

Fertilizantes de eficiência aumentada: uso de ureia de liberação controlada ou com inibidores em sistemas agrícolas sustentáveis



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pesca e Aquicultura
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 28

Fertilizantes de eficiência aumentada: uso de ureia de liberação controlada ou com inibidores em sistemas agrícolas sustentáveis.

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pesca e Aquicultura

Prolongamento da Avenida NS 10,
cruzamento com a Avenida LO 18, sentido
Norte, loteamento Água Fria, Palmas, TO
Caixa Postal nº 90 , CEP 77008-900
Fone: (63) 3229-7800/ 3229-7850
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Unidade responsável pelo conteúdo

Embrapa Pesca e Aquicultura

Comitê de Publicações

Presidente: *Eric Arthur Bastos Routledge*

Secretária-Executiva: *Marta Eichenberger Ummus*

Membros: *Alisson Moura Santos, Andrea Elena Pizarro Munoz, Hellen Christina G. de Almeida, Jefferson Christofolletti, Luciana Cristine Vasques Villela, Luciana Nakaghi Ganeco, Rodrigo Veras da Costa.*

Unidade responsável pela edição

Embrapa Pesca e Aquicultura

Coordenação editorial

Embrapa Pesca e Aquicultura

Supervisão editorial

Embrapa Pesca e Aquicultura

Normalização bibliográfica

Embrapa Pesca e Aquicultura

Editoração eletrônica e

tratamento das ilustrações

Jefferson Christofolletti

Foto da capa

Rodrigo Estevam Munhoz de

Almeida

1ª edição

Versão eletrônica (2016)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Informação Tecnológica

Fertilizantes de eficiência aumentada: uso de ureia de liberação controlada ou com inibidores em sistemas agrícolas sustentáveis. / autor, Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida. Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2016.

28 p. (Documentos / Embrapa Pesca e Aquicultura, ISSN 2318-1400; 28).

1. Agricultura. 2. Solo. 3. Nitrogênio. 4. Cadeia Produtiva. I. Almeida, Rodrigo Estevam Munhoz de. II. Embrapa Pesca e Aquicultura. III. Série.

CDD 664.942

© Embrapa 2016

Autor

Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida

Doutor em fitotecnia (sistemas de produção),
Pesquisador da Embrapa Pesca e Aquicultura,
Núcleo de Sistemas Agrícolas, Palmas-TO

Apresentação

A adubação nitrogenada é uma das técnicas de manejo fundamentais para viabilização de altas produtividades na agricultura. No entanto a eficiência dos fertilizantes nitrogenados é em torno de 50% pois existem diversas perdas como desnitrificação, lixiviação e volatilização. Uma alternativa para aumentar a eficiência é o uso de fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada, que prometem menores perdas por desnitrificação, volatilização e lixiviação, e muitas empresas já oferecem no mercado diversas opções destes tipos de produtos.

Apesar do embasamento teórico contundente das tecnologias dos fertilizantes de eficiência aumentada, nem sempre os benefícios relatados são observados em condições de campo, e a eficácia é bastante variável de acordo com os diversos tipos de solo, clima e manejo das mais variadas regiões do Brasil e do mundo.

Esta publicação faz um levantamento dos resultados de pesquisa que demonstram casos em que as tecnologias dos fertilizantes de eficiência aumentada foram mais eficientes ou contribuíram para o desempenho agrônomo de cultivos ou até mesmo com menores impactos ambientais, como também mostra muitos outros casos em que estas tecnologias pouco alteraram ou não promoveram qualquer benefício ao sistema de produção, e aponta ao final, a importância de se continuar os estudos com este tema e a necessidade de se evoluir

as técnicas para que se consiga fertilizantes mais eficientes como se preconiza a teoria por trás desta tecnologia.

Eric Arthur Bastos Routledge
Chefe de Pesquisa e Desenvolvimento

Sumário

Fertilizantes de eficiência aumentada: uso de ureia de liberação controlada ou com inibidores em sistemas agrícolas sustentáveis	09
Introdução	09
Caracterizações dos fertilizantes de eficiência aumentada	10
Fertilizantes Nitrogenados de eficiência aumentada.....	12
Ureia de liberação controlada	12
Ureia com inibidores de reação química	13
Efeitos das ureias de eficiência aumentada nas perdas de nitrogênio por desnitrificação	14
Efeitos das ureias de eficiência aumentada nas perdas de nitrogênio por volatilização	15
Efeitos das ureias de eficiência aumentada na produtividade de culturas	17
Trabalhos com resposta positiva ao uso de fertilizantes de eficiência aumentada	17
Trabalhos com respostas variáveis ao uso de fertilizantes de eficiência aumentada	19

Trabalhos sem resposta ao uso de fertilizantes de eficiência aumentada	20
Considerações finais	22
Referências	23

Fertilizantes de eficiência aumentada: uso de ureia de liberação controlada ou com inibidores em sistemas agrícolas sustentáveis.

Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida

Introdução

A produção agrícola e pecuária evoluiu nos últimos anos em circunstância do avanço tecnológico da humanidade. A produção mundial e a produtividade dos alimentos aumentaram significativamente devido ao avanço das pesquisas nas áreas de máquinas agrícolas, melhoramento genético de plantas e animais, defensivos agrícolas para o controle de plantas daninhas, pragas e doenças e medicamentos para controle de parasitas e enfermidades dos animais domésticos. A área de nutrição animal por meio do conhecimento das exigências nutricionais para altas produtividades e a nutrição de plantas com o aperfeiçoamento de corretivos de acidez do solo, fertilizantes e promotores de crescimento vegetal, também foram importantes para o desenvolvimento da agropecuária.

O consumidor dos grandes centros urbanos aumentou as exigências em relação à qualidade dos alimentos, criação e produção sustentável no ponto de vista de preservação do ambiente e bem estar animal e, também, em relação ao uso de defensivos agrícolas e hormônios que podem gerar resíduos no produto final. Outra preocupação é com a emissão de gases do efeito estufa gerada no desmatamento, queima de combustível fóssil, queima de biomassa, eliminação de metano por eructação de ruminantes e aplicação de fertilizante nitrogenado na

agricultura (HOWDEN; REYENGA, 1999; BHATTA et al., 2007; ALLEN et al., 2010; DENMEAD et al., 2010).

O conceito de sistemas agrícolas sustentáveis abrange estes tópicos no ideal de se fazer uma exploração agropecuária com mínimo de impacto ambiental, socialmente justa e economicamente viável. O plantio direto e integração lavoura pecuária floresta são práticas de manejo ou sistemas direcionados a este conceito de sustentabilidade. A rotação de culturas, revolvimento mínimo do solo, solo coberto com palha, uso das áreas com pastagem, culturas anuais e árvores, são premissas ideológicas destes sistemas e contribuem para a conservação do solo, aporte de biomassa, bem estar animal, lucratividade, diversificação de renda, geração de empregos com menor impacto ambiental.

Entre vários tópicos do sistema produtivo com exigências de mitigação ou adequação de boas práticas (BRANCA et al., 2013; MARTÍNEZ-BLANCO et al., 2013), o aumento da eficiência do uso de fertilizantes é um dos desígnios importante dos centros de pesquisa de nutrição e adubação de plantas, assim como das indústrias de fertilizantes para desenvolver um manejo sustentável das áreas agrícolas.

A principal estratégia das indústrias para aumentar a eficiência dos fertilizantes é o advento de novas tecnologias denominada fertilizantes de eficiência aumentada ou fertilizantes “inteligentes”, que podem ser divididos em fertilizantes com inibidores de reações bioquímicas (inibidores de enzimas de reações químicas-biológicas) (Figura 1) e fertilizantes de liberação lenta ou controlada, que são caracterizados por grânulos revestidos com substâncias orgânicas (resinas, borracha) ou inorgânicas (polímeros sintéticos, enxofre ou minerais) (Figura 2).

Caracterizações dos fertilizantes de eficiência aumentada

Segundo Trenkel (2010), os fertilizantes de liberação lenta ou controlada são aqueles que apresentam tecnologias para que os

padrões de liberação do nutriente sejam mais lentos do que as fontes convencionais (Figura 2).



Figura 1. Fertilizante com inibidor de urease aplicado em cobertura na cultura do milho.
Foto: Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida.



Figura 2. Fertilizante de liberação controlada aplicado na entrelinha da cultura da soja.
Foto: Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida.

Os fertilizantes com inibidores de reações químicas são divididos em dois grupos. (i) Inibidores de nitrificação, que são aqueles que promovem a inibição do processo biológico de oxidação do nitrogênio amoniacal para transformação em nitrogênio nítrico, e (ii) inibidores da urease, para os fertilizantes que contêm substâncias que inibem a hidrólise da ureia por limitação da ação da enzima urease (Figura 1) (TRENKEL, 2010).

Os fertilizantes de eficiência aumentada vêm com a asserção de aumentar a eficiência de uso dos nutrientes, por reduzir perdas por lixiviação, volatilização, fixação e emissão de óxido nitroso (depende da fonte N, P ou K), ou por aumentar a absorção pelas plantas por meio do fornecimento gradual, de acordo com a demanda da planta (ALMEIDA, 2014).

Fertilizantes Nitrogenados de eficiência aumentada

A ureia é a fonte de nitrogênio com maior potencial de uso em detrimento do menor custo nas condições brasileiras. As limitações de uso são em relação à aplicação a lanço que potencializa as perdas de N na forma de NH_3 . O aumento do rendimento operacional da semeadura, principalmente nas grandes propriedades do cerrado, é importante para otimizar os conjuntos de trator e semeadora, e conseguir realizar a semeadura no período adequado que garante maior potencial produtivo. A alternativa mais utilizada para este propósito é a redução da quantidade de fertilizante na semeadora, com a aplicação deste a lanço. Existe expectativa da viabilidade do uso de ureia aplicada a lanço com o advento destas novas tecnologias dos fertilizantes de eficiência aumentada.

Ureia de liberação controlada

A ureia de liberação controlada com grânulos revestidos tem a proposta de aumentar a eficiência de uso pelo fornecimento gradual do nitrogênio, de acordo com a necessidade da planta, e reduzir perdas por volatilização, uma vez que a ureia está protegida das condições

ambientais favoráveis à volatilização da amônia, e a sua liberação ocorre, em tese, em um evento chuvoso favorável para a incorporação do N no solo. Outro argumento é a redução da emissão de N_2O , uma vez que a liberação gradual distribui o nitrogênio no tempo, e reduz altas concentrações de N no solo em todos os momentos, inclusive nos de anaerobiose que ocorrem em situações de excesso de umidade, condições favoráveis a desnitrificação (ALMEIDA, 2014).

Os materiais mais comuns utilizados para o revestimento dos grânulos de ureia e assim promover a liberação lenta do nutriente são: (i) fontes orgânicas de baixa solubilidade como ureia formaldeído e isobutylidene-diureia (IBDU), esterco ou outros resíduos vegetais (ii) fontes inorgânicas como enxofre e outros elementos e (iii) polímeros sintéticos de diversas naturezas (TRENKEL, 2010).

Ureia com inibidores de reação química

Os fertilizantes com inibidores de nitrificação propõem-se a limitar a ação das bactérias nitrificadoras que transformam o N-amoniaco em N-nítrico. A manutenção do nitrogênio na forma amoniaco tem vantagens para a nutrição de plantas, por ser uma forma de nitrogênio assimilável de menor custo metabólico para a planta (BLOOM et al., 1992), e também por ser menos suscetível do que o nitrato ao processo de lixiviação.

A ureia com inibidores da urease tem o processo de hidrólise retardado por 7 a 14 dias (TRENKEL, 2010). Esta tecnologia é vantajosa para situações de alto potencial de perdas do nitrogênio por volatilização, como nos casos de aplicação superficial de ureia, na presença de resíduos vegetais e solo úmido, situações comuns no manejo da agricultura brasileira. O atraso na hidrólise da ureia traz a vantagem do fertilizante ficar na forma amíaco (ureia) por mais tempo, sem desencadear a reação de hidrólise que culmina no gás amônia, que é volátil. Desta forma o fertilizante fica mais tempo no solo sem iniciar o processo de volatilização, até ocorrer um evento chuvoso para incorporação desta ureia, reduzindo os níveis de perda.

Os inibidores de reações químicas mais utilizados no mercado são: (i) inibidores de nitrificação: 2-chloro-6-(trichloromethylpyridine) (Nitrapyrina); 2-amino-4-chloro methyl (pyrimidine); Dicyandiamide (DCD) e 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP). (ii) Inibidores de urease: N-(n-Butyl) thiophosphoric triamide (NBPT); phenylphosphorodiamidate (PPD/ PPDA), e hidroquinona (TRENKEL, 2010).

Efeito das ureias de eficiência aumentada nas perdas de nitrogênio por desnitrificação

O processo de desnitrificação em fertilizantes de liberação controlada foi investigado por Hyatt et al. (2010) que observaram redução da emissão de N_2O quando utilizaram ureia revestida com polímero quando comparado a aplicações parceladas de ureia comum em batata.

Hadi et al. (2008) relataram para aplicação de fertilizantes em milho a emissão de N_2O de 57,3 mg m^2 no tratamento com fertilizante revestido com polímero e 21,1 mg m^2 para ureia com inibidor de nitrificação (DCD), que foi, respectivamente, 91% e 97% menor do que o tratamento com ureia comum aplicada de forma parcelada que emitiu 691,7 mg m^2 de N_2O .

Halvorson et al. (2010) encontraram emissão de N_2O 49% menor com a utilização de fertilizante recoberto com polímero em relação à ureia comum, ambos aplicados em superfície em sistema de plantio direto de milho.

Asgedom et al. (2014) relataram emissão de 0,017 kg N_2O kg de N^{-1} em campo de colza adubado com ureia, e 0,007 de kg N_2O kg^{-1} de N quando utilizou-se ureia recoberta com polímero.

Já Van der Weerden et al. (2016) quantificaram a emissão de N_2O após aplicação de ureia com inibidor de nitrificação e com inibidor de urease

em pastagem e concluíram que os inibidores tem pouco ou nenhum efeito na redução da emissão de N_2O .

Os resultados da literatura indicam que o uso de fertilizantes de liberação controlada e com inibidores, embora não em todas as situações, contribuem para redução da emissão de N_2O no processo de desnitrificação. Este fato contribui para mitigação de emissões de gases do efeito estufa pela agricultura, gerando assim, menor impacto ambiental, além de reduzir uma fonte de perda do N do sistema a fim de se conseguir maior eficiência de uso do fertilizante nitrogenado. Ressalta-se que os trabalhos apresentados neste tópico foram desenvolvidos fora do Brasil, assim, é importante desenvolver pesquisas neste tema, para quantificar os benefícios destes fertilizantes em condições tropicais e determinar os ganhos em sustentabilidade nos sistemas agrícolas do cerrado brasileiro para que o uso destes produtos possa ser fomentado como estratégia de sustentabilidade.

Efeitos das ureias de eficiência aumentada nas perdas de nitrogênio por volatilização

Em relação à volatilização da amônia com aplicação de fertilizantes de eficiência aumentada, Zhao et al. (2013) relataram menor perda com aplicação de fertilizante nitrogenado recoberto com resina ($5,65 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de NH_3), 46% menor do que a aplicação com o fertilizante comum ($10,53 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de NH_3).

Nascimento et al. (2013) estudaram a perda por volatilização de vários tipos de recobrimento de ureia, e concluíram que o uso dos fertilizantes protegidos reduzem as perdas por volatilização da amônia quando comparado com a ureia comum, mas a volatilização da amônia destes fertilizantes protegidos é maior do que as fontes nitrato de amônio e sulfato de amônio.

Massey et al. (2011) mencionaram menor volatilização da amônia em ureia com inibidor de urease quando comparado com ureia comum, mas a perda de amônia do fertilizante com inibidor foi maior do que a fonte nitrato de amônio.

Cantarella et al. (2008) avaliaram a volatilização de NH_3 de ureia, ureia com inibidor de urease e nitrato de amônio em área de cana de açúcar com colheita sem queima, e deduziram que o inibidor de urease reduz a perda por volatilização quando equiparado com a ureia comum, mas assim como a ureia comum, a eficácia do produto é dependente das condições climáticas (ocorrência de eventos chuvosos após a aplicação), e não é semelhante às mínimas perdas da fonte de nitrato de amônio.

Zavaschi et al. (2014) avaliaram a volatilização de NH_3 em três doses de nitrogênio comparando ureia comum e ureia de liberação controlada com grânulos revestidos com polímero e minerais em dupla membrana na cultura do milho, e concluíram que a ureia protegida não reduziu a volatilização de amônia nem alterou as características agrônômicas do milho.

A ureia é a fonte disponível no mercado de maior concentração de nitrogênio, que favorece as questões de rendimento operacional e custo com frete, mas têm o inconveniente da perda de nitrogênio por volatilização, que não há no processo de solubilização de fontes menos concentradas em nitrogênio como sulfato de amônio e nitrato de amônio. Os resultados de pesquisa indicam redução da perda por volatilização, em determinadas condições, com uso dos fertilizantes de eficiência aumentada, mas como a fonte destes produtos também é ureia, estes também estão sujeitos aos mesmos processos de volatilização da amônia após perderem as vantagens de recobrimento dos grânulos ou ação dos inibidores, por isso, não há garantia da extinção das perdas por volatilização quando se aplica os fertilizantes de eficiência aumentada a lanço, embora possam ter vantagens ou retardamento do início do processo de volatilização.

Práticas de manejo como incorporação da ureia, aplicação anterior a um evento chuvoso significativo ou irrigação e uso de fontes menos concentradas de reduzidas perdas por volatilização são garantias mais contundentes para aumentar o aproveitamento da adubação nitrogenada

Efeitos das ureias de eficiência aumentada na produtividade de culturas

Trabalhos que avaliaram o efeito de fertilizantes de eficiência aumentada são controversos em relação a respostas em produtividade ou maior aproveitamento do N do fertilizante, devido às diversas condições de clima e solo dos locais de cada estudo, que implicam tanto no potencial de resposta dos cultivos quanto nos processos de perda do nitrogênio do sistema que interagem tanto para os fertilizantes de eficiência aumentada como para a ureia comum, além da própria divergência na qualidade dos vários fertilizantes de eficiência aumentada do mercado.

Trabalhos com resposta positiva ao uso de fertilizantes de eficiência aumentada

Zhao et al. (2013) descreveram que o fertilizante nitrogenado de liberação controlada promoveu absorção constante durante o ciclo do milho e retardou a senescência das folhas no final do ciclo quando comparado a ureia comum, que promoveu grande absorção de N no período vegetativo. Estes mesmos autores inferiram produtividade de grãos 13% maior para o milho adubado com fertilizante de liberação controlada em comparação ao fertilizante comum.

Hu et al. (2013) relataram maior quantidade de nitrato disponível no solo após o florescimento do milho nas parcelas adubadas com fertilizante de liberação controlada (recobrimento com resina), que resultou em maior aproveitamento do N aplicado, maior eficiência no uso da água e maior produtividade de grãos de milho.

Ding et al. (2011) testaram fertilizante marcado (^{15}N) de liberação controlada em milho, através de um mecanismo de revestimento dos grânulos do fertilizante com gel, e relataram aumento de 8% na eficiência da adubação nitrogenada e redução de 8,9% nas perdas de N no sistema.

Shao et al. (2013) relataram aumento da produtividade de milho com uso de ureia de liberação controlada tanto em situação de irrigação como em sequeiro.

Yang et al. (2011) avaliaram a eficácia de ureia de liberação controlada em trigo, e encontraram efeitos positivos no uso desta fonte como maior produtividade e aproveitamento do N-fertilizante, e sugeriram inclusive, a redução de até 1/3 da dose de N quando se utiliza a ureia revestida.

Ye et al. (2013) sugeriram um sistema de manejo com irrigação intermitente e fertilizante revestido com polímero em cultivo de arroz para aumentar o uso eficiente de água, nitrogênio e obter maior produtividade.

Nash et al. (2013) desenvolveram pesquisas com N de liberação controlada em sistemas de cultivo e formas de aplicação em solos argilosos mal drenados com alto potencial de perda de N, e concluíram que a ureia revestida com polímero aumenta a produtividade de milho em 12% a 14% em relação à ureia comum quando aplicadas de forma incorporada, e os piores desempenhos tanto da ureia protegida quanto da comum ocorre em aplicações a lanço.

Abalos et al. (2014) avaliaram a resposta de inibidores de urease e de nitrificação em diversos cultivos, e concluíram que os inibidores em geral promovem aumento de 7,5% em produtividade e em 12,9% na eficiência de uso do N. Mas estes efeitos positivos dependem das condições ambientais e de manejo. Para estes autores os melhores resultados para estes inibidores ocorrem em condições de solos bem drenados e em casos de aplicações de altas doses de N. Para casos de

alto potencial de perda por volatilização, como em solos alcalinos, o uso do inibidor de urease (NBPT) é a opção mais apropriada.

Trabalhos com respostas variáveis ao uso de fertilizantes de eficiência aumentada

Noellsch et al. (2009) avaliaram o desempenho de ureia revestida com polímero, ureia comum e amônia anidra em três posições do relevo (topo, meia encosta e baixada) durante dois anos, e relataram maior produtividade de grãos de milho nos tratamentos de amônia anidra e ureia revestida apenas na posição mais baixa do relevo onde o solo estava sempre mais úmido que as outras posições da paisagem. Para esses autores, a eficiência da adubação nitrogenada foi maior para estas duas fontes em relação à ureia comum na baixada, apenas no ano em que houve maior precipitação pluvial.

Linquist et al. (2013) fizeram um levantamento bibliográfico de várias situações que utilizaram fertilizantes de eficiência aumentada, em um total de 18 produtos que prometem aumentar a eficiência de uso do fertilizante (inibidores de reações bioquímicas e fertilizante protegido), e concluíram que o aumento da eficiência destes produtos é modesto (5,7% para produtividade e 8% para absorção de N), e que os benefícios são maiores em condições de solos com pH elevado, situação pouco comum em solos de regiões tropicais úmidas.

Gagnon et al. (2012) encontraram melhor desempenho da ureia revestida com polímero apenas nos anos chuvosos (incremento de 0,8 Mg ha⁻¹ a 1,6 Mg ha⁻¹ de grãos de milho), e no ano seco não houve benefício no uso do fertilizante de liberação controlada.

Malhi et al. (2011) conduziram experimentos com fertilizante de liberação controlada em dois locais entre 1983 e 2009, e encontraram melhor desempenho para a ureia revestida com polímero entre os anos de 1983 e 1996 no local de solo de textura mais arenosa, e sem diferença entre ureia revestida e ureia comum no período de 1997-2009. Por outro lado, no local de textura mais argilosa, a ureia comum

promoveu melhor resposta no período de 1983 a 1996, sem diferenças entre as fontes nos outros anos.

Malhi et al. (2010) avaliaram o efeito da ureia revestida com polímero em sete ocasiões (entre anos e locais), e relataram vantagem do uso da ureia protegida em relação à ureia comum em apenas dois dos sete experimentos, na situação de aplicação incorporada, durante a primavera e antes da semeadura. Para estes autores, a melhor opção, com menor risco, foi o tratamento de ureia comum parcelada (incorporada antes da semeadura e em pós-emergência).

Trabalhos sem resposta ao uso de fertilizantes de eficiência aumentada

Hyatt et al. (2010) não observaram diferença na produtividade de batata entre o uso de fertilizante recoberto com polímero aplicado na semeadura e ureia em aplicações parceladas, a vantagem do fertilizante de liberação controlada estaria apenas na redução do custo de produção pela eliminação das operações de parcelamento de N.

Khakbazan et al. (2013) conduziram experimentos em seis localidades por três anos agrícolas e em várias culturas, e concluíram que em geral a ureia comum tem o mesmo desempenho da ureia revestida com polímero, e nas poucas ocasiões que a ureia revestida promoveu maior produtividade, o uso da ureia protegida não se justifica pelo maior custo do fertilizante.

Grant et al. (2012) estudaram ureia revestida com polímero em cinco locais durante três safras agrícolas e aferiram que a ureia comum aplicada no manejo tradicional de cada região é igual ou melhor que a ureia protegida em todos os parâmetros avaliados (produtividade de milho, concentração de N nos grãos, acúmulo de N total e aproveitamento do N do fertilizante).

Rodrigues et al. (2010) avaliaram o efeito de fertilizantes de liberação controlada e não encontraram qualquer vantagem em relação ao uso da ureia comum.

Halvorson e Del Grosso (2013) encontraram a mesma produtividade de milho em vários estudos quando compararam ureia comum e revestida com polímero em duas formas de aplicação (lanço e incorporado).

Arrobas et al. (2011) compararam três tipos de fertilizante de liberação controlada com o nitrato de amônio, e mostraram que o desempenho das fontes de fertilizante protegido são piores ou com o mesmo desempenho do nitrato de amônio.

Civardi et al. (2011) avaliaram o uso de ureia revestida com polímero em aplicação superficial em relação à ureia comum incorporada, e não conseguiram indícios para viabilização da aplicação da ureia revestida a lanço uma vez que o tratamento com ureia incorporada teve melhor desempenho nos componentes produtivos de milho e na avaliação econômica.

Massey et al. (2011) não observaram diferenças de produção de forragem (*Cynodon dactylon*) em qualquer dose de N avaliada para ureia comum e ureia com inibidor de urease.

Grant (2014) avaliou dois tipos de inibidor de urease no desempenho do trigo em dois tipos de solo e concluiu que a adição do inibidor não aumenta a produtividade nem a produção de biomassa, e as aplicações superficiais de ureia devem ser evitadas em sistemas de produção de preparo mínimo do solo.

Almeida (2014) avaliou ureia de liberação controlada com grânulos revestidos com poliuretano em cultivo de milho consorciado com braquiária, e não observou qualquer alteração na nutrição da planta e produtividade do milho, e a ureia de liberação controlada depende das mesmas condições favoráveis de clima (chuva após a aplicação) do que a ureia comum para ter maior eficiência de uso.

Considerações finais

Os fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada contém uma base teórica interessante para reduzir as emissões de gases do efeito estufa (N_2O), bem como para se aumentar a eficiência da adubação nitrogenada por reduzir as perdas por lixiviação ou volatilização (NH_3). No entanto os resultados de pesquisa não sacramentam vantagens contundentes por apresentarem grandes variações de eficácia destes produtos em razão de condições climáticas, tipo de solo e qualidade destes fertilizantes.

Os resultados de pesquisa abordados nesta revisão sugerem que atualmente os benefícios do uso de fertilizantes de eficiência aumentada são mais contundentes nas questões ambientais, principalmente em relação às emissões de gases do efeito estufa (N_2O) por reduzirem a intensidade do processo de desnitrificação, mas ainda sem muitas diretrizes de efeitos agrônômicos favoráveis.

A redução da volatilização do nitrogênio com uso de ureia protegida ou com inibidor de urease ainda não é consolidada a ponto de se ter segurança na prática de aplicação de ureia a lanço em solos tropicais, uma vez que os trabalhos de pesquisa mostram que as fontes não voláteis como nitrato de amônio e sulfato de amônio sempre apresentam níveis de perda muito inferiores, embora em grande parte dos trabalhos conseguiu-se redução na quantidade de nitrogênio volatilizado com aplicação de fertilizantes protegidos ou com inibidores quando comparados à ureia comum.

É importante a continuidade das pesquisas com este tema, bem como a evolução de tecnologias para produção destes fertilizantes de eficiência aumentada, pois a cobrança da sociedade será cada vez maior em relação ao uso de sistemas agrícolas sustentáveis, com menores custos ambientais e sociais, além de ser importante para a agropecuária conseguir produtos que facilitem o manejo das lavouras e pastagens, com maior eficiência, menor custo e que proporcionem maior produtividade.

Referência

ABALOS, D.; JEFFERY, S.; SANZ-COBENA, A.; GUARDIA, G.; VALLEJO, A. Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 189, p. 136-144, 2014.

ALLEN, D.E.; KINGSTON, G.; RENNENBERG, H.; DALAL, R.C.; SCHMIDT, S. Effect of nitrogen fertilizer management and waterlogging on nitrous oxide emission from subtropical sugarcane soils. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 136, n. 3/4, p. 209-217, Mar. 2010.

ALMEIDA, R.E.M. **Fertilização nitrogenada no consórcio milho–braquiária em solos de clima tropical úmido no sistema de integração lavoura-pecuária**. Thesis (PhD), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2014.

ARROBAS, M.; PARADA, M.J.; MAGALHÃES, P.; RODRIGUES, M.A. Nitrogen-use efficiency and economic efficiency of slow-release N fertilisers applied to irrigated turfs in a Mediterranean environment. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 89, p. 329-339, 2011.

ASGEDOM, H.; TENUTA, M.; FLATEN, D.N.; GAO, X.; KEBREAB, E. Nitrous Oxide Emissions from a Clay Soil Receiving Granular Urea Formulations and Dairy Manure. **Agronomy Journal**, Madison, v. 106, n. 2, p. 732-744, Mar. 2014.

BHATTA, R.; ENISHI, O.; KURIHARA, M. Measurement of methane production from ruminants. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 20, n. 8, p. 1305-1318, Aug. 2007.

BLOOM, A.J.; SUKRAPANNA, S.S.; WARNER, R.L. Root Respiration Associated with Ammonium and Nitrate Absorption and Assimilation by Barley. **Plant Physiology**, v. 99, p. 1294-1301, Aug. 1992.

BRANCA, G.; LIPPER, L.; McCARTHY, N.; JOLEJOLE, M.C. Food security, climate change, and sustainable land management. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 33, n. 4, p. 635-650, Oct. 2013.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; CONTIN, T.L.M.; DIAS, F.L.F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R.B.; QUAGGIO, J.A. Ammonia volatilization from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 4, p. 397-401, 2008.

CIVARDI, E.A.; SILVEIRA NETO, A.N.; 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, 2011.

DENMEAD, O.T.; MACDONALD, B.C.T.; BRYANT, G.; NAYLOR, T.; WILSON, S.; GRIFFITH, D.W.T.; WANG, W.J.; SALTER, B.; WHITE, I.; MOODY, P.W. Emissions of methane and nitrous oxide from Australian sugarcane soils. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 150, n. 6, p. 748-756, June 2010.

DING, H.; ZHANG, Y.; QIN, S.; LI, W.; LI, S. Effects of ¹⁵nitrogen-labeled gel-based controlled-release fertilizer on dry-matter accumulation and the nutrient-uptake efficiency of corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 42, n. 13, p. 1594-1605, June 2011.

GAGNON, B.; ZIADI, N.; GRANT, C. Urea fertilizer forms affect grain corn yield and nitrogen use efficiency. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 92, n. 2, p. 341-351, Feb. 2012.

GRANT, C.A. Use of NBPT and ammonium thiosulphate as urease inhibitors with varying surface placement of urea and urea ammonium nitrate in production of hard red spring wheat under reduced tillage management. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 94, p. 329-335, 2014.

GRANT, C.A.; WU, R.; SELLES, F.; HARKER, K.N.; CLAYTON, G.W.; BITTMAN, S.; ZEBARTH, B.J.; LUPWAYI, N.Z. Crop yield and nitrogen concentration with controlled release urea and split applications of nitrogen as compared to non-coated urea applied at seeding. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 127, p. 170-180, Feb. 2012.

HADI, A.; JUMADI, O.; INUBUSHI, K.; YAGI, K. Mitigation options for N₂O emission from a corn field in Kalimantan, Indonesia. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 54, n. 4, p. 644-649, Aug. 2008.

HALVORSON, A.D.; DEL GROSSO, S.J.; ALLUVIONE, F. Tillage and inorganic nitrogen source effects on nitrous oxide emissions from irrigated cropping systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 74, n. 2, p. 436-445, Mar. 2010.

HALVORSON, A.D.; DEL GROSSO, S.J. Nitrogen placement and source effects on nitrous oxide emissions and yields of irrigated corn. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 42, n. 2, p. 312-322, Feb. 2013.

HOWDEN, S.M.; REYENGA, P.J. Methane emissions from Australian livestock: implications of the Kyoto Protocol. **Australian Journal of Agricultural Research**. Melbourne, v. 50, n. 8, p. 1285-1291. 1999.

HU, H.; NING, T.; LI, Z.; HAN, H.; ZHANG, Z.; QIN, S.; ZHENG, Y. Coupling effects of urea types and subsoiling on nitrogen–water use and yield of different varieties of maize in northern China. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 142, p. 85-94, Feb. 2013.

HYATT, C.R.; VENTEREA, R.T.; ROSEN, C.J.; McNEARNEY, M.; WILSON, M.L.; DOLAN, M.S. Polymer-coated urea maintains potato yields and reduces nitrous oxide emissions in a Minnesota loamy sand. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 74, n.2, p. 419-428, Mar. 2010.

KHAKBAZAN, M.; GRANT, C.A.; FINLAY, G.; WU, R.; MALHI, S.S.; SELLES, F.; CLAYTON, G.W.; LUPWAYI, N.Z.; SOON, Y.K.; HARKER, K.N. An economic study of controlled release urea and split applications

of nitrogen as compared with non-coated urea under conventional and reduced tillage management. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 93, n. 3, p. 523-534, May 2013.

LINQUIST, B.A.; LIU, L.; van KESSEL, C.; van GROENIGEN, K.J. Enhanced efficiency nitrogen fertilizers for rice systems: meta-analysis of yield and nitrogen uptake. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 154, p. 246-254, Dec. 2013.

MALHI, S.S.; NYBORG, M.; SOLBERG, E.D.; DYCK, M.F.; PUURVEEN, D. Improving crop yield and N uptake with long-term straw retention in two contrasting soil types. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 124, n. 3, p. 378-391, Dec. 2011.

MALHI, S.S.; SOON, Y.K.; GRANT, C.A.; LEMKE, R.; LUPWAYI, N. Influence of controlled-release urea on seed yield and N concentration, and N use efficiency of small grain crops grown on Dark Gray Luvisols. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 90, n. 2, p. 363-372, May 2010.

MARTÍNEZ-BLANCO, J.; LAZCANO, C.; CHRISTENSEN, T.H.; MUÑOZ, P.; RIERADEVALL, J.; MØLLER, J.; ANTÓN, A.; BOLDRIN, A. Compost benefits for agriculture evaluated by life cycle assessment: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 33, n. 4, p. 721-732, Oct. 2013.

MASSEY, C.G.; SLATON, N.A.; NORMAN, R.J.; GBUR, E.E. Jr.; DELONG, R.E.; GOLDEN, B.R. Bermudagrass forage yield and ammonia volatilization as affected by nitrogen fertilization. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 75, n. 2, p. 638-648, Mar. 2011.

NASCIMENTO, C.A.C.do; VITTI, G.C.; FARIA, L.A.; LUZ, P.H.C.; MENDES, F.L. Ammonia volatilization from coated urea forms. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 1057-1063, July 2013.

NASH, P.R.; NELSON, K.A.; MOTOVALLI, P.P. Corn yield response to polymer and non-coated urea placement and timings. **International Journal of Plant Production**, Gorgan, v. 7, n. 3, p. 373-392, Apr. 2013.

NOELLSCH, A.J.; MOTOVALLI, 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, May 2009.

RODRIGUES, M.A.; SANTOS, H.; RUIVO, S.; ARROBAS, M. Slow-release N fertilisers are not an alternative to urea for fertilisation of autumn-grown tall cabbage. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v. 32, n. 2, p. 137-143, Feb. 2010.

SHAO, G.; LI, Z.; NING, T.; ZHENG, Y. Responses of photosynthesis, chlorophyll fluorescence, and grain yield of maize to controlled-release urea and irrigation after anthesis. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 176, n. 4, p. 595-602, Aug. 2013.

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. 167 p.

van der WEEREDEN, T.J.; LUO, J.; DI, H.J.; PODOLYAN, A.; PHILLIPS, R.L.; SAGGAR, S.; de KLEIN C.A.M.; COX, N.; ETTEMA, P.; RYS, G. Nitrous oxide emissions from urea fertiliser and effluent with and without inhibitors applied to pasture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 219, p. 58-70, 2016.

YANG, Y.C.; ZHANG, M.; ZHENG, L.; CHENG, D.D.; LIU, M. GENG, Y.Q. Controlled release urea improved nitrogen use efficiency, yield, and quality of wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 103, n. 2, p. 479-485, Mar. 2011.

YE, Y.; LIANG, X.; CHEN, Y.; LIU, J.; GU, J.; GUO, R.; LI, L. Alternate wetting and drying irrigation and controlled-release nitrogen fertilizer in late-season rice. Effects on dry matter accumulation, yield, water and

nitrogen use. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 144, p. 212-224, Mar. 2013.

ZAVASCHI, E.; FARIA, L.A.; VITTI, G.C.; NASCIMENTO, C.A.C.; MOURA, T.A.; do VALE, D.W.; MENDES, F.L.; KAMOGAWA, M.Y. Ammonia volatilization and yield components after application of polymer-coated urea to maize. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1200-1206, 2014.

ZHAO, B.; DONG, S.; ZHANG, J.; LIU, P. Effects of controlled-release fertiliser on nitrogen use efficiency in summer maize. **Plos One**, San Fransisco, v. 8, n. 8, p. 1-8, Aug. 2013.

Embrapa

Pesca e Aquicultura

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**



CGPE 13127