

MESSAGEM NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

Claudio Hideo Martins da Costa¹; Gustavo Spadotti Amaral Castro²
Jayme Ferrari Neto¹ e Tiara Moraes Guimarães¹

¹Universidade Estadual Paulista – UNESP. Faculdade de Ciências Agrônômica. Departamento de Produção Vegetal. Fazenda Experimental Lageado - Caixa Postal 237, Rua José Barbosa de Barros, nº. 1780, Botucatu – SP. CEP: 18610-307. E-mail: c_hideo@hotmail.com, jfneto@fca.unesp.br e tiaraguimaraes@yahoo.com.br

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Rodovia Juscelino Kubitschek, km 5, nº 2600, Caixa Postal 10, CEP: 68903-419, Macapá, AP. E-mail: gustavo.castro@embrapa.br

RESUMO: No sistema plantio direto praticamente não há revolvimento do solo e o conseqüente acúmulo de resíduos vegetais e fertilizantes na superfície aceleram o processo de acidificação, contínuo e acentuado que ocorre naturalmente em solo de regiões úmidas, onde, geralmente, é observada baixa disponibilidade de nutrientes e elevados teores de H + Al. Assim, da mesma forma que no sistema de cultivo convencional, no sistema plantio direto também existe a necessidade de aplicação de insumos, especialmente, materiais corretivos de acidez. Entretanto, a ação dos corretivos de acidez geralmente é restrita as camadas superficiais, portanto, são necessárias a identificação de alternativas que possibilitem a correção em profundidade no sistema plantio direto, partindo de uma aplicação superficial, sem incorporação, viabilizando a permanência e o sucesso desse sistema. Deste modo a aplicação de gesso agrícola em superfície é apontada como uma alternativa para a melhoria do ambiente radicular, compensando o reduzido efeito do calcário no subsolo, nos primeiros anos de cultivo, sem necessidade de incorporação prévia do calcário. Objetivou-se com esta revisão bibliográfica mostrar o estado da arte envolvendo a aplicação de gesso no sistema plantio direto.

PALAVRAS-CHAVE: gesso agrícola, manejo conservacionista, condicionador de solo

GYPSUM IN NO-TILLAGE SYSTEM

ABSTRACT: In no tillage system the absence of soil mobilization consequently decreases plant residues accumulation and places fertilizers on surface, affecting the acidification process. Like in conventional system, in no tillage it is also necessary input application, especially materials for acidity correction. However, the action of acidity corrective is usually restricted to the superficial depth, therefore, are needed to identify alternatives that allow the depth correction in no-tillage system, starting from a surface application, without incorporation, allowing the permanence and success of this system. Thus, the surface application of gypsum is considered an alternative to improve the root environment, offsetting the reduced limestone effect in the subsoil in the early cultivation years, without prior incorporation of the limestone. The objective of this review was to show the state of the art involving the application of gypsum in no-tillage system.

KEYWORDS: gypsum, conservation management, soil conditioner

INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto (SPD) é o grande responsável pelo significativo aumento da produtividade e continuidade da exploração agrícola dos solos brasileiros. Para a implantação e condução do sistema de maneira sustentável, é indispensável o mínimo revolvimento do solo e a rotação de culturas de forma a proporcionar a manutenção permanente de uma quantidade mínima de massa vegetal na superfície do solo.

O não revolvimento do solo no SPD e o conseqüente acúmulo de resíduos vegetais e fertilizantes na superfície aceleram o processo de acidificação, contínuo e acentuado que ocorre naturalmente em solo de regiões úmidas, onde, geralmente, é observada baixa disponibilidade de nutrientes e elevados teores de H+Al. Assim, da mesma forma que no sistema de cultivo convencional, nos sistemas em que não é utilizado preparo do solo, existe também a necessidade de aplicação de insumos, especialmente, materiais corretivos de acidez.

A calagem é uma prática essencial para a garantia do sucesso da produtividade das culturas, tendo como benefício a neutralização da acidez do solo, o fornecimento de cálcio e magnésio e a redução da toxidez de alumínio. A boa reação do calcário é restrita a uma pequena distância do local da aplicação, assim, o benefício máximo é obtido com a aplicação antecipada, distribuição uniforme e maior profundidade de incorporação. Contudo, a técnica tradicional de correção de acidez, mediante incorporação de calcário ao solo, com aração e gradagem, se contrapõe aos fundamentos do plantio direto, podendo interferir negativamente nos benefícios proporcionados pela supressão de mobilizações do solo. Dessa forma, no SPD, a calagem tem sido realizada mediante a aplicação do calcário na superfície do solo, sem incorporação. Porém, esse método de calagem, ainda é bastante questionado, pois se sabe que o calcário é um produto que apresenta baixa solubilidade em água.

Outro problema relacionado à aplicação de calcário em superfície, em SPD, é a correção da acidez do subsolo, que limita, em muitos casos, o crescimento radicular e a absorção de água e nutrientes pelas culturas. Isso porque a calagem não corrige a acidez e a deficiência de cálcio em subsuperfície, em tempo razoável para evitar que o agricultor corra grande risco com a ocorrência de veranicos.

Todavia, considerando que a calagem em superfície pode ter ação limitada às camadas superficiais, principalmente nos primeiros anos de cultivo, a aplicação de gesso agrícola em superfície é apontada como uma alternativa para a melhoria do ambiente radicular, compensando o reduzido efeito do calcário no subsolo, nos primeiros anos de cultivo, sem necessidade de incorporação prévia do calcário. O interesse pelo uso de gesso agrícola para diminuir o problema da acidez do subsolo é decorrente da sua maior solubilidade. O gesso

agrícola aplicado na superfície do solo movimenta-se ao longo do perfil sob a influência da percolação de água. Como consequência obtém-se aumento no suprimento de cálcio e redução da toxidez de alumínio no subsolo.

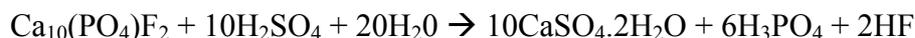
No entanto, o conhecimento da dinâmica da correção da acidez a partir da superfície do solo no SPD, são extremamente necessárias e importantes para que se possa estabelecer ajustes nas recomendações de calagem e gessagem para cultura.

Objetivou-se com esta revisão bibliográfica mostrar o estado da arte envolvendo a aplicação de gesso no sistema plantio direto.

GESSO AGRÍCOLA

O gesso agrícola pode ter sua origem tanto da exploração de minérios de gipsita, quanto da reação do ácido sulfúrico com rocha fosfatada (fosfogesso). Dentro deste contexto será apenas abordada a produção do fosfogesso.

A produção do fosfogesso, um resíduo da reação de ácido sulfúrico com rocha fosfatada, realizada com o fim de produzir ácido fosfórico, pode ser representada, de forma simplificada, por:



Essa reação exemplifica apenas um caso, o do processo denominado di-hidratado, havendo alternativas que operam com menos água no sistema, resultando em sulfato de cálcio também com menos água no sistema resultando em sulfato de cálcio também com menos água. No processo di-hidratado, para cada tonelada de P em ácido fosfórico são produzidas em torno de 11 toneladas de fosfogesso (Robinson, 1980).

As quantidades de fosfogesso produzidas dependem de quanto se fabrica de ácido fosfórico. No mundo todo, inclusive no Brasil, existe um descompasso entre a utilização do ácido fosfórico e o consumo do fosfogesso, resultando em enormes quantidades acumuladas deste último.

O fosfogesso por ser considerado um resíduo da indústria de produção de ácido fosfórico, e devido ao grande acúmulo do mesmo nos pátios das indústrias, foi necessário encontrar alternativas para escoar esse resíduo, a agricultura por sua vez encontrou um método para sanar essa deficiência, aplicando este resíduo nas áreas de produção, transformado um resíduo em subproduto.

Como o gesso é um produto muito onerado pelo transporte, que inviabiliza seu uso em grandes distâncias do local de produção, o uso agrícola acaba ficando restrito a um raio de poucas centenas de quilômetros em torno das fábricas. As principais indústrias que produzem

fosfogesso estão em Cubatão (SP), Uberaba (MG), e Catalão (GO), e as principais minerações de gipsita encontram-se no oeste do Estado de Pernambuco.

SISTEMA PLANTIO DIRETO

A introdução do sistema plantio direto (SPD) a partir da década de 70 (Lopes et al., 2004), no sul do Brasil, foi um dos maiores avanços no processo produtivo da agricultura brasileira, que desde então, a área cultivada sob esse sistema tem aumentado de forma expressiva, ano a ano, tanto que, para a cultura da soja aproximadamente 97% das propriedades rurais utilizam o SPD para a cultura (Bastos et al., 2007).

O progresso da área cultivada sob SPD traz reflexo positivos em vários setores da atividade agrícola nacional, principalmente na conservação dos recursos ambientais, como água e solo, considerado como grande responsável pela continuidade da exploração agrícola dos solos brasileiros e significativo, que em geral, são altamente intemperizados.

O SPD preconiza o não revolvimento do solo, exceto nos sulcos de semeadura (Amaral et al., 2004), e manutenção dos restos culturais sobre a superfície durante o ano, o que promove maior proteção contra o impacto direto das gotas da chuva, favorece a infiltração, reduz a perda de água por escoamento superficial e perda de solo e nutrientes por erosão (Wutke et al., 1993; Hernani et al., 1999).

Um dos maiores problemas dos solos tropicais brasileiros é a acidez, tanto em superfície quanto em subsuperfície, e as recomendações de correção da acidez e manejo da fertilidade no SPD têm sido realizados a partir dos conhecimentos obtidos no sistema convencional de preparo do solo (SPC). No entanto, segundo Caires et al. (1999), o conhecimento aplicado relacionado a fertilidade do solo no SPD nem sempre são os mesmo aplicados no SPC, uma vez que há a incorporação dos corretivos de solo, adubos e resíduos vegetais. Porém, as informações sobre o manejo das culturas e a fertilidade do solo ainda não estão bem definidas para o SPD.

Portanto, há a necessidade de estudos que satisfaçam todos os questionamentos relacionados à correção da acidez do perfil do solo, partindo de uma aplicação superficial. Além disso, existe grande interesse na busca de alternativas para a implantação e manutenção do SPD, sem incorporação prévia do corretivo, não havendo necessidade de promover o revolvimento inicial do solo por meio de preparo convencional, realizando-se a calagem desde o estabelecimento (Caires et al., 2000b; Petrere e Anghinoni, 2001; Soratto e Crusciol, 2008a; 2008b; 2008c; 2008d; 2008e). As vantagens desse procedimento, segundo Soratto e Crusciol (2008a; 2008b; 2008c; 2008d; 2008e), estariam relacionadas à manutenção dos atributos

químicos e físicos do solo (agregação e infiltração de água), ao maior controle de erosão e à economia com as operações de incorporação de calcário e preparo de solo.

CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

A acidez é uma característica bastante importante dos solos tropicais brasileiros, que promove diminuição na disponibilidade de nutrientes catiônicos (Ca, Mg, K) e aumento na solubilidade de cátions tóxicos (H, Al) (Franchini et al., 2001a). É considerada como fator limitante à produção agrícola, pois a deficiência de Ca e a toxidez de Al são as principais limitações químicas para o crescimento radicular, cujas conseqüências se manifestam pelo estresse nutricional e hídrico nas plantas (Caires et al., 1998).

A acidificação do solo ocorre de forma natural, é resultado da lixiviação de cátions básicos solúveis (Ca, Mg, K) e/ou remoção pelas colheitas, seguida pela sua substituição por cátions ácidos (H e Al) no complexo de troca catiônica, processo acelerado pela adição de certos fertilizantes nitrogenados (Ziglio et al., 1999).

Os íons H^+ competem com os cátions por sítios de adsorção (Helyar, 2003) e os íons Al^{3+} (valência +3) são mais fortemente atraídos para as proximidades das partículas com cargas negativas, em detrimento do sódio e potássio (valência +1) e do cálcio e magnésio (valência +2). Com isso, o alumínio permanece mais no solo, enquanto os outros cátions tendem a serem lixiviados (Bohnen, 2000), ocorrendo uma diminuição nos valores de pH e elevação da saturação por alumínio, responsável pela queda da produtividade máxima das culturas (Raij, 1981), comprovado por vários trabalhos (Pavan et al., 1982; Ritchey et al., 1982; Sumner et al., 1986; Quaggio, 2000).

Nestas condições, o desenvolvimento do sistema radicular torna-se limitado às camadas superficiais, explorando assim, pequeno volume de solo e, desta forma, limitando a produtividade das culturas, principalmente, nos locais onde é freqüente a ocorrência de veranicos, que é o caso da região dos cerrados. Por isso, torna-se importante o aprofundamento do sistema radicular conferindo às plantas maior tolerância a períodos de baixa precipitação, e possibilita maior absorção de nutrientes, pelo maior volume de solo explorado (Ernani e Barber, 1993).

Sabe-se que a calagem é prática comumente utilizada para neutralizar a acidez, restaurar a capacidade produtiva dos solos, aumentar a disponibilidade de nutrientes e diminuir os elementos tóxicos (Pavan e Oliveira, 2000). Entretanto, no SPD, esta prática assume aspectos diferentes em razão da necessidade de aplicação na superfície do solo sem incorporação (Caires et al., 1998, 1999; Caires e Fonseca, 2000; Pavan e Oliveira, 2000;

Rheinheimer et al., 2000; Soratto e Crusciol, 2008a; 2008b; 2008c; 2008d; 2008e). Isso tem gerado questionamento quanto à sua eficiência, pois os materiais utilizados como corretivos de acidez são pouco solúveis em água, e apresentam baixa mobilidade no solo (Caires et al., 1998; Pavan e Oliveira, 2000).

Segundo Quaggio (1986) as transformações que ocorrem nos solos com a aplicação do calcário são: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$. Assim, o Ca^{2+} e o Mg^{2+} deslocam Al^{3+} adsorvido às partículas do solo, ou seja, Ca^{2+} é colocado em solução ocupando posições de troca catiônica com Al^{3+} . A reação dos íons HCO_3^- com os íons H^+ forma H_2CO_3 e devido à sua instabilidade, se dissocia em H_2O e CO_2 . Os íons Al^{3+} se hidrolisam em função do pH do solo e a neutralização do solo é finalmente efetuada, tendo como produtos finais H_2O , $\text{Al}(\text{OH})_3$ e CO_2 .

Algumas pesquisas têm demonstrado efeitos da calagem superficial na subsuperfície do solo no SPD, aumentando o pH, Ca e Mg trocável e reduzindo os teores de Al tóxico (Oliveira e Pavan, 1996; Caires et al., 1996, 1998, 1999, 2000a; Rheinheimer et al., 2000; Franchini et al., 2000; Soratto e Crusciol, 2008a; 2008b; 2008d). No entanto, a eficiência da calagem, particularmente na correção da acidez do subsolo, é controversa, com resultados demonstrando nenhum movimento além do seu local de aplicação (Caires et al., 2000a).

Dentro do contexto exposto acima, observa-se que ação dos corretivos no SPD é em geral restrita às camadas superficiais, o que se faz necessário a utilização de insumos agrícolas que possam atuar em subsuperfície.

UTILIZAÇÃO DO GESSO AGRÍCOLA NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

O gesso tem sido utilizado em solos ácidos como um produto complementar ao calcário (Silva et al., 1998). Sua alta mobilidade tem sido atribuída à maior solubilidade e à presença de um ânion estável (SO_4^{2-}). Além disso, outro fato que contribui para a maior lixiviação deste material é que nas condições da camada arável de solos cultivados, onde prevalecem cargas negativas, acidez corrigida e presença de teores consideráveis de fosfatos, a permanência de sulfatos é desfavorável (Raij, 1988).

O ânion SO_4^{2-} forma par iônico neutro com o íon Ca^{2+} , e com isto o leva até a subsuperfície do solo, mas pode ainda formar AlSO_4^{2-} (Pavan et al., 1982), que é menos disponível, e outras formas de alumínio não trocáveis (Pavan et al., 1982, 1994). Isto demonstra que o gesso pode reduzir a atividade do Al em solução (Alva et al., 1986), e também aumentar os teores de Ca na subsuperfície do solo (Chaves et al., 1988; Farina e

Channon, 1988). Em função disso, ocorre maior desenvolvimento de raízes em profundidade e maior aproveitamento de água e nutriente pelas plantas (Farina e Channon, 1988).

Além disso, o gesso agrícola pode ser empregado como fonte alternativa de cálcio e enxofre para as culturas (Malavolta et al., 1981; Vitti et al., 1985). Conforme já foi exposto acima, esse produto, quando comparado ao calcário, apresenta maior solubilidade em água, sendo, portanto, capaz de lixiviar o cálcio até maiores profundidades. Na aplicação do gesso, alguns autores encontraram uma diminuição nos teores de magnésio e potássio no solo, que são lixiviados, portanto, sugeriram a aplicação conjunta do gesso com o calcário (Quaggio et al., 1982, Rosolem e Machado, 1983; Malavolta, 1983; Pavan et al., 1984; Alcarde, 1988, Raij et al., 1994). Entretanto a aplicação incorreta do gesso, doses muito acima daquelas recomendadas pelos boletins técnicos, pode ocasionar a lixiviação excessiva do potássio e magnésio para as camadas mais profundas.

Raij (2007) destaca ainda que é comum existir uma certa confusão quanto ao papel do calcário e do gesso na correção do solo, mas deve ficar claro que os dois produtos são muito diferentes. A calagem atua na camada mais superficial do solo e o gesso atua em profundidade. Assim, nunca se pode esperar da gessagem um efeito igual ao da calagem, pois normalmente o efeito é três vezes menor, mesmo onde há resposta à aplicação.

O calcário e o gesso têm reações diferentes no solo. O carbonato de cálcio é um sal básico e, como tal, reage com qualquer ácido através de uma reação de neutralização. Portanto, o carbonato de cálcio neutraliza a acidez do solo pela formação do sal, água e gás carbônico, ficando as cargas negativas expostas contrabalanceadas pelo Ca^{+2} . O importante no caso é o papel do íon carbonato de “receptor de prótons” ou, em outras palavras de íons de hidrogênio, que perdem seu caráter ácido ao serem incorporados em moléculas de água. Por outro lado, o gesso como sal neutro, não tem ação sobre a acidez. O ânion sulfato permanece como tal e não atua como “receptor de prótons”. Assim, o gesso não neutraliza a acidez. Dessa forma, sua reação na camada superficial do solo é tão somente a de troca de cátions (Raij, 2007).

Podem ser verificados resultados de vários outros trabalhos demonstrando a eficiência do gesso na melhoria de atributos químicos do subsolo (Reeve e Summer, 1972; Pavan et al., 1984; Shainberg et al., 1989, Sousa et al., 1996; Carvalho e Raij, 1997; Raij et al., 1998; Ernani et al., 2001; Caires et al., 2004; Soratto e Crusciol, 2008a). Em geral, as respostas encontradas demonstraram decréscimos de alumínio e aumento de cálcio trocável nas camadas subsuperficiais, ocorrendo inclusive, em alguns casos aumentos nos valores de

pH, como foi observado por Caires et al (2003) nas camadas de 0,20-0,40 m aos 8 meses e de 0,40-0,60 m aos 20 e 32 meses após a aplicação superficial de gesso.

Caires et al. (1998), em um Latossolo Vermelho distrófico textura média, verificaram que 24 meses após a aplicação de 12 t ha⁻¹ de gesso em superfície, cerca de 60% do S-SO₄²⁻ já haviam sido lixiviados para abaixo de 0,80 m de profundidade no perfil, e que apenas uma pequena parte do S-SO₄²⁻ (10%) encontrava-se na camada de 0-0,20 m. Em outro estudo, Caires et al. (2003), em um Latossolo Vermelho distrófico argiloso (580 e 680 g kg⁻¹ de argila nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, respectivamente), observaram que 20 meses após a aplicação, o S-SO₄²⁻ proveniente do gesso estava distribuído regularmente por todo o perfil do solo até a profundidade de 0,60 m. Portanto, existe diferenças na velocidade de movimentação do S-SO₄²⁻ em diferentes solos, devendo ser mais lenta em solos mais argilosos, e com altos teores de óxidos de ferro e alumínio (Camargo e Raij, 1989).

Caires et al. (1998) e Caires et al. (2001) obtiveram resposta à aplicação de calcário associado ao gesso na redução dos teores de Al trocável, no aumento dos teores de cálcio em todo perfil do solo, redução na saturação por alumínio e na lixiviação de bases, principalmente de magnésio, sendo esta mais acentuada na presença de maiores teores de Mg trocável no solo. Ao contrário, Nogueira e Mozeto (1990) observaram que quando foi utilizada a combinação de calcário e gesso, em seis solos sob vegetação de cerrado, houve menor lixiviação de magnésio e potássio, o que pode diminuir os possíveis desequilíbrios nutricionais com aplicação somente de gesso.

Por outro lado, Soratto e Crusciol (2008a) constataram efeito da aplicação superficial de gesso até a camada de 0,40 a 0,60 m, com incremento nos teores de S-SO₄²⁻ e Ca²⁺, e redução nos teores de Al⁺³ aos 12 meses. Quanto ao Mg²⁺, os autores constataram incremento até a camada de 0,10 a 0,20 m na amostragem realizada aos 12 meses e redução em todo o perfil na amostragem de 18 meses. Marques (2008) observou efeitos semelhantes na reaplicação de calcário-gesso em superfície para os teores de S-SO₄²⁻ e Ca²⁺ aos 12 e 24 meses, entretanto os teores de Mg²⁺ reduziu em todo perfil do solo nas duas amostragens realizadas.

No caso de solos arenosos de baixa fertilidade e baixos teores de matéria orgânica, doses de gesso acima de 5,0 t ha⁻¹ tem causado efeitos negativos em culturas devido à remoção preferencial de magnésio da camada superior do perfil (Shainberg et al., 1989; Alcordo e Recheigl, 1993). Em alguns experimentos a lixiviação já ocorre a partir de doses inferiores a 2,0 t ha⁻¹ (Quaggio e Raij, 1982; Rosolem e Machado, 1984); enquanto em outros, ele só se inicia acima de 10,0 t ha⁻¹.

Souza e Ritchey (1986), trabalhando com Latossolo Vermelho-Escuro álico, constataram que com o uso de 6,0 t ha⁻¹ de gesso houve produção de grãos de milho 68% maior, quando comparada com a testemunha, após 25 dias de deficiência hídrica. Carvalho et al. (1986) verificaram que o efeito da adição de gesso no cultivo de milho é mais marcante quando há déficit hídrico, do que com suprimento adequado de água.

Em outro estudo, Caires et al. (1999), avaliando as alterações químicas do solo pelo uso de gesso no SPD para as culturas de milho, trigo e soja, constataram que apenas a cultura de milho apresentou aumento de produção em decorrência do fornecimento de enxofre, porém, houve maior teor de cálcio trocável em todo o perfil, redução da saturação por alumínio e aumento da relação Ca/Mg do solo. As respostas em aumentos de produção foram relacionadas à melhoria nos teores de cálcio e/ou redução de alumínio nos subsolos envolvidos.

Caires et al. (2001) e Caires et al. (2004) avaliando os efeitos aplicação superficial de calcário e calcário-gesso na cultura da cevada e milho, respectivamente, observaram uma melhor distribuição do sistema radicular no perfil do solo. Ainda na cultura da cevada, com a ocorrência de veranico na época do florescimento, notaram uma maior produtividade de grãos, aumento de 23%.

Resultados observados por Moraes et al. (1998) indicaram elevação do teor de magnésio e redução do teor de manganês em folhas do feijoeiro com a aplicação de calcário. A calagem e/ou a gessagem, todavia, não influenciaram os componentes de produção e a produção de grãos. Por outro lado, Artigiani (2008) observou na cultura do feijão, que a associação calcário-gesso foi superior à adição de calcário isoladamente, sobre os teores foliares de Ca e S e a produtividade de grãos.

Ritchey et al. (1980) avaliando um ensaio de fosfato em Latossolo-Vermelho-Escuro na região do cerrado, observaram após a ocorrência de um veranico, que nos tratamentos com superfosfato triplo, as plantas de milho estavam murchas enquanto nos tratamentos com superfosfato simples, estavam túrgidas. Com análise mais detalhada puderam perceber que nos tratamentos que receberam superfosfato simples, o sistema radicular estava mais profundo possibilitando uma maior absorção de água das camadas subsuperficiais. Além desse fato, foi observado também que o solo continha mais cálcio e menos alumínio nas camadas inferiores. Os autores atribuíram estes efeitos benéficos sobre a cultura do milho ao gesso, contido no superfosfato simples, característica que o difere do superfosfato triplo.

Atualmente os critérios de recomendação de gesso baseiam-se nos teores de Ca e Al trocáveis e também na porcentagem de argila presente nas camadas abaixo de 20 cm do solo.

Raij et al. (1996) recomendam a aplicação de gesso quando a saturação de Al estiver maior que 40 % e/ou quando os teores de Ca forem inferiores a $4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. A necessidade de gesso é estimada pela fórmula: $\text{NG} (\text{kg ha}^{-1}) = 6 \times \text{g kg}^{-1}$ de argila.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gesso agrícola pode ser um importante insumo na melhoria das qualidades químicas do solo em subsuperfície, podendo ser enquadrado como uma prática importante para o sistema plantio direto.

A aplicação do gesso agrícola em superfície, pode fornecer ao sistema, em curto espaço de tempo, quantidades expressivas de S-SO_4 e Ca^{+2} , e reduzir o teor de Al^{+3} .

As recomendações de necessidade de gesso ainda se baseiam na metodologia adotada para o sistema de plantio convencional, evidenciando a necessidade de mais estudos para determinação de uma recomendação específica para o sistema plantio direto, visto que, os sistemas apresentam características diferentes.

Pesquisas sobre os efeitos da aplicação combinada e/ou isolada de corretivos da acidez e gesso agrícola em superfície, visando a melhoria da qualidade química do perfil do solo são muito importantes e não há dúvidas da necessidade de se avaliar a interação desses produtos no que se refere as características químicas, principalmente à movimentação de cátions, nutrição mineral e produção de culturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARDE, J. C. **Contraditória, confusa e polêmica**: é a situação do uso do gesso na agricultura. Piracicaba: POTAFOS, 1988. 3p. (Informações Agronômicas, 41).
- ALCORDO, I. S.; REHCIGL, J. E. **Phosphogypsum in agriculture**: a review. **Advances in Agronomy**, New York, v.118, p.49-55, 1993.
- ALVA, A. K.; BLAMEY, F. P. C.; EDWARDS, D. G.; ASHER, C. J. An evolution of aluminum indices to predict aluminum toxicity to plants grown in nutrient solutions. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.17, p.1271-80, 1986.
- AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F. C. Resíduos de plantas de cobertura e do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.115-123, 2004.
- ARTIGIANI, A. C. C. A. **Combinações de gesso, silicato e calcário aplicados superficialmente no sistema plantio direto de arroz e feijão irrigados por aspersão**. 2008. 128p. (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

BASTOS FO., G; NAKAZONE, D; BRUGGEMANN, G.; MELO, H. **Uma avaliação do plantio direto no Brasil.** Disponível em < www.agrisus.org.br/arquivos/rally_safra_07_avalia_PD.pdf >. Acesso 20 de maio, 2015.

BOHNEN, H. Acidez do solo: origem e evolução. In: KAMINSKI, J. (Coord.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto.** Pelotas: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.9-19 (Boletim, 4).

BRASIL Decreto n.º 2954. Aprova o regulamento da lei 6894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. **Normas Jurídicas** (Texto Integral) – DEC 004954, 14 jan., 2004, 27 p.

CAIRES, E. F. CHUEIRI, W. A., MADRUGA, E. F. Redução da acidez e movimentação de bases do solo pelo uso de calcário e gesso na superfície e resposta da soja e do milho cultivados em plantio direto. **Revista Plantio direto**, Passo Fundo, p.30-1, 1996. Edição especial.

CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.27-34, 1998.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.; MADRUGA, E. F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.315-327, 1999.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A. FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.161-169, 2000a.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; FELDHAUS, I. C. Resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000b, Santa Maria. **Resumos Expandidos...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2000b. 1 CD-ROM.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; FELDHAUS, I.C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.1029-1040, 2001.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G. GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.2, p.275-286, 2003.

CAIRES, E. F.; KUSMAN, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; PADILHA, J. M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.125-136, 2004.

CAMARGO, O. A.; RAIJ, B. van. Movimento de gesso em amostras de solo com diferentes propriedades eletroquímicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, p.275-280, 1989.

CARVALHO, L. J. C. B.; GOMIDE, R. L.; RODRIGUES, G. C.; SOUZA, D. M. G.; FREITAS JÚNIOR, E. Resposta do milho à aplicação de gesso e déficit hídrico em solos de cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, 1985, Brasília. **Anais...**, Brasília: EMBRAPA, 1986. p.61-83.

CARVALHO, M. C. S.; RAIJ, B. van. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoil for root growth. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.192, p.37-48, 1997.

CHAVES, J. C. D.; PAVAN, A. M.; MIYAZAWA, M. Redução da acidez subsuperficial em coluna de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.5, p.469-76, 1988.

ERNANI, P. R.; BARBER, S. A. Composição da solução do solo e lixiviação de cátions afetadas pela aplicação de cloreto e sulfato de cálcio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.17, p.41-46, 1993.

ERNANI, P. R.; RIBEIRO, M. S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.1, n.4, p.825-831, 2001.

FARINA, M. P. W.; CHANNON, P. Acid subsoil amelioration. I. A comparison of several mechanical procedures. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.52, p.160-75, 1988.

FRANCHINI, J. C.; MEDA, A. R.; CASSIOLATO, M. E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Potencial de extratos de resíduos vegetais na mobilização do calcário no solo por métodos biológico. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, p.357-60, 2001.

HELYAR, K. **Manejo da acidez do solo a curto e a longo prazos**. Piracicaba: Potafós, 2003. 12p. (Encarte Técnico, 104).

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistema de manejo do solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.1, p.145-154, 1999.

LOPES, A. S.; WIETHOLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema Plantio Direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA, 2004. 110p.

MALAVOLTA, E.; ROMERO, J. P.; LIEM, T. H.; VITTI, G. C. **Gesso agrícola: seu uso na adubação e correção do solo**. São Paulo: ULTRAFÉRTIL, 1981. 30p.

MARQUES, R. R. **Aplicação superficial de calcário e gesso em manejo conservacionista de solo para cultivo de amendoim e aveia branca**. 2008. 142p. (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

MORAES, J. F. L.; BELLINGIERI, P. A.; FORNASIERI FILHO, D.; GALON, L. A. Efeitos de doses de calcário e de gesso na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca-80. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.55, n.3, p.75-82, 1998.

NOGUEIRA, A. R. A.; MOZETO, A. A. Interações químicas do sulfato e carbonato de cálcio em seis solos paulistas sob vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p.1-6, 1990.

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.38, p.47-57, 1996.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Toxicity of aluminum to coffee (*Coffea arabica* L.) in Ultisols and Oxisols amended with amended with CaCO_3 , MgCO_3 and $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.46, p.1201-1207, 1982.

PAVAN, M. A.; OLIVEIRA, E. L. Corretivos da acidez do solo: experiências no Paraná. In: KAMINSKI, J. (Coord.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.61-76. (Boletim, 4).

PETREIRE, C.; ANGHINONI, I. Alteração de atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.885-895, 2001.

QUAGGIO, J. A.; DECHEN, A. R.; RAIJ, B. van. Efeito da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.6, p.189-194, 1982.

QUAGGIO, J. A. **Reação do solo e seu controle**. In: Simpósio Avançado de Química e Fertilidade do Solo. Fundação Cargill. 1986. 179 p.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111p.

RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; FURLANI, P. R. Efeito, na reação do solo, da absorção de amônio e nitrato pelo sorgo, na presença e na ausência de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, p.131-136, 1988.

RAIJ, B. van; MASCARENHAS, H. A. A.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; IGUE, T.; SORDI, G. Efeito de calcário e de gesso para a soja cultivada em Latossolo Roxo ácido saturado com sulfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.305-312, 1994.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico 100).

RAIJ, B. van; FURLANI, P. R.; QUAGGIO, J. A.; PETTINELLI JÚNIOR, A. Gesso na produção de cultivares de milho com tolerância diferencial a alumínio em três níveis de calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.101-108, 1998.

RAIJ, B. van. **Uso do gesso agrícola na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 2007. p.14-15 (Informações Agronômicas, 117).

REEVE, N. G.; SUMNER, M. E. Amelioration of subsoil acidity in Natal Oxisols by leaching of surface-applied amendments. **Agrochemophysica**, Pretoria, v.4, p.1-6, 1972.

RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, E. J. S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E. C.; GATIBONI, L. C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.797-805, 2000.

RITCHEY, K. D.; SOUZA, K. M. G.; LOBATO, E.; CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, p.40-44, 1980.

RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; COSTA, U. F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. **Soil Science**, Baltimore, v.133, p.378-382, 1982.

ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R. Efeitos da calagem e gessagem sobre a produção de algodão e lixiviação de bases em dois latossolos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 9., 1983, Curitiba. **Resumos...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p. 33.

ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R. Efeitos da calagem e gessagem na produção de algodão e na lixiviação de bases em dois latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, p.97-102, 1984.

SHAIMBERG, I.; SUMNER, M. E.; MILLER, W. P.; FARINA, M. P. W.; PAVAN, M. A.. Use of gypsum on soils a review. **Advances in Soil Science**, New York, v.9, p.1-111, 1989.

SILVA, A. A.; VALE, F. R.; FERNANDES, L. A.; FURTINI-NETO, A. E.; MUNIZ, J. A. Efeitos de relações $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$ na mobilidade de nutrientes no solo e no crescimento do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.451-457, 1998.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.675-688, 2008a.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Dolomite and phosphogypsum surface application effects on annual crops nutrition and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.100, p.261-270, 2008b.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Métodos de determinação de cálcio e magnésio trocáveis e estimativa do calcário residual em um latossolo submetido à aplicação de calcário e gesso em superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.663-673, 2008c.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Nutrição e produtividade de grãos da aveia-preta em função da aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.715-725, 2008d.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes pela aveia-preta em função da aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.928-935, 2008e.

SOUSA, D. M. G., RITCHEY, K. D. Correção da acidez subsuperficial: o uso de gesso no solo de cerrado. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 1., Piracicaba, 1986. **Anais...** Campinas: Fundação CARGILL, 1986, p.91-113.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso do gesso agrícola nos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1996. 20 p. (Circular técnica, 32).

SUMNER, M. E.; SHAHANDEH, H.; BOUTON, J.; HAMMEL, J. Amelioration of an acid soil prolife through deep liming an surface application of gypsum. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.50, p.1254-1278, 1986.

VITTI, G. C.; FERREIRA, M. E.; MALAVOLTA, E. O gesso agrícola como fonte de cálcio e enxofre - respostas de culturas anuais e perenes. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, Brasília, 1985. **Anais...** Brasília: EMBRAPA DDT, 1985. p.17-43.

WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. **I Curso de adubação verde no Instituto Agrônômico**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. 89p.

ZIGLIO, C. M.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.42, p.257-262, 1999.