

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/305659657>

Enxofre de liberação lenta na agricultura

Article · February 2012

CITATIONS
0

READS
70

6 authors, including:



Ademir De Oliveira Ferreira
Universidade Federal Rural de Pernambuco

82 PUBLICATIONS 738 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Fernando Dubou Hansel
The Mosaic Company

31 PUBLICATIONS 97 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Telmo Jorge Carneiro Amado
Universidade Federal de Santa Maria

258 PUBLICATIONS 3,714 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



C sequestration potential in subtropical and tropical agroecosystems in Brazil [View project](#)



soil carbon [View project](#)

ENXOFRE DE LIBERAÇÃO LENTA NA AGRICULTURA

Ademir de Oliveira Ferreira

Doutorando em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria
aoferreira1@yahoo.com.br

Fernando Dubou Hansel

Mestrando em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria

Telmo Jorge Carneiro Amado

Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria

Valter Yassuo Asami

Ithamar Prada Neto

Desenvolvimento Técnico da Produquímica Indústria e Comércio

Em muitos solos brasileiros é comum a deficiência do nutriente enxofre (S) nos sistemas produtivos. O uso de fertilizantes que contêm baixos teores dele, em solos com baixos teores de matéria orgânica, também pode contribuir para a limitação desse nutriente para as culturas, associado ao aumento da exportação de S pelos grãos em produtividades elevadas e à lixiviação de sulfato, acentuada pela aplicação de cálcio e fósforo.

As fontes mais utilizadas para suprir o S nas plantas são o superfosfato simples, que contém 12% de S-sulfato, e o sulfato de amônio, com 24% de S-sulfato. Ambos são utilizados isoladamente ou como componentes de fertilizantes comerciais. A utilização de enxofre de liberação lenta, que contém mais de 90% de S, isoladamente ou incorporado a fertilizantes comerciais, é uma alternativa que pode aumentar a concentração dos nutrientes nas formulações e reduzir os custos de produção, de transporte e de aplicação do fertilizante.

Oxidação

Este nutriente encontra-se na sua forma elementar, e deve ser oxidado para S-sulfato para ser absorvido pelas plantas. A oxidação ocorre de forma gradual no solo, estando diretamente relacionada à atividade oxidativa dos micro-organismos, sendo assim disponibilizado gradualmente para as plantas, minimizando os efeitos



da lixiviação do mesmo e consequente aumento da eficiência do fertilizante.

A oxidação pode ser realizada por fatores abióticos, porém, as reações catalisadas pelos micro-organismos são os principais agentes nesse processo. Fatores de solo como pH, textura, disponibilidade de nutrientes, aeração e temperatura podem afetar a oxidação do S-elementar a S-sulfato.

O pH do solo é, quase sempre, relacionado com a taxa de oxidação do S-elementar. O efeito do pH na oxidação do S-elementar possivelmente está relacionado à capacidade do solo em tamponar o ácido sulfúrico formado na oxidação, que, se acumulado em altas concentrações, ini-

be a atividade dos micro-organismos que transformam S-elementar em S-sulfato.

Em um experimento utilizando amostras de 42 solos coletadas em vários Estados do Brasil, Horowitz & Meurer (2007) objetivaram determinar a taxa de oxidação de S-elementar e a influência dos atributos de solos na taxa de oxidação. Eles verificaram que a taxa de oxidação do S-elementar se correlacionou positivamente com o teor de matéria orgânica (MO) e negativamente com os teores de Al trocável e o teor inicial de S dos solos.

Também concluíram que neste estudo os teores de argila, P e K disponíveis, Ca e Mg trocáveis não afetaram a taxa de oxidação do S-elementar dos solos.

Importância para as plantas

O enxofre é atualmente um dos mais importantes elementos químicos devido ao seu residual industrial e sua dinâmica no sistema água-solo-planta. Estima-se que o S é o 9º elemento mais abundante no planeta. Nos solos tropicais e subtropicais, o S está presente nas formas orgânica e inorgânica, sendo a primeira forma predominante, em geral constituindo mais de 90% do total.

O enxofre nativo ou livre encontra-se principalmente em depósitos vulcânicos sedimentares. As formas mais comuns de enxofre nas rochas são sulfetos metálicos contidos nas plutônicas, as quais, após sofrerem processo de intemperização, propiciam a oxidação dos sulfetos a sulfatos pela atividade microbiana. Na solução do solo, o S está presente como ion sulfato (SO_4^{2-}).

O S é reconhecido, junto com o nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), como um nutriente-chave necessário ao desenvolvimento das culturas. Junto com o N, o S está presente em todas as funções e processos que são parte da vida da planta.

O S faz parte dos aminoácidos metionina, cistina, cisteína e taurina, sendo os dois primeiros essenciais e, portanto, fundamentais para a adequada nutrição humana e animal. Além disso, o S está envolvido diretamente na fixação biológica do N_2 atmosférico por participar da ferredoxina, enzima que origina a formação de H_2 .

Assim, a adubação balanceada com S é importante à produção e qualidade de proteínas e de outras características desejáveis nos alimentos, como sabor, coloração e aroma.

Equilíbrio nutricional

De acordo com a Lei do Mínimo de Liebig – Lei da Ecologia e da Fertilidade do Solo – para que a produção não seja limitada por aquele nutriente presente em menor proporção ou disponibilidade, tão importante é a quantidade absoluta de um nutriente quanto a quantidade relativa dele no solo.

Em média, o teor de enxofre no tecido da planta varia entre 0,1% e 1,5%, sendo as plantas das famílias Cruciferae



Cláudio Kozak

e Liliaceae as mais exigentes neste nutriente. O enxofre de liberação lenta é uma fonte de enxofre mais estável no solo, sendo o fornecimento deste elemento para as plantas de maneira gradual, suprindo as necessidades das plantas em um maior período de tempo (maior efeito fertilizante residual), e com reduzidas perdas por lixiviação.

Manejo da aplicação

O enxofre de liberação lenta encontra-se na forma elementar, precisando ser oxidado por micro-organismos a S-sulfato para ser absorvido pelas plantas. Desta forma, sua aplicação deve ser feita em tempo mínimo para que ocorram os processos oxidativos em quantidades suficientes de S-sulfato para suprir as necessidades nutricionais da planta.

Em estudo analisando taxas de oxidação em diferentes solos, verificou-se que, em ambos os solos estudados, até o sexto dia de incubação, os teores de S-sulfato foram praticamente os mesmos e corresponderam a cerca de 5% do total do S-sulfato no final do período de incubação de 70 dias.

Nestas condições, o momento certo para a aplicação da fonte de liberação lenta de enxofre, dependendo da fertilidade inicial, teria que ser de, no mínimo, seis dias antes da implantação da cultura. Como a oxidação do enxofre elementar é realizada por micro-organismos, a taxa de conversão a S-sulfato pode ser determinada pelas condições abióticas do ambiente, como: temperatura ambiente, textura do solo, aeração do solo, pH e fertilidade do solo (matéria orgânica e nutriente).

O algodão mostrou produtividade 37% maior com o uso do enxofre pastilhado de liberação lenta

Outro fator que afeta a oxidação da fonte elementar adicionada ao solo é a sua área superficial específica. Esta é dependente da forma, do tamanho, da composição, do grau de dispersão e da taxa de aplicação das partículas de S elementar. Quanto maior for a área superficial específica, associada à presença de micro-organismos oxidantes, maior será a taxa de oxidação, transformando S elementar em S-sulfato.

Estudos verificaram que utilizando-se uma dose muito elevada, pode haver um possível efeito inibitório na oxidação do S-elementar. Isso acontece devido ao acúmulo de produtos da oxidação, tóxicos ou ácidos, os quais podem ter inibido a conversão do S-elementar para S-sulfato. Esses resultados indicam que pode existir um limite para a dose de S-elementar a ser adicionada ao solo, a partir do qual pode ocorrer a inibição da oxidação do S-elementar pelo acúmulo de produtos ácidos e tóxicos aos micro-organismos.

O aumento no teor de S na forma de SO_4^{2-} no solo ocorre a partir da segunda semana após a aplicação (enxofre se torna disponível para as plantas), ocorrendo o seu ponto de máxima disponibilidade entre nove e dez semanas após a aplicação do S de liberação lenta.

Este momento coincide com o pico de demanda de diversos cultivos, quando a aplicação do produto é feita em aproximadamente três semanas em pré-semeadura. A dose média recomendada em solos com teores de S menores que 10 mg/dm^3 é de 50 kg ha^{-1} .

Resultados

Segundo Alvarez et al. (2007), as espécies mais exigentes em S pertencem às famílias das crucíferas (exemplo: repolho) e liliáceas (alho e cebola), com demandas médias próximas de 70 a 80 kg/ha⁻¹. As leguminosas (soja, feijão) apresentam demandas médias da ordem de 40 a 50 kg/ha⁻¹ e os cereais e as forrageiras necessitam em termos médios de 15 a 30 kg/ha⁻¹.

Na Tabela 1 são apresentadas respostas das principais culturas à aplicação de enxofre no solo, na qual se pode observar a importância deste nutriente para o incremento em produtividade.

Tabela 1: Respostas das principais culturas à aplicação de enxofre

Cultura	Aumento da produtividade (%)
Algodão	37
Arroz	16
Café	41
Cana-de-açúcar	11
Citros	18
Colômbio	21
Colza	51
Feijão	28
Milho	21
Repolho	9
Soja	24
Sorgo	10
Trigo	26

Fonte: Malavolta et al. (1996).



Entre os benefícios da tecnologia está o fornecimento regular e contínuo de nutrientes para as plantas.

Guareschi et al. (2011) encontraram que a aplicação antecipada à semeadura de fertilizantes de liberação lenta conferiu maior produção de massa seca, número de vagens por planta e produtividade de grãos de soja (*Glycine max*) em relação aos fertilizantes convencionais.

Hansel et al. (2011), em experimento em São Vicente do Sul (RS), também encontraram na cultura da soja maior produção de matéria seca entre os tratamentos. Os autores não observaram diferença estatística na produtividade da soja. Isso possivelmente ocorreu por ser um experimento de apenas um ano, visto que o efeito de S de liberação lenta é observado após o segundo ano.

Na Tabela 2 são apresentados os efeitos no solo e na planta da aplicação a lanço de Sulfurgran (produto desenvolvido pela Produquímica que contém 90% de enxofre elementar agregado com argila expansiva) em duas diferentes doses na cultura da soja.

Investimento

Adotando a dose média de 50 kg/ha⁻¹ recomendada em solos com teores de S menores que 10 mg/dm³ o custo é de R\$

Tabela 2. Produtividade, massa de 100 sementes, teor de S na folha e no solo em função da aplicação de diferentes doses de Sulfurgran a lanço na cultura da soja.

Tratamento	Produtividade (kg/ha)	MCS* (g)	S na folha (g/kg)	S no solo (mg dm ⁻³)
Testemunha	2790 b	11,8	1,59	5,9
30	3174 a	12,7	2,47	9,7
60	3234 a	13,1	2,26	18,9

85,00/ha⁻¹, dose referente ao residual para duas culturas sequenciais. Logo, o custo por cultura cai pela metade.

Vantagens

As principais vantagens dos fertilizantes de liberação lenta, segundo Girardi & Mourão Filho (2003), são: fornecimento regular e contínuo de nutrientes para as plantas; menor frequência de aplicações em solos; redução de perdas de nutriente devido à lixiviação, imobilização e, ain-



da, volatilização; eliminação de danos causados a raízes pela alta concentração de sais; maior praticidade no manuseio dos fertilizantes; contribuição à redução da poluição ambiental pelo NO^3 , atribuindo valor ecológico à atividade agrícola (menor contaminação de águas subterrâneas e superficiais), e redução nos custos de produção.

Janet Maia



Novidades

O Sulfurgran é um produto desenvolvido pela Produquímica que contém 90% de enxofre elementar agregado com argila expansiva. Esse produto se fragmenta em partículas de dimensão coloidal com alta superfície de exposição quando em contato com a água do solo, o que facilita a sua oxidação pela atividade microbiana, transformando este elemento na forma de SO_4^{2-} , em que o nutriente é absorvido pelas plantas.

A aplicação antecipada à semeadura de fertilizantes de liberação lenta confere maior produção de massa seca, número de vagens por planta e produtividade de grãos de soja. A dose média recomendada em solos com teores de S menores que 10 mg/dm^3 é de 50 kg/ha^1 .*



Mais uma **inovação Produquímica**: O primeiro enxofre pastilhado de alta performance para aplicação na agricultura brasileira.

- Menor perda por lixiviação
- Ação prolongada
- Baixo índice salino
- Granulometria adequada
- Melhor custo benefício por ponto de enxofre fornecido para as culturas
- Alta concentração de S = dose baixa

0800 702 5656 | 11 3016-9600
www.produquimica.com.br

sistema certificado

