Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07,2024

ISSN 2178-6925

MANEJO DO NITROGÊNIO E CICLAGEM DE NUTRIENTES NA CULTURA DO MILHO SAFRINHA

NITROGEN MANAGEMENT AND NUTRIENT CYCLING IN SAFRINHA CORN CROPPING

Marcivânia de Castro Ribeiro
Discente do Curso de Bacharelado em Agronomia, Instituto Educacional Santa Catarina Faculdade Guaraí-IESC-FAG, Campus Guaraí/TO, Brasil, e-mail: marcivania06@gmail.com

Ramão Genz
Discente do Curso de Bacharelado em Agronomia, Instituto Educacional Santa Catarina Faculdade Guaraí-IESC-FAG, Campus Guaraí/TO, Brasil, e-mail: ramaofenner@gmail.com

Gustavo de Godoi Santana

Agronomo. Esp. Tecnologia e Inovação no Agronegócio. Prof. Assistente do Instituto Educacional Santa Catarina Faculdade Guaraí-IESC-FAG, Campus Guaraí/TO, Brasil, e-mail:gustavo.santana@iescfag.edu.br

Carla Regina Rocha Guimarães

Zootecnista. Msc.Ciência Animal Tropical. Prof.ª Adjunta do Instituto Educacional Santa Catarina Faculdade Guaraí-IESC-FAG, Campus Guaraí/TO, Brasil, e-mail:carla.guimarães@iescfag.edu.br

Resumo

A cultura do milho safrinha tem papel fundamental na agricultura, contribui significativamente na economia nacional, essa cultura requer uma grande quantidade de nutrientes para seu bom desenvolvimento. Entre os diversos nutrientes necessários ao bom desenvolvimento desta cultura, pode se destacar o nitrogênio, elemento fundamental e indispensável nas adubações de cultivos, atuando fortemente na manutenção e aumento da produtividade. O nitrogênio destaca-se dos demais nutrientes por apresentar acentuado dinamismo no sistema solo e por ser, normalmente, o nutriente exigido em maior quantidade pelas culturas. Existem várias fontes desse elemento sendo a ureia umas das mais importantes devido ao seu baixo custo e alta concentração de N. Porém é importante considerar as diversas transformações que o nitrogênio sofre no solo seja ele orgânico ou mineral, o qual pode ser mineralizado, imobilizado, nitrificado ou desnitrificado, além das perdas que pode ocorrer por volatilização e lixiviação. Diante do exposto foi feito uma revisão no qual se buscou identificar os principais fatores que podem interferir no aproveitamento do nitrogênio no solo para o cultivo de

ISSN 2178-6925

milho safrinha. Verificou-se que as fontes e a forma de aplicação podem influenciar diretamente no dinamismo do nitrogênio na relação solo e planta, no qual pode se aumentar a disponibilidade e aumentar a eficiência garantindo assim maior rentabilidade e preservação do meio ambiente.

Palavras - chaves: nitrogênio, milho safrinha, fontes de liberação lenta, inibidores de nitrificação.

Abstract

The safrinha corn crop plays a fundamental role in agriculture, contributing significantly to the national economy, this crop requires a large amount of nutrients for its good development. Among the various nutrients necessary for the good development of this crop, nitrogen stands out, a fundamental and indispensable element in crop fertilization, playing a strong role in maintaining and increasing productivity. Nitrogen stands out from other nutrients because it presents a marked dynamism in the soil system and because it is normally the nutrient required in greatest quantities by crops. There are several sources of this element, urea being one of the most important due to its low cost and high concentration of N. However, it is important to consider the various transformations that nitrogen undergoes in the soil, whether organic or mineral, which can be mineralized, immobilized, nitrified or denitrified, in addition to losses that may occur due to volatilization and leaching. In view of the above, a review was carried out in which we sought to identify the main factors that may interfere with the use of nitrogen in the soil for the cultivation of off-season corn. It was found that the sources and form of application can directly influence the dynamism of nitrogen in the soil and plant relationship, which can increase availability and increase efficiency, thus ensuring greater profitability and preservation of the environment.

Keywords: nitrogen, off-season corn, slow release sources, nitrification inhibitors.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho safrinha tem papel fundamental na agricultura, contribui significativamente na economia nacional. O Brasil tem hoje uma área plantada de mais de 20 milhões de hectares com milho, sendo que mais de 15 milhões é destinado para segunda safra, com uma estimativa de produção em cerca de 110 milhões de toneladas para safra 2023/2024. Deste montante 85 milhões é referente ao milho safrinha (CONAB, 2024).

A cultura do milho é muito exigente demanda grandes quantidades de nutrientes fazer o manejo correto dos principais nutrientes é uma das formas de contribuir para obter melhores resultados na produtividade (OLIVEIRA et al., 2019).

O milho safrinha é cultivado em condições climáticas desfavoráveis para o seu desenvolvimento, sendo considerado uma safra de risco para o agricultor (ZOZ et al., 2019). Dentre os diversos fatores que podem influenciar na

ISSN 2178-6925

produtividade do milho safrinha a adubação é um fator primordial, podendo interferir diretamente na produção e produtividade final das lavouras.

Entre os diversos nutrientes necessários ao bom desenvolvimento das culturas agrícolas, pode se destacar o nitrogênio, elemento fundamental e indispensável nas adubações de cultivos, atuando fortemente na manutenção e aumento da produtividade (MOTA, 2013).

É importante conhecer os fatores que influenciam na eficiência de aplicação do N, e também ter o conhecimento do histórico da área, pois dependendo da cultura que antecede o cultivo pode se determinar qual as melhores fontes a serem usadas, quais as doses ideais, qual manejo a ser adotado. Dessa forma procurando manter equilíbrio e sustentabilidade dos sistemas produtivos. (PORTUGAL et al., 2017).

Diante do exposto, surge a seguinte problemática, o que se deve levar em consideração ao se fazer recomendação de adubação para a cultivo de milho safrinha? Considerando a importância econômica do milho para a agricultura brasileira, bem como sua contribuição como palhada para outras culturas e devido sua alta demanda por nitrogênio e sua baixa disponibilidade na maioria dos solos brasileiros é fundamental investigar e desenvolver novas tecnologias de adubação nitrogenada que sejam mais eficientes e econômicas.

Este trabalho tem como objetivo geral fazer uma abordagem ampla sobre o manejo do nitrogênio para o cultivo milho safrinha e a ciclagem de nutriente. Apresentando os seguintes objetivos específicos: Identificar os principais fatores que podem interferir no aproveitamento do nitrogênio no solo para o cultivo agrícola. Identificar as principais fontes de nitrogênio. Identificar quais as transformações que esse elemento sofre ao ser manejado no solo. Quais as formas que a planta consegue absorver.

2 METODOLOGIA

A proposta metodológica aplicada para materialização do referido estudo, foi a pesquisa bibliográfica explorativa através de revistas, artigos e livros relacionados ao tema pesquisado. Utilizando as seguintes palavras chaves: milho, manejo, adubação nitrogenada.

ISSN 2178-6925

Desta forma, salienta-se que para melhor desenvolvimento de pesquisa ocorreu também a análise de outros estudos pertinentes devido a amplitude da temática. Nesse intuito buscou-se estudar a essência do respectivo trabalho com ênfase na fertilidade.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cultura do milho safrinha

Os maiores produtores de milho hoje é Estados Unidos e China o Brasil encontra se em terceiro lugar como maior produtor de milho (*Zea mays* L.). A cultura destaca-se no setor agrícola devido a sua grande versatilidade, sendo utilizada na alimentação humana e animal, e como matriz energética com produção de etanol (SANTOS, 2021).

O milho (*Zea mays* L.) pode ser considerado como um dos principais grãos cultivados no Brasil, tendo um papel significativo na socioeconomia e ocupando grandes áreas de plantio. A produção desse cereal é expressiva, sendo estimado para safra 2023/2024 cerca de 110 milhões de toneladas de grãos, distribuídas principalmente em duas safras distintas a safra normal e a safrinha (CONAB, 2024).

A denominação “milho safrinha” tem origem nas baixas produtividades quando no seu início de cultivo na década de 1970, quando comparada a safra obtida durante os meses de verão. No entanto, atualmente, o milho safrinha apresenta considerável produtividade, possuindo grande relevância no cenário nacional (SANTOS, 2021).

O milho (Zea mays L.) possui duas épocas de semeadura no Brasil. Na primeira safra, o cultivo ocorre entre os meses de outubro e fevereiro. Na segunda safra, conhecida como "safrinha", a semeadura é realizada entre fevereiro e março, com a colheita ocorrendo entre junho e julho. Entre os fatores que contribuem para a redução da produtividade na safrinha, a adubação é um dos mais importantes (NOVAES et al., 2020).

A produtividade do milho depende de vários fatores como manejo, cultivar, solo e um dos mais importante a adubação. Entre os nutrientes essenciais para cultura do milho o nitrogênio tem maior importância uma vez que é absorvido em

ISSN 2178-6925

maiores quantidade e por apresentar diversas funções na planta (OLIVEIRA et al., 2023)

A cultura do milho fora de época, cultivada em diferentes ambientes no Cerrado brasileiro, responde de maneira variada à fertilização com nitrogênio. A aplicação de N como fertilizante de partida demonstra aumentar significativamente o rendimento do milho, além de aprimorar o efeito da adubação em cobertura, podendo até tornar sua aplicação desnecessária (SIMÃO et al. 2020).

3.2 Importância do nitrogênio e suas transformações no solo

O nitrogênio apresenta nas plantas tanto função estrutural como funcional fazendo parte de diversos processos metabólicos e fazendo parte de componentes da célula vegetal, como ácidos nucléicos, proteínas e aminoácidos (TAIZ; ZEIGER, 2013). Além disso, participam dos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, sínteses, multiplicação e diferenciação celular e estimula o crescimento de raízes e a formação e o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas (GRASSI FILHO, 2010). Portanto, a deficiência de nitrogênio rapidamente inibe o crescimento vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O nitrogênio destaca dos demais nutrientes por apresentar acentuado dinamismo no sistema solo e por ser, normalmente, o nutriente exigido em maior quantidade pelas culturas (CANTARELLA, 2008).

Existem dois mecanismos naturais que garantem o suprimento de N no solo. O primeiro se da através da conversão do nitrogênio atmosférico em óxidos pelas descargas elétricas, dessa maneira tem a transformação desses óxidos em ácido nítrico que, através do transporte pelas águas da chuva, infiltram-se no solo tornando se disponível as plantas na forma de nitrato (MOTA, 2013). A outra forma é a fixação biológica do N atmosférico que desempenha papel importante no aporte de nitrogênio nos sistemas agrícolas.

O nitrogênio apresenta diversas fontes, sendo a ureia a mais usual no mundo, isso devido ao seu alto percentual de N, esta característica faz com que

ISSN 2178-6925

o consumo de ureia seja maior o que vai acarretar em menor custo no transporte por unidade de nutriente (CUNHA, et al., 2011; ERNANI, 2003).

O nitrogênio sofre diversas transformações no solo, por isso seu manejo é tão difícil e desperta o interesse da pesquisa em encontrar mecanismo que aumente a sua eficiência no solo.

A mineralização é uma das formas de transformação do N, a maioria do nitrogênio que encontra se no solo está na forma orgânica a qual a planta não consegue absorver, para que a planta consiga absorve-lo é preciso que ocorra a mineralização (COSER et al., 2007).

Uma outra forma é a nitrificação que corresponde a um processo biológico onde microrganismos específicos através da oxidação irão converter o amônio oriundo dos fertilizantes e da própria matéria orgânica em nitrato (MARCELINO, 2009).

A desnitrificação é uma outra forma de transformação do N, neste processo ocorre a transformação do N nítrico em formas gasosas que são perdidas facilmente para atmosfera. Este processo é responsável pela maior perda de N no solo (SILVA et al., 2007). Na desnitrificação, os microrganismos anaeróbicos do solo obtêm do NO^{-3} e do nitrito (NO^{-2}) a fonte de oxigênio para respiração durante a decomposição dos resíduos orgânicos na 10 ausência de O_2 e os reduzem para N_2 ou N_2O, que saem do sistema solo em forma de gás (SOUSA; et al., 2004; PEREIRA, 2015).

Outro importante processo a respeito da transformação do N é a imobilização, nesse processo ocorre que o nitrogênio mineral é assimilado por microrganismos que utilizam o N como fonte de energia para seus processos metabólicos. Desta maneira o nitrogênio que estaria disponível para planta e não foi absorvido é transformado para forma orgânica, ficando indisponível temporariamente. Para que essa reação ocorra no solo é preciso que a relação carbono/nitrogênio seja de 30:1 (LOPES et al., 2004).

ISSN 2178-6925

Outro processo onde ocorre a transformação do N e consequentemente perdas é processo de volatilização de amônia que é uma reação química na qual o nitrogênio sai do solo em forma de gás, para a atmosfera. Este tipo de perda é mais frequente em regiões tropicais, como o Brasil, onde na maioria dos estados tem a ocorrência altas temperaturas na maior parte do ano (FRAZÃO et al., 2014). A quantidade de nitrogênio volatilizado após a aplicação superficial de ureia no solo varia significativamente, dependendo de vários fatores, incluindo as condições climáticas e as propriedades do solo. As perdas de amônia (NH3) podem atingir até 50% do nitrogênio aplicado (TASCA et al., 2011).

3.3 Forma de absorção do nitrogênio e mobilidade no solo e planta

Durante o ciclo de desenvolvimento da planta, o nitrogênio é absorvido pelas raízes principalmente nas formas de amônio (NH4+) e nitrato (NO3-), aproximadamente na proporção em que estão presentes na rizosfera. Essa absorção é influenciada por diversos fatores, como a disponibilidade de nitrogênio no solo, a atividade metabólica das raízes e as condições ambientais **(**BREDEMEIER & MUNDSTOCK, 2000).

O nitrogênio é incorporado as proteínas das plantas na forma amonical isso ocorre sem gasto de energia, ao contrário do que ocorre quando absorvido na forma nítrica, que precisa ser reduzida para depois ser incorporada ao metabolismo da planta, plantas mal nutridas ou que sofreram algum ataque de pragas ou doenças e que possui poucas reservas, tem dificuldade para utilizar o nitrogênio absorvido (ERNANI et al. 2000). De acordo com BLACKMER (2000), em geral, as plantas tendem a preferir absorver a forma amoniacal no início do seu desenvolvimento, enquanto ao longo do ciclo vegetativo essa preferência se desloca gradualmente para a forma nítrica.

Segundo (HEINRICHSET et al., 2006) não existe uma preferência pelas formas em que o N é absorvido pelas plantas, porém existe uma preferência durante o ciclo e também depende da cultura no qual há uma preferência do (N), sendo a forma amoniacal a mais absorvida. A fonte de N e o local de assimilação podem ser importantes, especialmente em condições de crescimento nas quais a disponibilidade de energia é limitante **(**BREDEMEIER & MUNDSTOCK, 2000).

ISSN 2178-6925

Os teores de $N\text{-}NH_4^+$; $N\text{-}NO_3^-$ e $N\text{-}NO_2^-$ são muito dinâmicos no solo (PEREIRA, 2015). Essa variação se deve as condições climáticas e as características físicas- químicas do solo, assim como as práticas conservacionistas (AITA, et al., 2004). O amônio NH_4^+ sofre várias mudanças durante o ciclo das plantas devido sua mobilidade ele pode ser transformado em NO_3^- pelas bactérias nitrificadoras ou ainda ser imobilizado pela biomassa microbiana (PEREIRA, 2015). O íon nitrato (NO3-) geralmente apresenta alta mobilidade no perfil do solo, especialmente em sistemas de semeadura direta, onde a menor evaporação e a melhor estruturação do solo ao longo do perfil facilitam uma maior taxa de infiltração de água (ROSOLEM et al., 2003).

3.4 Interação do nitrogênio com outros nutrientes

Interação entre nutrientes é o efeito, positivo ou negativo, que acontece quando a adição de um nutriente provoca o aumento ou diminuição da resposta a um segundo elemento, quando o resultado da adição de dois nutrientes supera as somas das respostas individuais a ambos, aplicado isoladamente, há um efeito sinérgico, caso contrário quando o efeito é inferior, o efeito é antagônico (VIANA, 2007).

O nitrogênio interage com vários nutrientes a mais comum é interação com Potássio, e as interações entre ambos são normalmente do tipo não-competitivo (CANTARELLA, 2007). Segundo (VIANA, 2007) existe uma interação sinérgica entre o N e K no qual a interação de ambos favorece a absorção de N e conseqüentemente aumento da produção. A absorção de um elemento eleva a demanda pelo outro. O nitrogênio também interage com o fósforo, enxofre e micronutrientes.

Segundo (SOARES, 2003) verificando o efeito da interação do nitrogênio com B, Zn na cultura do milho verificou que existe uma interação do N com o Zn, sendo que quanto maiores as doses de N menores foram as respostas ao B o que indica um efeito antagônico do N em relação ao Boro. Absorção de N pode afetar a absorção de outros nutrientes também por efeito da alteração do pH na região da rizosfera.

3.5 Tendências de mercado

ISSN 2178-6925

O nitrogênio encontrado no solo em sua maior parte está na forma orgânica o qual a planta não consegue absorver, sendo necessário ser mineralizado e assim torna-se disponível para as plantas, em geral, o sulfato de amônio e a uréia são consideradas as fontes mais vantajosas economicamente para quase todas as culturas, não havendo diferença entre elas, na maioria dos casos (EMBRAPA, 2003).O uso da matéria orgânica através do plantio direto melhora a parte física, química e biológico e estrutura do solo facilitando infiltração de água, a penetração de raízes e a emergência das plântulas.

O fornecimento de N no solo através da decomposição da matéria orgânica, quando se utilizam culturas que possuem uma baixa relação carbono/nitrogênio na matéria seca, em sistemas de rotação, a decomposição e mineralização ocorrem de forma mais rápida. Isso resulta em uma ciclagem mais eficiente do nitrogênio, um exemplo disso são leguminosas (PAVINATO et al., 2008).

A adoção de fertilizantes que apresente liberação lenta e que seja controlada vem se tornando uma tendência devido a sua maior eficiência, o sistema de liberação lenta e controlada de fertilizantes apresenta alguns benefícios que é melhorar a eficiência na utilização de insumos, sejam eles sintetizados quimicamente ou de origem biológica. Isso não apenas reduz custos, mas também aumenta a segurança no manuseio desses produtos, minimizando os riscos de toxicidade para os seres humanos, de altas concentrações nos cultivos e de contaminação ambiental (BLAYLOCK, 2007; AOUADA et al., 2008).

Dentro deste contexto de grande utilização de ureia e da instabilidade ambiental do N, com grandes perdas por volatilização e lixiviação, uma maneira para se aumentar a eficiência do uso de fontes de nitrogênio seria a utilização de fertilizantes que possua liberação lenta e controlada e também o uso de inibidores da urease buscando desta forma diminuir as perdas oriundas dos processos de transformação do N (VIAPIANA, 2014; FRAZÃO et al., 2014).

Umas das formas para controlar ou diminuir as perdas de NH3 por volatilização e inibir a velocidade de hidrólise da uréia no solo é o uso de um dos

ISSN 2178-6925

mais promissores inibidores da urease o NBPT (N-(n-butil) triamidatiofosfórica) (CANTARELLA et al., 2008).

Segundo Tasca (2009), o uso de inibidores da urease quando comparados com uso da uréia convencional proporciona menor perda do NH_3 por volatilização. Outra forma de reduzir as perdas de N é o uso de revestimento da uréia com camadas de polímeros Kimcoat (fonte Uk) que favorece o maior suprimento de N e redução de perdas (FRAZÃO et al., 2014). Segundo Liu et al., (2008) principal função do uso de polímeros no revestimento da uréia é sua liberação gradativa durante o ciclo da cultura proporcionando menores perdas.

Miyazawa e Tiski (2011) observaram que o aumento do teor de $N\text{-}NH_4+$ no solo com a utilização da uréia revestida por Policote® pode contribuir para redução da lixiviação de nitrato, bem como contribuir para um melhor aproveitamento da adubação nitrogenada, aumentando sua eficiência agronômica.

4. Considerações finais

Devido ao seu complexo comportamento no solo o nitrogênio é um dos elementos mais difíceis de ser manejado, o qual requer uma atenção em especial a despeito das perdas e adsorções, com isso aumenta-se necessidade de se investigar novas tecnologias para o uso de adubos nitrogenados tanto no que diz respeito a forma de aplicação como novas fontes mais eficientes e econômicas.

O uso de ureia revestida pode contribuir de forma efetiva no aproveitamento e a aumento da eficiência do nitrogênio, trazendo maior lucratividade para o produtor.

Outras tecnologias como o uso de inibidores da urease pode contribuir para maior eficiência do uso do nitrogênio assim como a adoção do processo de fixação biológica de nitrogênio FBN, o qual faz um aporte de nitrogênio do solo muito grande e forma natural com baixo custo de investimento.

ISSN 2178-6925

5 Referências Bibliográficas

AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; HUBNER, A.P.; CHIAPINOTTO, I.C. & FRIES, M.R. **Consorciação de plantas de cobertura no outono/inverno antecedendo o milho em plantio direto: Dinâmica do nitrogênio no solo**. Revista Brasileira Ciencia do Solo, V. 28, P.739-749, 2004.

AOUDADA, F.A.; MOURA, M.R.; MENEZES, E.A.; NOGUEIRA, A.R.A.; MATTOSO, L.H.C. Síntese de hidrogéis e cinética de liberação de amônio e potássio. **R. Bras. Ci. Solo**, p.1643-1649, 2008.

BLACKMER, A. M. **Soil fertility and plant nutrition: bioavailabilty of nitrogen**. In: SUMMER, M. E. (Ed.). Handbook of soil science. New York: CRC Press, p.3-18. 2000.
BlaylocK, A.Agrium, Informações agronômicas n° 120, estados unidos, dezembro de 2007.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, 2000.

CANTARELLA, H. Fertilidade do solo. 1ed. Viçosa :sbcs; 2007.

CANTARELLA, Heitor et al. Volatilização de amônia proveniente de uréia tratada com inibidor de urease aplicada em mantas de palha de cana-de-açúcar. **Ciência Agrícola** , v. 65, p. 397-401, 2008.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento.Acompanhamento da Safra brasileira de grãos. v.11,n.7. Brasília, 2024. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos. Acesso em: 22 de abril de 2024.

COSER, Thais Rodrigues et al. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo de Cerrado com aplicação de fertilizante nitrogenado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, p. 399-406, 2007.

CUNHA, Eurâimi de Queiroz et al. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho: I-Atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 589-602, 2011.

EMBRAPA MEIO NORTE. Cultivo de feijão-caupi. Teresina, 2003. (Embrapa Meio-Norte).

ERNANI, P.R.; DIAS, J. & BORGES, M. A **aplicação de nitrogênio ao solo em diferentes estádios não afetou o rendimento de frutos de cultivares de macieira**. Ciência Rural, v.30, p.223-227, 2000.

ERNANI, Paulo Roberto. **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para a macieira**. UDESC, 2003.

ISSN 2178-6925

FRAZÃO, J.J. SILVA, A.R.; SILVA, V.L. OLIVEIRA, V.A.; CORRÊA, R.S. Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e uréia na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v.18, n.12, p.1262–1267, 2014.

GRASSI FILHO, H. Funções do nitrogênio e enxofre nas plantas. In: VALE, D. W.; SOUSA, J. I.; PRADO, R. M. **Manejo da fertilidade do solo e nutrição de plantas**. Jaboticabal: FCAV, 2010. p. 187-197.

HEINRICHS, Reges et al. Forma preferencial de absorção de nitrogênio (15NH4+ ou 15NO3-) pelas culturas de soja, feijão, arroz e milho. **Científica**, v. 34, n. 1, p. 25-30, 2006.

LIU, Y.; WANG T.; QIN, L.; JIN, Y. Urea particle coating for controlled release by using DCPD modified sulfur. **Powder Technology,** v.183, p. 88-93, 2008.

LOPES, A. S. **Sistema plantio direto: Bases para o manejo da fertilidade do solo**. Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2004.

MARCELINO, RAFAEL. Inibidor de nitrificação em fertilizantes nitrogenados e rendimento de milho. **Campinas, Instituto Agronômico**, 2009.

MIYAZAWA, M.; TISKI, I. **Teores de N-NH4+ no solo em função de fontes nitrogenadas: Ureia e Ureia revestida por policote**. Resumo expandido. XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Uberlândia-MG. 2011.

MOTA, Edson Pereira da. **Fertilizantes nitrogenados de liberação gradual: longevidade e volatilização em ambiente controlado**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

NOVAES, Jean Francisco Moura et al. USO DE DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NO MILHO SAFRINHA EM NAVIRAÍ-MS. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 4, n. 1, 2020.

OLIVEIRA, Danielly Terra Monteiro et al. Avaliação biométrica do uso de diferentes fontes de nitrogênio no milho safrinha. **Revista Brasileira de Ciência** , v. 1, pág. 63-71, 2023.

OLIVEIRA, Thaísa Fernanda et al. Extração e exportação de macronutrientes em lavouras de milho de alta produtividade. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 3, p. 837-854, 2019.

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; MOREIRA, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural,** Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 358-364, 2008.

PEREIRA, Greice Leal. **Transformações do nitrogênio no solo e a resposta da cana-planta à adubação nitrogenada em função da rotação com crotalária**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PORTUGAL, José Roberto et al. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação com Azospirillum brasilense em milho no Cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 639-649, 2017.

ROSOLEM, C.A.; FOLONI, J.S.S.; OLIVEIRA, R.H**.** Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesq. agropec. bras.,** Brasília, v. 38, n. 2, p. 301-309, 2003.

SANTOS, CARLA MEDIANEIRA GIROLETTA. Azospirillum em milho safrinha solteiro e consorciado com braquiária em solos de cerrado. 2021.

SILVA, Leandro Souza et al. Resposta a doses de nitrogênio e avaliação do estado nutricional do arroz irrigado. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 13, n. 2, 2007.

SIMÃO, Eduardo de Paula et al. Nitrogen fertilization in off-season corn crop in different Brazilian Cerrado environments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, p. e01551, 2020.

SOARES, M.A. Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desempenho da cultura do mulho (*Zea mays L.*). Dissertação (mestrado)- Escola Superior de Agircultura Luiz de Queiroz. Piracicaba.2003.

SOUSA, R.; CAMARGO F.A.O.; VAHL, L.C. Solos Alagados (Reações de redox). In: MEURER, E.J. (Ed.) **Fundamentos da química do solo**. 2. ed. Porto Alegre: Gênesis, 2004. p.208-237.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TASCA, F. A. **Volatilização de amônia a partir da aplicação de duas fontes de Nitrogênio, em laboratório**. Dissertação. (Mestrado em Manejo de Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages: UDESC. 2009.

TASCA, F. A.; ERNANI, P. R.; ROGERI, D. A.; GATIBONI, L. C.; CASSOL, P. C. Volatilização de amônia do solo após aplicação de uréia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.493-502, 2011.

VIANA, E.M. Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade da redutase do nitrato em plantas de trigo. Dissertação (mestrado)- Escola Superior de Agircultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 2007.

VIAPIANA, A.M. Fertilizantes de liberação lenta e controlada de n como estratégia para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada no híbrido de milho AS 1565. Dissertação (mestrado em produção vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages.UDESC. 2014.

ZOZ, Tiago et al. Densidade populacional, espaçamento e adubação nitrogenada na semeadura de milho de segunda safra. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 1, p. 103-125, 2019.