controlled-release and water-retention. **Carbohydrate Polymers**, Lanzhou, v. 72, n. 2, p. 240–247, 2008.

ZAVASCHI, E. **Produtividade da cultura do milho em função da aplicação de ureia revestida por polímeros**. 2010. 92 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.