



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE AGRONOMIA

Marlos Furlan

Influência da aplicação de gesso agrícola na produtividade da soja e na mobilidade de cátions em um Cambissolo

Curitibanos

2024

Marlos Furlan

Influência da aplicação de gesso agrícola na produtividade da soja e na mobilidade de cátions em um Cambissolo

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Agronomia do Centro de Ciências Rurais do Campus de Curitibanos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Adams Weiler,

Curitibanos

2024

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.
Dados inseridos pelo próprio autor.

Furlan, Marlos

Influência da aplicação de gesso agrícola na produtividade da soja e na mobilidade de cátions em um cambissolo / Marlos Furlan ; orientador, Douglas Adams Weiler, 2024.

34 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2024.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. gesso agrícola. 3. cátions. 4. percolação. 5. CTC. I. Weiler, Douglas Adams . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Agronomia. III. Título.

Marlos Furlan

Influência da aplicação de gesso agrícola na produtividade da soja e na mobilidade de cátions em um cambissolo

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi avaliado e aprovado, em 22 de novembro de 2024, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Banca examinadora

Prof. Dr. Douglas Adams Weiler.

Orientador

Prof. Dr. Djalma Eugênio Schmitt.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. João Paulo Gonsiorkiewicz Rigon.

Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a versão original e final do Trabalho de Conclusão de Curso que foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Prof. Dr. Douglas Adams Weiler

Orientador

Curitibanos

2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente, por ter me permitido alcançar meus objetivos durante todo esse percurso na minha caminhada, além do dom da vida. Aos meus pais, Edson Antonio Furlan e Marli Gorisch Furlan, por todo o apoio e incentivo nessa etapa da minha vida, e por serem um exemplo de pessoas a serem seguidas. Agradeço à Heloísa, por ter me incentivado e apoiado em diversos momentos nesse período. Ao meu irmão Edson por ter me ajudado nessa etapa.

Agradeço imensamente pelos amigos que estiveram junto de mim nessa etapa da minha vida. Em especial, a Valéria, por ter me ajudado nesse período de faculdade, sendo essencial no desenvolvimento desse experimento e por todos os outros trabalhos na faculdade, considerando-a uma irmã e comadre. As minhas amigas Thania e Eduarda, por me auxiliarem nessa etapa, tanto por morarmos junto como na faculdade, além dos bons momentos que vivemos nessa fase. A todos meus outros amigos e colegas que, de uma forma ou outra, me incentivaram e auxiliaram nesse caminho, compartilhando risadas, experiências e conhecimento.

Ao meu professor e orientador, Douglas, por ter me aceitado como orientado e me passado muitos ensinamentos nessa trajetória, além dos diversos incentivos, risadas e paciência para a minha formação. Agradeço ao meu grupo de pesquisa em Manejo e Fertilidade do Solo, por me auxiliarem nessa etapa de TCC, em especial a Emilene, Alano, Valéria e Rosiéle, me ajudando a executar esse experimento no campo.

Agradeço imensamente a todos os funcionários, técnicos, professores e setor de agropecuária da UFSC por auxiliarem no desenvolvimento desse projeto. Agradeço à UFSC de Curitiba por todo o apoio e pela minha formação. E a todos que contribuíram para a minha formação, meu eterno obrigado.

RESUMO

A utilização do gesso agrícola em superfície na cultura da soja pode auxiliar na percolação de cátions (K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+}) para camadas mais profundas do solo. O objetivo foi determinar se há a mobilidade desses cátions presente no solo e a sua influência na produtividade da soja. O experimento foi conduzido a campo no sistema de blocos casualizados, com 4 tratamentos e 4 repetições: 1) controle (0 ton gesso ha^{-1}); 2) 1,25 ton gesso ha^{-1} ; 3) 2,5 ton gesso ha^{-1} ; e 4) 5,0 ton gesso ha^{-1} em um período de 2 safras (22/23 e 23/24). Em todos os tratamentos, a adubação potássica foi realizada em superfície na forma de KCl em quantidade equivalente a 270 $kg\ ha^{-1}$, a adubação fosfatada foi fornecida na forma de superfosfato triplo em dose equivalente a 73 $kg\ ha^{-1}$ na linha de semeadura, sendo as quantidades de potássio e fosforo aplicados na cultura conforme recomendado pela análise de solo e interpretação segundo o manual de adubação e calagem do RS e SC, para expectativa de colheita de 5 ton. Na cultura da soja, foi avaliada a produtividade e a quantidade de K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} presente no solo. O solo foi estratificado nas camadas de 0-2,5; 2,5-5; 5-10; 10-15; 15-20 e 20-40 cm de profundidade para avaliação do teor dos nutrientes. A determinação do teor dos nutrientes foram realizadas pela leitura das amostras de solo extraídas por Mehlich 1, KCl $mol\ L^{-1}$ e posteriormente quantificadas em Espectrômetro de Absorção Atômica. A determinação da produtividade da cultura foi realizada após a maturação fisiológica e ajuste dos teores de umidade. Os teores de K no solo para a primeira safra demonstraram que o tratamento testemunha foi superior ao tratamento com 2,5 e 5 ton para a camada superficial. O Ca apresentou maiores teores na primeira safra para o tratamento 4 em relação aos demais para as camadas 0-2,5 cm e 15-20 cm. Para a camada 2,5-5 cm o tratamento com 5 ton apresentou maiores valores de Ca em comparação com o tratamento controle. No segundo ano de cultivo o tratamento 5ton, apresentou maior concentração na camada de 2,5-5 cm em comparação com os demais, e a camada 15-20 cm o tratamento com 1,25 ton de gesso apresentou as menores quantidades de Ca em comparação com os tratamentos de 2,5 e 5 ton, já o tratamento testemunha (0 ton) apresentou maiores quantidades de Ca para a mesma camada de solo. Os teores de Mg diferiram para a segunda safra, que apresentou teores maiores na camada de 0-2,5 cm para o tratamento testemunha (0 ton) em comparação aos tratamentos de 2,5 ton e 5 ton $CaSO_4$. Em relação a produtividade da soja, houve um incremento na produção somente para a primeira safra e no tratamento de 1,25 ton ha^{-1} em relação aos demais tratamentos. A aplicação de gesso agrícola a 1,25 ton ha^{-1} trouxe maiores resultados para o rendimento da cultura durante o primeiro ciclo, e não demonstrou diferenças significativas para a percolação dos nutrientes em duas safras, para o presente solo.

Palavras-chave: percolação, *Glycine max*, CTC, produtividade, efeito residual.

ABSTRACT

The use of agricultural gypsum applied to the surface in soybean cultivation can assist in the leaching of cations (K^+ , Mg^{2+} , and Ca^{2+}) to deeper soil layers. The objective was to determine whether these cations are mobile in the soil and their influence on soybean yield. The field experiment was conducted in a randomized block design with four treatments and four replicates: 1) control (0 tons of gypsum ha^{-1}); 2) 1.25 tons of gypsum ha^{-1} ; 3) 2.5 tons of gypsum ha^{-1} ; and 4) 5.0 tons of gypsum ha^{-1} over two cropping seasons (22/23 and 23/24). In all treatments, potassium fertilization was applied to the surface in the form of KCl at a rate of 270 $kg\ ha^{-1}$. Phosphorus fertilization was provided in the form of triple superphosphate at a rate of 73 $kg\ ha^{-1}$ in the planting furrow. Potassium and phosphorus amounts were applied based on soil analysis and recommendations from the fertilization and liming manual of RS and SC, aiming for a yield of 5 tons. In soybean cultivation, yield and the quantities of K^+ , Mg^{2+} , and Ca^{2+} present in the soil were evaluated. The soil was stratified into layers of 0–2.5, 2.5–5, 5–10, 10–15, 15–20, and 20–40 cm depth to assess nutrient content. Nutrient levels were determined by analyzing soil samples extracted using Mehlich 1 and KCl $mol\ L^{-1}$ solutions, followed by quantification with Atomic Absorption Spectrometry. Yield was determined after physiological maturity, with adjustments made for moisture content. Soil K levels in the first season showed that the control treatment had higher values in the surface layer compared to the 2.5 and 5-ton treatments. Ca levels were higher in the first season for treatment 4 compared to the others in the 0–2.5 cm and 15–20 cm layers. In the 2.5–5 cm layer, the 5-ton treatment showed higher Ca levels than the control. In the second season, the 5-ton treatment had the highest concentration in the 2.5–5 cm layer, while in the 15–20 cm layer, the 1.25-ton treatment had the lowest Ca levels compared to the 2.5 and 5-ton treatments. The control treatment (0 tons) showed the highest Ca levels in the same soil layer. Mg levels differed in the second season, with higher values in the 0–2.5 cm layer for the control treatment (0 tons) compared to the 2.5 and 5-ton treatments. Regarding soybean yield, there was an increase in production only in the first season with the 1.25-ton ha^{-1} treatment compared to the others. Applying agricultural gypsum at 1.25 tons ha^{-1} resulted in better yield during the first cycle but did not show significant differences in nutrient leaching over the two seasons in the studied soil.

Keywords: percolation, Glycine max, CTC, productivity e residual effect.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	8
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1	CTC DO SOLO E A RETENÇÃO DE CÁTIOS	10
2.2	APLICAÇÃO DE POTÁSSIO NA SUPERFÍCIE DO SOLO	12
2.3	USO DO GESSO PARA MOVIMENTAÇÃO VERTICAL DE CÁTIOS NO SOLO	12
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1	CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	14
3.2	IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	14
3.3	AVALIAÇÕES E ANÁLISES	15
3.3.1	Quantificação e avaliação de potássio nas camadas do solo	15
3.3.2	Quantificação e avaliação de cálcio e magnésio nas camadas do solo.....	18
3.3.3	Avaliação de produtividade	18
3.4	DADOS CLIMÁTICOS	19
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	20
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1	TEORES DE POTÁSSIO NO SOLO.....	21
4.2	TEORES DE CÁLCIO NO SOLO.....	22
4.3	TEORES DE MAGNÉSIO NO SOLO.....	24
4.4	RENDIMENTO DA CULTURA	25
4.5	DISCUSSÃO GERAL SOBRE A APLICAÇÃO DO GESSO AGRÍCOLA	27
5.	CONCLUSÃO.....	29
	REFERÊNCIAS.....	30

1. INTRODUÇÃO

A área de soja (*Glycine max*) cultivada no Brasil no último ano foi de 40,9 milhões de hectares, sendo a produção nacional de 147,35 milhões de toneladas, com uma produtividade média de 3,25 ton ha⁻¹ (EMBRAPA, 2024). Dada a importância da cultura para a economia brasileira, diversas pesquisas têm sido realizadas com objetivo de aumentar a produtividade, reduzir custos e preservar o ambiente. Com o constante aumento do custo de produção de alimentos no Brasil, especialmente ligado aos fertilizantes, é necessário que se adotem medidas que visem melhorar o aproveitamento de nutrientes pelas culturas. Para que se tenha uma maior eficiência na aplicação dos fertilizantes, é fundamental realizar um bom acompanhamento e monitoramento da fertilidade do solo, com análises periódicas, de modo a fazer o uso racional e correto dos fertilizantes para a produção da soja (EMBRAPA, 2008).

A soja é uma cultura muito exigente quando se trata de macronutrientes. O fósforo (P) e potássio (K), de maneira geral, são fornecidos na forma de fertilizantes, podendo ser na forma mineral como na orgânica, enquanto que o nitrogênio exigido pela cultura é obtido a partir de associação biológica com as bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, que fornece grande parte do nitrogênio (N) à cultura (HUNGRIA *et al.*, 2001). Dentre os macronutrientes, o potássio é o segundo nutriente mais extraído pela cultura da soja, atuando principalmente na ativação de vários sistemas enzimáticos, muitos deles participantes no processo de fotossíntese da planta, na síntese de proteínas, carboidratos e da adenosina trifosfato (ATP), controlando a abertura e fechamento estomático, entre outras funções de importância para as culturas (ERNANI *et al.*, 2007).

A principal forma de absorção de K⁺ pelas plantas é via sistema radicular. O K⁺ se desloca no solo até o sistema radicular das plantas via mecanismo de difusão (NEVES *et al.*, 2009). Logo, a disponibilidade do potássio no solo é influenciada pelo local onde ele será aplicado, podendo estar ou não disponível para a planta em função da sua baixa mobilidade nos solos e eventuais perdas por lixiviação. O potássio é tradicionalmente aplicado em linha por ocasião da semeadura, próximo a semente. Contudo, em muitos casos, o fertilizante potássico vem sendo aplicado em superfície, antes ou depois da semeadura das plantas, com objetivo de ganho no rendimento operacional do plantio. Em solos com alta capacidade de troca de cátions (CTC), é incerto se o K⁺ aplicado em superfície irá percolar no perfil do solo e atingir o sistema radicular na mesma safra após a aplicação. Como o potássio no solo possui mobilidade reduzida, a adubação em superfície deve ser analisada com cuidado principalmente em solos de textura argilosa (VASCONCELOS, 2015), locais com baixa precipitação e com alta CTC.

A CTC dos solos é o principal componente que determina a mobilidade do potássio no solo. Em solos com alta CTC haverá menos K^+ na solução, de forma a não estar disponível para as plantas. Com a CTC do solo alta ocorrerá uma menor lixiviação do potássio e menor absorção pela planta, tendo esse K^+ armazenado no solo e não disponível para a cultura (WERLE *et al.*, 2008). Uma alternativa para melhorar a movimentação vertical do K^+ no solo é com a utilização de gesso agrícola. O gesso agrícola é um produto que para a agricultura oferece grandes benefícios, como o fornecimento de cálcio (Ca) e enxofre (S) para as plantas, além de poder minimizar a atividade do íon Al^{+3} em camadas subsuperficiais.

Ao aplicar gesso no solo não ocorre modificação no pH e na CTC do solo, o que leva a lixiviação de cátions no perfil de solo (ERNANI *et al.*, 2006). Além disso, o aumento da concentração de Ca^{+2} na solução pode levar ao deslocamento do K^+ da CTC para a solução do solo, seguido de movimentação descendente no solo e ao aumento de cálcio na solução do solo. Ernani *et al.*, (2006) verificaram que a lixiviação de Ca, Mg e K foi diretamente relacionada com a dose de gesso aplicada em sete solos distintos, embora a quantidade de K lixiviada tenha sido pequena. Com a mobilidade dos nutrientes até as camadas mais profundas do solo e a interação do alumínio tóxico com o ânion sulfato (SO_4^{-2}) do gesso agrícola forma o sulfato de alumínio ($AlSO_4$), sendo menos tóxico para a soja. As raízes da planta podem se desenvolver de forma mais eficiente no subsolo, aumentando a busca dos nutrientes e da água ali presentes, de forma a abranger uma maior área no solo e absorver em maiores quantidades os elementos tendo em vista aumentar a produção da cultura.

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar se a combinação da adubação potássica em superfície e o fornecimento de gesso agrícola pode auxiliar no deslocamento de cátions em profundidade no perfil de solo. Em outras palavras, avaliar se a aplicação de gesso favorece a percolação do K^+ no perfil de solo e o aumento nos níveis de Ca^{+2} e Mg trocável do solo em diferentes profundidades.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CTC DO SOLO E A RETENÇÃO DE CÁTIONS

As cargas do solo se originam a partir da substituição isomórfica e da deprotonação de grupamentos funcionais na matéria orgânica e superfície de óxidos e hidróxidos. A quantidade total de cargas originadas no solo é chamada de capacidade de troca de cátions (CTC). As principais partículas responsáveis pela manifestação destas cargas são as argilas minerais, substâncias húmicas e os óxidos de ferro e alumínio presentes no solo. Em razão do maior número de cargas negativas do que positivas dessas partículas, a adsorção é principalmente de cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , H^+ e Al^{3+}). No entanto, existem algumas partículas com cargas positivas que podem atrair ânions como óxidos de ferro e alumínio, o que é denominado capacidade de troca de ânions (CTA).

Se a CTC do solo está sendo ocupada por cátions essenciais como o cálcio, magnésio e o potássio, podemos dizer que esse solo é adequado para a nutrição das plantas. Por outro lado, se esse solo estiver com a CTC ocupada por cátions potencialmente tóxicos como hidrogênio e alumínio, consideramos que esse solo será pobre para a fertilidade das plantas (RONQUIM, 2010). Com o solo apresentando um baixo valor de CTC, indica que ele tem uma baixa capacidade de reter cátions na sua forma trocável, sendo assim não recomendado fazer adubações e calagens de uma só vez, para evitar perdas por lixiviação. Muitas condições do solo têm influência sobre a CTC do solo, dentre as quais podemos citar o pH, características dos cátions trocáveis, como a valência e raio hidratado, concentração da solução e natureza da fase sólida. Os cátions são atraídos eletrostaticamente às partículas de solo em razão deles possuírem cargas elétricas positivas como o K^+ , Ca^+ e Mg^+ enquanto que a fração a argila ou matéria orgânica apresentam em sua superfície cargas elétricas negativas.

O solo apresenta coloides, componentes da fração argila e da matéria orgânica que possuem cargas elétricas líquidas negativas. Os íons, de carga positiva, estão normalmente dissociados na solução do solo e tendem a permanecer na vizinhança desta superfície, atraídos pelo campo elétrico formado. As forças de difusão tendem a trazer estes cátions de volta à solução em equilíbrio, onde sua concentração é menor. Com a ação concomitante destas duas forças opostas, temos uma distribuição espacial de cátions na dupla camada difusa, na qual a concentração deles aumenta em direção à superfície, partindo de um valor igual àquele na solução para um valor maior, determinado, principalmente, pela magnitude da carga superficial (ALLEONI; DE CAMARGO, 1994).

O potássio no solo é representado por maior parte nas estruturas primárias e

secundárias dos minerais (K estrutural) e somente uma pequena fração de K^+ encontra-se disponível para as plantas, seja sendo ligado à CTC (K trocável) ou na solução do solo (K da solução). O potássio na forma trocável se encontra atraído eletrostaticamente às cargas negativas na superfície da fração orgânica e mineral do solo, sendo uma fonte de grande interesse para a nutrição vegetal, representando uma reserva imediata de K^+ para as plantas. A disponibilidade que esse potássio tem para as plantas é muito influenciada em relação ao pH, a CTC do solo e ao poder tampão de K^+ (PTK) que o solo apresenta, sendo este a capacidade que o solo apresenta em manter estável a concentração de K^+ na solução. Solos onde o pH se encontra em níveis inferiores a 5,5, revelam a presença de alumínio tóxico na sua composição, de forma a inibir o crescimento radicular das plantas. Com o desenvolvimento das raízes restritas em decorrência do Al^{+3} tóxico, a planta explorará menores volumes de solo do que plantas com raízes normais, conseqüentemente tendo menor a quantidade de K^+ disponível para a planta (ERNANI *et al.*, 2007).

Nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, segundo o manual de adubação e calagem (SILVA *et al.*, 2016) considera a CTC como um dos parâmetros para a recomendação do K^+ , sendo considerado adequados os valores de 45, 60 e 90 mg/dm³ de potássio disponível para os respectivos valores da CTC determinada a um pH de 7,0, inferiores a 5,0 entre 5,0 e 15,0 e superiores a 15,0 cmol/dm³. Isso indica que em solos com maior CTC é necessária maior quantidade de K^+ disponível para atender a demanda das plantas.

Os valores de cálcio e magnésio trocáveis são apresentados em três faixas de interpretação do seu teor no solo, sendo classificado como baixo, médio e alto, de forma que para o Ca^{+2} apresentam respectivamente os teores < 2,0; 2,0 - 4,0 e > 4,0 cmol/dm³ e para Mg de < 0,5; 0,5 - 1,0 e > 1 cmol/dm³. Para o desenvolvimento das culturas a quantidade considerada satisfatória se encontra na classe com o teor alto, onde suprirá a necessidade da cultura para se desenvolver, apesar de que algumas culturas com os teores dos respectivos nutrientes se encontrem em teores médios seja o suficiente para se ter um bom desempenho agrônômico (SILVA *et al.*, 2016).

A correção dos níveis de cálcio e magnésio no solo se dá pela aplicação de calcário ou gesso agrícola preferencialmente para o Ca, sendo calculado indiretamente pela saturação por bases, referente a quantidade do corretivo deve ser aplicado para a cultura, com ressalva em não aplicar se os teores de Ca forem superiores a 4,0 e Mg a 1 cmol/dm³ (SILVA *et al.*, 2016).

2.2 APLICAÇÃO DE POTÁSSIO NA SUPERFÍCIE DO SOLO

O método de aplicação de fertilizantes potássicos merece uma grande atenção em razão do elevado grau de salinidade do cloreto de potássio (KCl), o qual é a principal fonte de K utilizada na agricultura (MANTOVANI *et al.*, 2017). A aplicação de potássio na linha de semeadura deve ser feita a uma profundidade de 3 a 6 cm, sendo fornecido mais perto da semente e com uma taxa de concentração maior. Esse método de aplicação de potássio no solo pode ser prejudicial para a germinação das sementes ou ao desenvolvimento das plântulas em decorrência da sua alta salinidade. Já em áreas aonde é realizado o plantio direto, é comum realizar a aplicação do potássio em superfície, com o objetivo de melhorar o rendimento operacional.

Com a crescente adoção do sistema de plantio direto, sem a necessidade de revolver o solo, iniciou-se uma utilização de potássio superficial tanto para o suprimento da cultura implantada e também para diminuir as operações de preparo de solo. A mudança do sistema convencional para o plantio direto alterou a dinâmica do K^+ no solo em decorrência da capacidade de trocas de cátions (CTC) e pela ciclagem que o nutriente tem nos resíduos das culturas comerciais, de cultivos anteriores e pela cobertura de solo (NOVAIS *et al.*, 2007). As perdas pela lixiviação do potássio são diminuídas em decorrência da elevação da CTC e do pH do solo, devido as elevações da matéria orgânica do solo e da calagem superficial, de forma a aumentar a capacidade do solo em reter o K^+ trocável e modificar a sua distribuição na solução do solo.

Segundo Pazuch *et al.* (2017), que realizaram um trabalho sobre as diferentes formas de aplicação de adubação potássica nas culturas, não existe diferença entre as formas de aplicação de potássio, para os fatores de rendimento da cultura, sendo avaliado a aplicação do K em sulco de semeadura, a lanço e parcelado a lanço. Estudos com soja constataram que o adubo potássico aplicado a lanço antecipadamente ou por ocasião da semeadura, no sulco de semeadura ou 30 dias após a emergência das plantas não diferiram quanto à produtividade de grãos da cultura, nem mesmo quando utilizado o parcelamento, cabendo assim ao agricultor decidir a época que mais lhe convém (BERNARDI *et al.*, 2009).

2.3 USO DO GESSO PARA MOVIMENTAÇÃO VERTICAL DE CÁTIOS NO SOLO

O gesso agrícola é um importante insumo para a agricultura, sendo ele basicamente o sulfato de cálcio hidratado ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) (DIAS, 1992), fornecendo os nutrientes como cálcio e enxofre para o solo. Sendo um subproduto oriundo da produção de fertilizantes como

superfosfato triplo (SFT), fosfato monoamônico (MAP) e fosfato diamônico (DAP).

A ação do gesso agrícola nos solos irá depender muito do teor de matéria orgânica, da mineralogia da fração argila e o teor de argila presente no solo, sendo que em solos arenosos acontece uma maior movimentação do gesso que em solos argilosos (BRASIL, 2020). Ao aplicar gesso agrícola no solo com uma umidade ideal, ocorrerá um processo chamado de dissolução. Na solução do solo o íon de Ca^{2+} pode reagir com o complexo de troca de solo, onde ele irá mover cátions como Mg^{2+} , K^+ , H^+ e Al^{3+} até a solução do solo, os quais podem reagir com o SO_4^{2-} , formando por exemplo o AlSO_4^+ (GUEDES, 2017).

A aplicação de gesso agrícola pode proporcionar também a lixiviação do K^+ em alguns solos, ou seja, o potássio é movimentado verticalmente no perfil do solo. Esta movimentação pode ser realizada de duas maneiras: quando o K^+ é deslocado da CTC pelo Ca^{+2} ou quando o SO_4 forma par iônico eletricamente neutros com o K^+ . Porém, em alguns solos com a CTC alta, a adição de gesso não tem causado a lixiviação do K^+ mesmo ele sendo aplicado em doses altas (Novais, 2007). Entre algumas propriedades químicas que são relevantes para poder analisar o transporte do potássio através do perfil do solo é a distribuição do K trocável entre a solução o solo e a fase sólida. Essas relações de troca de cátions podem ser usadas para prever a mobilidade de cátions e perdas de lixiviação (JALALI; ROWELL, 2003).

A aplicação de grandes quantidades de gesso na camada superficial do solo, aumenta a concentração de Ca^{2+} em função do gesso agrícola ser composto em média de 19% do nutriente em sua composição, o que pode resultar em um desequilíbrio em relação aos demais cátions presentes no solo, especialmente Mg. Além da relação do SO_4 com o K esse íon pode se ligar com o Mg formando um par iônico MgSO_4 que se movimenta no perfil do solo e percola para camadas em maiores profundidades (BRASIL, 2020).

O gesso agrícola pode causar a neutralização do alumínio tóxico do subsolo também, em decorrência da mobilidade do SO_4 que o gesso proporciona ao longo do perfil e a ligação do mesmo com o Al, de forma a diminuir a toxidez do mesmo nas camadas mais profundas do solo em decorrência das elevadas quantidades desse elemento, preferencialmente em camadas mais profundas no solo (BRASIL, 2020), a onde a neutralização do alumínio não ocorrendo a mudança do pH do solo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS DO LOCAL

O presente trabalho foi realizado na área experimental da Universidade Federal de Santa Catarina – Campus de Curitiba, com suas coordenadas geográficas situadas a 27°16'55" S e 50°30'41" W e uma altitude média de 1000 metros, sendo conduzido esse experimento no período de outubro de 2022 a maio de 2024. Segundo Köppen, o clima da região é caracterizado como Cfb temperado, mesotérmico úmido e verão ameno, com precipitação média anual de 1.500-1.700 mm a temperatura média anual fica entre 16-17°C e umidade relativa do ar de 80-82% (EPAGRI, 2003). Possui um solo caracterizado como Cambisol Háplico típico de textura argilosa. O solo da área do experimento teve seus aspectos físicos e químicos determinados por análise de solo na área, sendo realizado nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm conforme demonstrados na tabela 1.

Tabela 1 – Atributos químicos e físicos do solo da Área Experimental Agropecuária Curitiba, 2022.

Camada cm	Argila %	pH H ₂ O	SMP	P --mg dm ³ --	K	Ca	Mg --cmol _c dm ³ --	CTC _{pH7}	MO	V %	Al
0 - 10	55	6,7	6,2	24,1	111,1	12,0	4,5	20,3	4,0	83	0,0
10 - 20	53	7,3	6,7	16,6	52,7	12,1	4,7	18,8	1,9	90	0,0

Legenda: P: fósforo disponível Mehlich 1; K: potássio disponível Mehlich 1; M.O: matéria orgânica; Ca: cálcio trocável por KCl 1 mol L⁻¹; Mg: magnésio trocável extraído por KCl 1 mol L⁻¹; CTC pH 7,0: capacidade de troca de cátions em pH 7,0; V: saturação de bases e Al: Alumínio trocável.

Fonte: Autor, 2024.

3.2 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido em condição de campo, em delineamento de blocos casualizados com 4 repetições, em parcelas de 2x3 m (6 m²). Os tratamentos avaliados consistiram em diferentes doses de gesso (0, 1,25, 2,5 e 5 t ha⁻¹), sendo a dose de 2,5 t ha⁻¹ recomendada segundo o manual de adubação e calagem e assim realizando os testes com meia dose e o dobro e associadas à adubação potássica em superfície.

A implementação do primeiro ano do experimento foi no dia 09/11/2022 semeada em plantio direto, com a soja da cultivar Soytech 580 x2i Xtend, com população de 178.000 plantas ha⁻¹ a uma profundidade de semeadura de 5 cm e espaçamento de 45cm junto de 73 kg de Super Fosfato Triplo (SFT) ha⁻¹, com a semeadura (Figura 1-A). O Gesso agrícola foi aplicado em

superfície somente no primeiro ano, e o cloreto de potássio (KCl) foi aplicado a uma quantidade de 270 kg de KCl ha⁻¹ junto a sementeira (Figura 1-B), sendo essas recomendações de adubação e gessagem realizadas a partir da análise de solo da área e recomendados seguindo a recomendação do Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Foi realizada a colheita da soja quando a mesma se encontrou em maturação fisiológica e a umidade entorno de 15%, ocorrendo no dia 25/04/2023.

Figura 1 – A- Plantio da soja; B-Aplicação do gesso Agrícola e do Potássio em superfície



Fonte: Autor, 2022.

O plantio do segundo ano foi realizado no dia 07/11/2023 o qual seguiu a mesma método de plantio e adubação de KCl e SFT do primeiro ano, e não realizando a aplicação do gesso agrícola, de forma a analisar o efeito residual deixado pela aplicação na primeira safra, sendo plantada a soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO. A colheita da soja foi realizada no dia 08/04/2024 com os mesmos parâmetros anteriores.

Os tratos culturais para a soja, tanto para controlar pragas, plantas daninhas e doenças ou outros fatores, seguiram as recomendações e necessidades da cultura conforme a indicação técnicas, sempre visando as boas práticas da cultura.

3.3 AVALIAÇÕES E ANÁLISES

3.3.1 Quantificação e avaliação de potássio nas camadas do solo

O potássio no solo foi analisado após a colheita da cultura de verão, sendo estratificado

o solo em camadas (0-2,5; 2,5-5; 5-10; 10-15; 15-20, 20-40cm) (Figura – 2-A), coletado e posto para secagem em casa de vegetação (Figura – 2-B). Após o solo seco, foi moído em um moinho de martelo, sendo peneirado logo em seguida para se obter uma amostra homogênea.

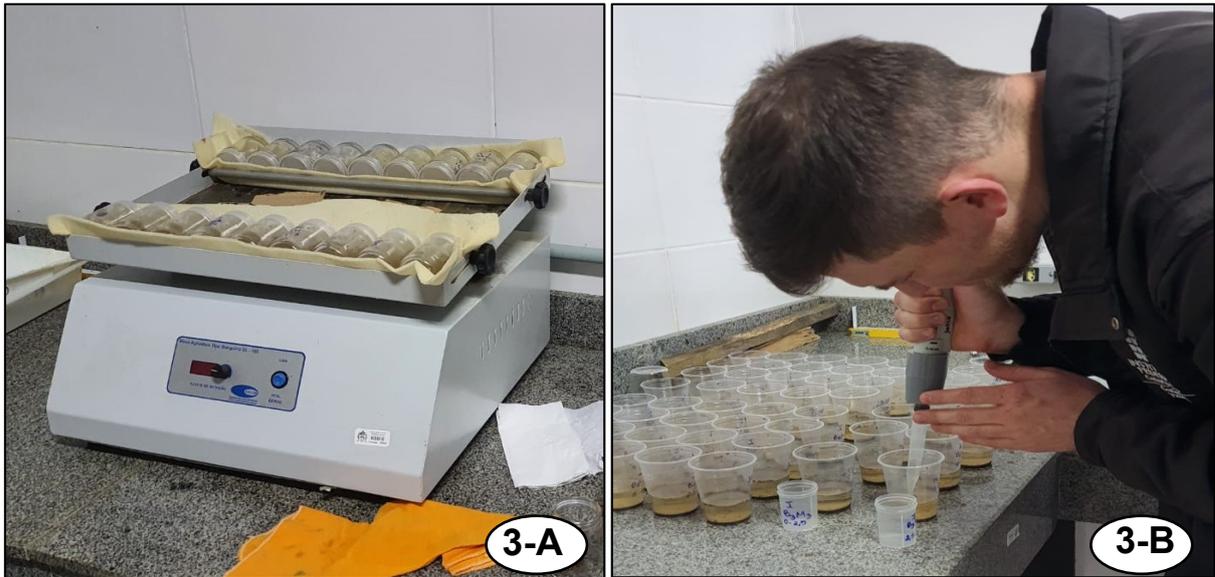
Figura 2 – A- Coleta de Solo; B-Separação do Solo e Secagem



Fonte: Autor, 2023.

Na quantificação do potássio presente, foi utilizado um volume de 5g de solo, sendo agitado em uma mesa agitadora do tipo gangorra, em uma solução de 50ml de Mehlich-1 para extração do K^+ disponível no solo, sendo agitado por 5 minutos (Figura – 3-A) e posteriormente decantação por 18 horas, de forma a coletar somente o sobrenadante da amostra (Figura – 3-B).

Figura 3 – A-Agitação do Solo; B-Pipetagem de Sobrenadante



Fonte: Autor, 2023.

Com o sobrenadante coletado foi realizada a diluição da amostra em dois diferentes processos em decorrência da concentração do elemento e faixa de leitura do equipamento. Posteriormente, as amostras foram analisadas em espectrômetro de absorção atômica, para analisar a concentração de K^+ presente na solução e assim determinar a quantidade do elemento que possui nos 5cm^3 de solo da amostra (Figura – 4).

Figura 4 – Espectrômetro de absorção atômica



Fonte: Autor, 2024.

3.3.2 Quantificação e avaliação de cálcio e magnésio nas camadas do solo

A quantificação do cálcio presente no solo do experimento foi realizada com o mesmo método de coleta e preparação do solo, sendo coletado, seco, triturado e homogeneizado da mesma forma para a análise de potássio. Após as amostras estarem prontas para a quantificação do Ca, foi utilizado a metodologia de Tedesco (1995), o qual utiliza 2,5 g de solo e 50 ml de KCl mol L^{-1} , em um recipiente chamado snap cap, para agitação em mesa agitadora orbital durante $\frac{1}{2}$ horas (Figura – 5) e posteriormente decantação por 16 h com o intuito de retirar somente o sobrenadante da amostra.

Para a realização da leitura da amostra de Ca foi utilizado o espectrômetro de absorção atômica, sendo necessário a diluição da amostra coletada no sobrenadante o qual utilizou 0,5 ml de extrato, 4 ml de água destilada e 4,5 ml de estrôncio (Sr) e posteriormente analisadas no equipamento, para avaliar a quantidade do elemento presente na amostra.

Figura 5 – Agitação do solo em mesa agitadora orbital.



Fonte: Autor, 2024.

A concentração de Mg na amostra de solo segundo a metodologia de Tedesco (1995) se dá pela utilização da amostra já diluída utilizada na quantificação do Ca de forma a usar 1 ml do extrato e mais 2 ml de água destilada para posterior leitura no espectrômetro e quantificação do elemento presente na amostra de 2,5 g de solo.

3.3.3 Avaliação de produtividade

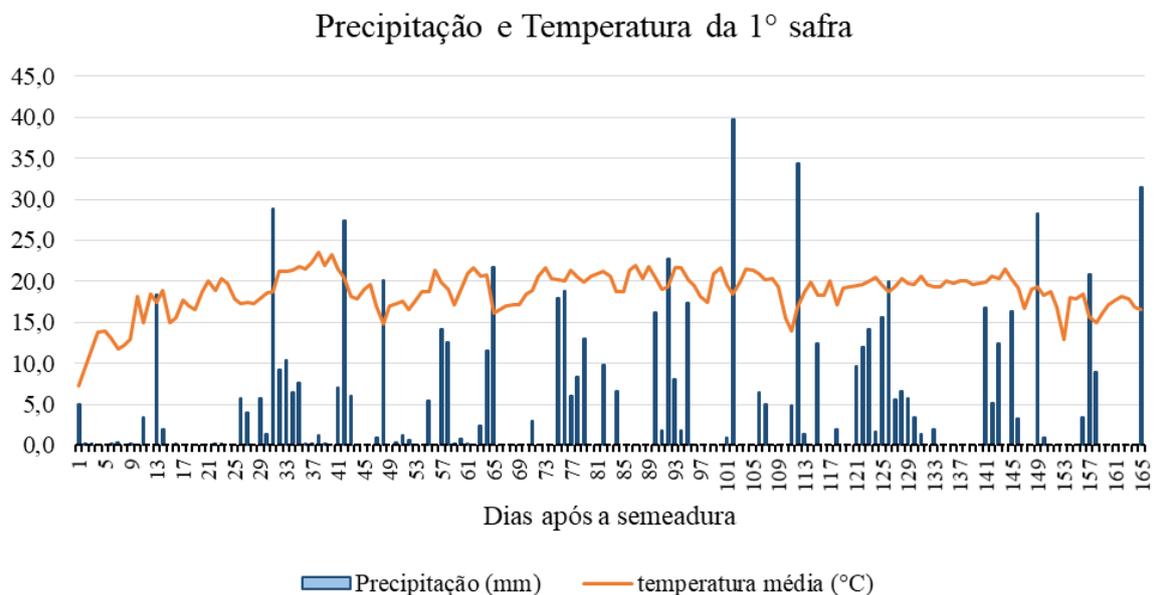
A produtividade da soja foi avaliada analisando o rendimento de grãos onde foi

coletado duas amostras de 0,5m na linha de plantio da mesma parcela, resultando na coleta de 1 metro linear na linha de plantio de cada parcela, foram debulhadas manualmente separando os grãos das vagens, sendo resultante os grãos limpos, pesados, secos em estufa de circulação de ar forçado a 65 °C e posteriormente ajustado a sua umidade a 13%, para transformar esses dados em $Mg\ ha^{-1}$.

3.4 DADOS CLIMÁTICOS

Os dados meteorológicos para a cidade de Curitibanos-SC possuem média histórica para o período da safra da cultura entre os meses de novembro a início de abril, sendo a precipitação acumulada de 620 mm a temperatura média para esse período de 19,4 °C (Wrege, 2012). A temperatura média durante o primeiro ciclo da cultura foi de 19,1 °C e sua precipitação acumulada de 749,2 mm (Figura – 6), ficando próximo à médias histórica da região.

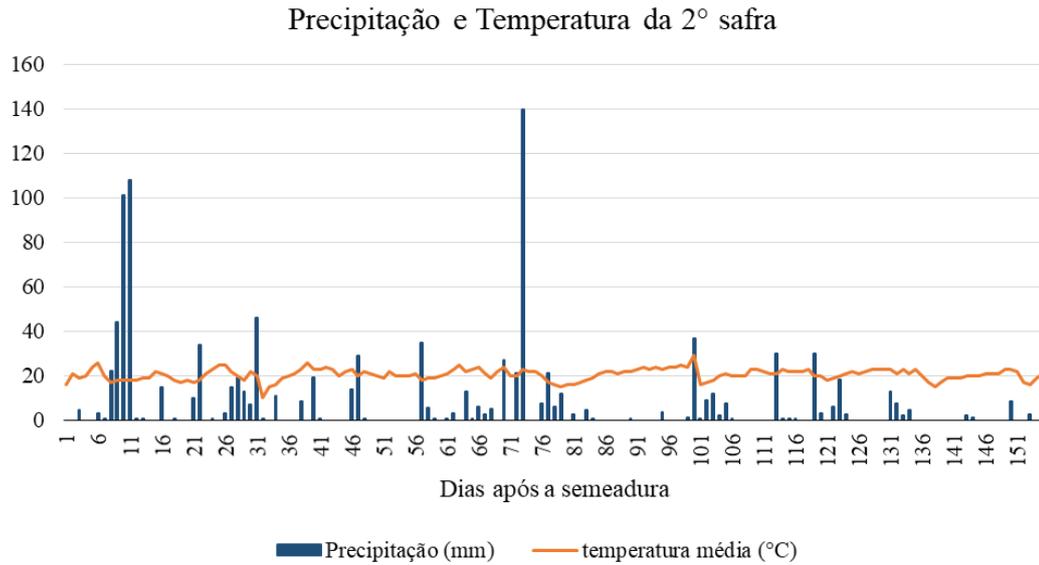
Figura 6 – Precipitação acumulada e Temperatura média do ciclo da soja na 1º safra



Fonte: Autor, 2024.

Para o segundo ano de cultivo da cultura da soja a temperatura ficou próximo à média histórica da região, com 20,6 °C. A precipitação ficou superior aos dados históricos com 1046,4mm de precipitação acumulada para a safra (Figura – 7), tendo um aumento em pluviosidade de 426,4 mm nesse período, ocorrendo os maiores picos nos meses de novembro de 2023 e janeiro de 2024.

Figura 7 – Precipitação acumulada e Temperatura média do ciclo da soja na 2º safra



Fonte: Autor, 2024.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos no presente experimento passaram pela análise de variância (ANOVA) para avaliar o efeito da aplicação do gesso agrícola. Para a realização da análise, foi utilizado o software Sisvar, o qual foi submetido às médias dos tratamentos e aplicado ao teste de Tukey a 5% de significância, para comparar os resultados nos diferentes tratamentos e camadas do mesmo tratamento.

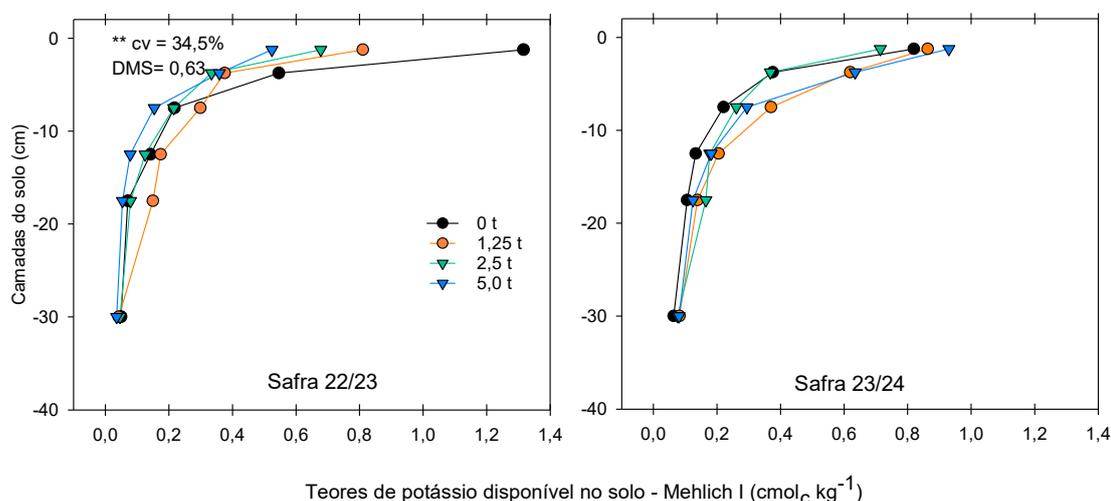
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TEORES DE POTÁSSIO NO SOLO

Os resultados deste experimento, que avaliou os teores de potássio no solo em diferentes camadas (0-2,5 cm; 2,5-5 cm; 5-10 cm; 10-15 cm; 15-20 cm; 20-40 cm) em função das doses de gesso agrícola aplicadas (0, 1,25, 2,5 e 5 t ha⁻¹), mostraram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos na camada de 0-2,5 cm no primeiro ano de cultivo, (Figura – 8). No entanto, não houve diferenças estatísticas nas demais camadas de solo, tanto no primeiro quanto no segundo ano de cultivo.

O tratamento testemunha (0 ton), sem a aplicação de gesso agrícola, apresentou a maior quantidade de potássio no primeiro ano para a camada de 0-2,5 cm, com 1,315 cmol_c kg⁻¹ de potássio, diferindo assim do tratamento com 2,5 e 5 ton de CaSO₄ (Figura – 8).

Figura 8 – Teores de K disponíveis no solo com aplicação superficial de Gesso Agrícola



** tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de significância

Fonte: Autor, 2024.

Como demonstrado no gráfico, as camadas superficiais do solo apresentaram maiores teores de K em sua superfície, isso ocorre em decorrência do método de aplicação do nutriente no plantio, sendo o mesmo aplicado superficialmente, onde se teve o objetivo de avaliar a mobilidade e dinâmica do nutriente no solo. Sendo aplicado 270 kg de KCl o equivalente a 162 kg de K₂O ha⁻¹.

Safra 22/23 | Safra 23/24

Analisando os dois anos de cultivo podemos observar que como a área vem sendo cultivada em sistema plantio direto, de forma a não ocorrer a incorporação dos restos vegetais

provenientes das culturas, safra a pós safra, a quantidade de K vai acumulando e possuindo maior quantidade na superfície que na subsuperfície. Outro fator que é responsável pela concentração do K é pelo método de aplicação do nutriente, o qual é realizado em cobertura ou podendo ser aplicado no sulco do plantio, assim concentrando o elemento nas camadas 0-2,5; 2,5-5 e 5-10 cm diferente das demais camadas que possuem menores teores de potássio.

Foi verificada a percolação do nutriente potássio no estudo de Rampim *et al.*, (2011), o qual constatou que obteve a movimentação do nutriente na camada de 0-10 cm após 12 meses da aplicação e da camada 10-20 cm após seis meses, no entanto, não apresentando diferença de acúmulo de K nas camadas de mais profundas do solo. Bartzen (2020), relatou em seu trabalho que a percolação do nutriente K pode-se tornar um processo lento na maioria dos solos em decorrência da fixação do K nas estruturas do solo e pelos altos valores da CTC presente, sendo mecanismos eficientes no armazenamento o qual dificulta a movimentação, e demonstrou no seu estudo com solos com alta CTC ($15,01 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) o nutriente não migrou para nenhuma das camadas avaliadas.

O solo do presente estudo apresentou CTC_{pH7} de 20,3 e 18,8 $\text{cmol}_c \text{ dm}_3$, para as camadas de 0-10 cm e 10-20 cm respectivamente, antes da implementação do experimento, sendo considerada como CTC alta segundo o manual de adubação e calagem e adubação do RS/SC estando na faixa de 15,1 – 30,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}_3$, e quanto maior se encontra a CTC do solo, maior a capacidade de reter os cátions como o K^+ , dessa forma não deixando percolar para camadas mais profundas do solo. A percolação do potássio em relação da aplicação do gesso pode levar mais safras para demonstrar resultados significativos.

4.2 TEORES DE CÁLCIO NO SOLO

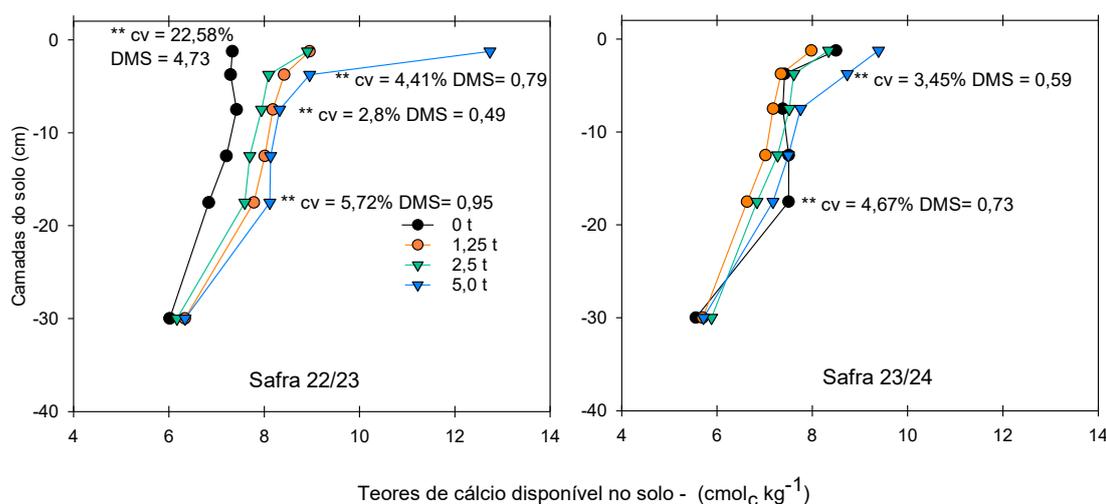
Os teores de cálcio presente no solo com a aplicação do gesso agrícola nos diferentes tratamentos para o 1º ano nas camadas de 10-15 cm e 20-40 cm não obtiveram diferença estatística entre eles. Para as camadas de 0-2,5 cm e 15-20 cm o tratamento com 5 ton de CaSO_4 apresentou maior quantidade de Ca a entre todos os demais tratamentos.

Para a camada de 2,5-5 cm o tratamento com 5 ton obteve maiores valores de cálcio em comparação ao tratamento testemunha sem a aplicação de gesso. Já o tratamento testemunha obteve diferença estatística para a camada de 5-10 cm de profundidade, demonstrando valores inferiores aos demais tratamentos para a quantidade de Ca presente disponível no solo (Figura – 9).

No segundo ano, em que não foi realizada a aplicação de gesso agrícola, sendo analisado o efeito residual da aplicação realizada no primeiro cultivo, demonstrou-se que a camada de 2,5 a 5 cm apresentou maior concentração de Ca no tratamento com 5 toneladas de gesso agrícola, em comparação com os demais tratamentos a 5% de diferença estatística.

Quando avaliamos a camada de 15-20 cm o tratamento com 1,25 ton de gesso apresentou as menores quantidades de Ca em comparação com os tratamentos de 2,5 e 5 ton, já o tratamento testemunha (0 ton) apresentou maiores quantidades de Ca para a mesma camada de solo. E não obtendo diferença estatística nas demais camadas e tratamentos (Figura – 9).

Figura 9 – Teores de Ca disponível no solo com aplicação superficial de Gesso Agrícola



** tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de significância

Fonte: Autor, 2024.

O solo apresentou maiores quantidades de cálcio nas camadas superficiais com a aplicação do gesso agrícola, o qual em sua composição química apresenta CaSO_4 sendo 19% de cálcio, isso equivale a 237,5, 475 e 950 kg de Ca ha^{-1} para os tratamentos de 1,25, 2,5 e 5 ton, respectivamente. Dessa forma, aumentando as quantidades do elemento nas camadas superficiais e diminuindo conforme aumenta a profundidade.

Segundo Basso *et al.*, (2015) a concentração de Ca no perfil de solo foram maiores para todos os tratamentos com a aplicação de gesso agrícola em relação ao testemunha, preservando o gradiente descendente dos nutrientes, observando incrementos significativos até a profundidade de 10 cm comparando com o tratamento testemunha, tendo as maiores quantidades de cálcio no tratamento com 6 ton de gesso.

De acordo com Moraes e Barboza, (2022) a aplicação de gesso agrícola em todos os

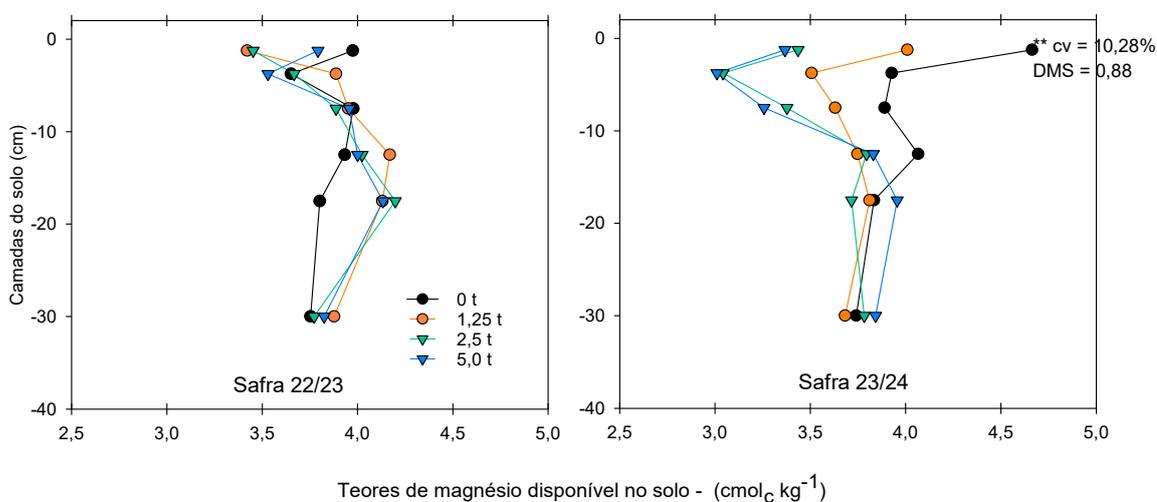
tratamentos aumentaram de 17% a 43% a quantidade de cálcio presente no solo para a camada de 0-10 cm comparado aos teores obtidos antes da implementação do experimento, em relação ao fornecimento direto do cálcio pelo gesso agrícola na superfície do solo.

A aplicação de gesso agrícola deve levar em conta a quantidade de cálcio presente no solo, para que não ocorra um grande aumento do Ca e induzir a deficiência nutricional do Mg, em função da não aplicação do nutriente e podendo induzir a deficiência para a cultura, a qual pode ser atribuída pela competição do Ca^{2+} e Mg^{2+} pelas cargas negativas do solo, de maneira que o cálcio possui preferência pelos sítios de troca (Pauletti *et al.*, 2014).

4.3 TEORES DE MAGNÉSIO NO SOLO

Os teores de magnésio presente no solo para o primeiro ano não demonstraram diferença estatística em relação à aplicação do gesso agrícola em diferentes concentrações. O segundo ano de condução do experimento, possuindo a ação residual do gesso da safra anterior, demonstrou diferença para o tratamento testemunha (0 ton) em comparação aos tratamentos de 2,5 ton e 5 ton de CaSO_4 , a onde o mesmo apresentou teores maiores de Mg no solo para a camada de 0-2,5cm (Figura – 10).

Figura 10 – Teores de Mg disponíveis no solo com aplicação superficial de Gesso Agrícola.



** tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de significância

Fonte: Autor,2024.

Como demonstrado no trabalho de Rampim *et al.*, (2011) o uso do gesso agrícola proporcionou a redução do Mg nas camadas superficiais do solo, e conforme maior dose de gesso aplicado no solo menor a quantidade de Mg disponível na solução, isso ocorrendo pela formação do par iônico MgSO_4 que tende a percolar para camadas subsuperficiais do solo. A

adição de grandes doses de gesso agrícola pode ocasionar eventuais deficiências do Mg nas camadas superficiais do solo, principalmente na camada 0-10 cm.

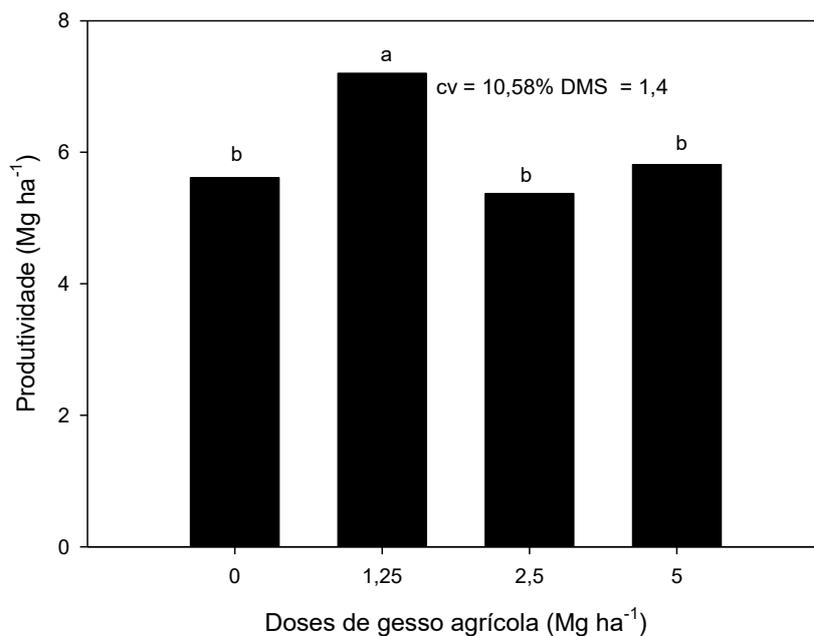
Segundo Maschietto (2009) a aplicação do gesso agrícola influenciou na quantidade de Mg trocável na camada de 0-0,10 cm após 9 meses e para 0-0,10 e 0,10-0,20 cm para 18 e 30 meses após a aplicação do gesso, reduzindo a quantidade do nutriente nas camadas mais superficiais e lixiviando para a camada de 0,40-0,60 cm, demonstrando que as doses de gesso agrícola proporcionaram a movimentação do Mg trocável no perfil do solo ao longo do tempo.

A lixiviação do Mg no solo com a aplicação do gesso agrícola em superfície é facilitada pela formação do par iônico o qual foi observado em diversos estudos, e para aplicações de doses elevadas de gesso, para mitigar a redução da quantidade do nutriente no solo, pode ser associado a aplicação do calcário dolomítico que em sua composição apresenta Ca e Mg assim realizando uma correta relação de Ca/Mg o qual foi demonstrada no estudo de Salvador *et al.*, (2011) que melhor supriu as necessidades da cultura e teve um melhor balanço nutricional, foi a relação 3:1, mas se atentando as quantidades mínimas de cada nutriente.

4.4 RENDIMENTO DA CULTURA

Na análise de produtividade da cultura da soja para o primeiro ano de cultivo, apresentou diferença entre os tratamentos, sendo que a área em que foi aplicado 1,25 ton de gesso apresentou uma maior produção comparada com os demais tratamentos. O tratamento com a aplicação de 1,25 ton de gesso agrícola teve um incremento de aproximadamente 29% a mais que a média dos demais tratamentos (0; 2,5 e 5 ton) (Figura – 11).

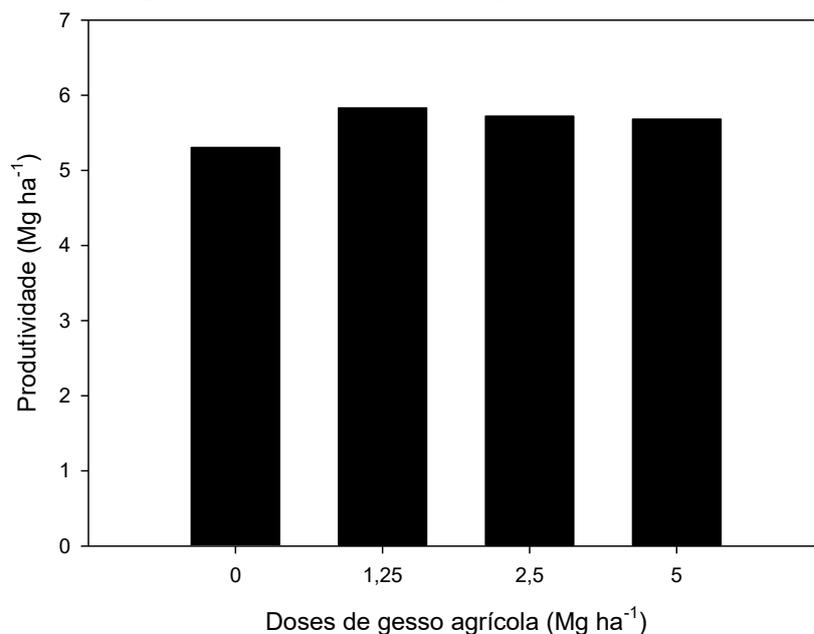
Figura 11 – Rendimento da soja na safra 2022/23.



Fonte: Autor, 2024.

Para o segundo ano de cultivo da soja, com o efeito residual do gesso agrícola no solo não demonstrou nenhuma diferença estatística entre os tratamentos (Figura – 12).

Figura 12 – Rendimento da soja na safra 2023/24.



Fonte: Autor, 2024.

As médias de produtividade de soja no experimento se encontram acima da média brasileira, principalmente para o primeiro ano de cultivo, sendo a média para a safra 2022/23 de 4,1 ton/ha (CONAB 2023) e para a safra de 2023/24 de 3,2 ton/ha (EMBRAPA 2024).

Resultado encontrado no estudo de Bartzen *et al.*, (2020), para um Latossolo Vermelho Eutroférico, clima Cfa, sem nenhum fator químico limitante no solo e possuindo CTC de 15 e 12 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, para as camadas de 0-20 e 20-40 cm respectivamente, apresentou dados de produtividade para a safra de 2018/2019 sem diferença estatística entre as diferentes doses de Gesso, mas demonstrou um acréscimo de 6,66% na produtividade no tratamento com a aplicação de 2,4 ton de gesso em comparação com o tratamento testemunha. O tratamento com 2,4 ton/ha de gesso agrícola produziu 3,66 ton/ha. Segundo o autor, conclui-se que a não diferença estatística para a produtividade entre os tratamentos, foi afetada pela qualidade boa do solo em relação aos seus nutrientes e por não ter alumínio tóxico presente nas camadas subsuperficiais do solo. Isso corrobora com o presente estudo.

Resultados diferentes foram encontrados no trabalho de Ascari e Mendes (2017), onde analisaram o desenvolvimento agrônomico e produtivo da soja sobre diferentes doses de gesso agrícola na safra de 2014/2015. Os rendimentos da soja ficaram entre 0,98 ton/ha para o tratamento testemunha e 3,42 ton/ha para o melhor tratamento com 2 ton/ha de gesso agrícola, observando incrementos de cerca de 250%, esse acréscimo de produção está ligada a saturação de alumínio presente no solo, estando acima de 20%, de forma ao SO_4^{-2} presente no gesso se liga ao Al e forma AlSO_4^+ , não sendo tóxico para a cultura.

Tal diferença não é tão expressiva no presente trabalho em função de não se ter alumínio tóxico no solo e pelos níveis dos nutrientes não serem limitantes para o desenvolvimento da cultura. A precipitação durante os dois anos de cultivo (Figuras – 6 e 7) foi adequada para e uniforme durante o ciclo da cultura, não se tornando um fator limitante na produção e necessidade da planta em aumentar o sistema radicular em busca de nutrientes e água.

4.5 DISCUSSÃO GERAL SOBRE A APLICAÇÃO DO GESSO AGRÍCOLA

A aplicação de gesso agrícola em superfície na cultura da soja, demonstrando, segundo o presente trabalho, que se realizada na dose correta segundo a recomendação para cada solo e de forma eficiente, trará benefícios à estrutura química do solo e à produtividade da cultura. Com a aplicação do gesso, as cargas iônicas que estavam ligadas na estrutura do solo, como o íon K^+ acabam se desprendendo dessas CTC em decorrência da ligação com o Ca^{2+} e ficando disponível na solução do solo para ser absorvida em função da necessidade da cultura.

O potássio pode se ligar com o SO_4 que está presente na solução do solo proveniente da aplicação do gesso agrícola e acabar formando um par iônico eletricamente neutro e percolar

para camadas mais profundas do solo, como demonstrado um acréscimo de K na camada de 5-10 cm para todos os tratamentos em comparação do testemunha sem a aplicação do gesso agrícola, mas não diferindo estatisticamente. Essa percolação do nutriente traz benefícios em função de diminuir a concentração do K na camada superficial, que ocorre em função do plantio direto por não haver o revolvimento da palhada no solo e a forma de aplicação do K.

A quantidade de Ca no solo teve um acréscimo no primeiro ano, principalmente para a aplicação de 5 ton de gesso agrícola para a camada de 0 – 2,5 cm, sendo ocasionado pela aplicação do gesso agrícola a lanço na superfície do solo, assim adicionando o cálcio que está presente em sua composição os tratamentos com menores doses, também tiveram um acréscimo na quantidade em relação a não aplicação do gesso. No segundo ano de cultivo, com a ação residual do gesso agrícola, não demonstrou grande diferença igual a primeira safra, isso podendo ter sido ocasionado pela ligação do Ca^{2+} às cargas negativas do solo e não ficando disponível na solução do solo.

O magnésio no solo se comporta parecido com o potássio, o qual se liga com o SO_4 presente no gesso agrícola e formando um parte iônico, podendo percolar nas camadas do solo e reduzindo sua concentração nas camadas superficiais. Quando aplicado gesso agrícola, deve-se antes analisar a quantidade de Ca e Mg disponível no solo para não haver um desbalanceamento na relação dos nutrientes, de forma a não haver deficiência dos mesmos. Sendo que, analisando os dados do primeiro ano percebe-se (figura – 10) que há uma diminuição do Mg na camada superficial e um aumento em camadas mais profundas no solo, mesmo não apresentando diferença estatística.

5. CONCLUSÃO

A aplicação de gesso agrícola na cultura da soja resultou em maiores teores de K para o tratamento testemunha em superfície (camada 0 – 2,5 cm) para o primeiro ano de cultivo. O Ca apresentou maiores valores em função da maior dose na camada 0-2,5 cm, e menores quantidades no tratamento sem a aplicação na camada 5-10 cm no primeiro ano de cultivo. Para a segunda safra, o Ca obteve maiores valores no tratamento testemunha na camada de 15-20 cm.

O teor de Mg presente no solo no primeiro ano de cultivo não demonstrou diferença para nenhuma camada de solo. A segunda safra de soja apresentou diferença nos teores de Mg no solo, possuindo maiores valores para o tratamento testemunha sem a aplicação de gesso.

A produtividade da soja foi afetada positivamente pela aplicação de 1,25 ton ha⁻¹ do gesso agrícola, com incremento na produção de 29%, em relação à média dos demais tratamentos para o primeiro ano de cultivo. Para o segundo ano, com a ação residual do gesso agrícola no cultivo da soja, a produtividade não apresentou diferença entre os tratamentos.

REFERÊNCIAS

- ALLEONI, L. R. F.; DE CAMARGO, O. A. Modelos de dupla camada difusa de Gouy-Chapman e Stern aplicados a Latossolos ácidos paulistas. **Scientia Agricola**, v. 51, p. 315-320, 1994.
- BARTZEN, Bruna Thaina. **ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO APÓS A APLICAÇÃO DE DOSES DE GESSO AGRÍCOLA E O RENDIMENTO DO TRIGO E SOJA EM SUCESSÃO**. 2020. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2020. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/4818>. Acesso em: 20 out. 2024.
- BARTZEN, Bruna Thaina *et al.* Resposta do trigo e soja após a aplicação de doses de gesso agrícola. **Acta Iguazu**, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 113-123, 16 nov. 2020. Universidade Estadual do Oeste do Parana - UNIOESTE. <http://dx.doi.org/10.48075/actaiguazu.v9i3.24834>. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/24834/16462>. Acesso em: 19 out. 2024.
- BASSO, Claudir José *et al.* Intervenção mecânica e gesso agrícola para mitigar o gradiente vertical de cátions sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S.L.], v. 45, n. 4, p. 456-463, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632015v45i37764>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/pH4wr5pHQ68HzYdkDSykCsp/>. Acesso em: 18 out. 2024.
- BERNARDI, A. C. de C. et al. Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 158-167, 2009.
- BRASIL, Edilson Carvalho (Brasil). Embrapa Amazônia Oriental. **Uso de gesso na agricultura**. 11. ed. Amazonia: Embrapa, 2020. 13 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1127247/uso-de-gesso-na-agricultura>. Acesso em: 27 mar. 2023
- CONAB. **Com novo recorde, produção de grãos na safra 2022/23 chega a 322,8 milhões de toneladas**. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5157-com-novo-recorde-producao-de-graos-na-safra-2022-23-chega-a-322-8-milhoes-de-toneladas#:~:text=Diante%20do%20cen%C3%A1rio%20favor%C3%A1vel%2C%20a,j%C3%A1%20registrada%20na%20s%C3%A9rie%20hist%C3%B3rica..> Acesso em: 10 out. 2024.
- DIAS, Luiz Eduardo. **Uso de gesso como insumo agrícola**. 1992. 7. ed. Seropédica / RJ: Cnpbs, 92. 6 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/623368/1/cot007.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2023.
- EMBRAPA. **Soja em números (safra 2023/24)**. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 10 out. 2024.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **ISSN 1516-781X: Soja no Brasil: Calagem, adubação e Nutrição mineral**. 305 ed. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 75 p.

Disponível em: <file:///C:/Users/User/Desktop/ufsc/TCC/2008-Documentos.n.305-11.05.2011-OK.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **ISSN 2176-2902:** TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA. 17 ed. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 348 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223209/1/SP-17-2020-online-1.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2023

ERNANI, Paulo Roberto; ALMEIDA, Jaime Antônio de; SANTOS, Flávia Cristina dos. Potássio. In: NOVAIS, Roberto Ferreira; V., Víctor Hugo Alvarez; BARROS, Nairam Félix de; FORTES, Renildes Lúcio F.; CANTARUTTI, Reinaldo Bertola; NEVES, Júlio César Lima (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa - Minas Gerais: Sociedade Brasileira do Solo, 2007. Cap. 9. p. 551-589.

ERNANI, Paulo R.; MIQUELLUTI, David J.; FONTOURA, Sandra M. V.; KAMINSKI, João; ALMEIDA, Jaime A.. Downward Movement of Soil Cations in Highly Weathered Soils Caused by Addition of Gypsum. **Communications In Soil Science And Plant Analysis**, [S.L.], v. 37, n. 3-4, p. 571-586, mar. 2006. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00103620500449443>. Acesso em: 10 mar. 2023.

GUEDES JÚNIOR, Francisco de Assis. **GESSO AGRÍCOLA: EFEITOS NO CRESCIMENTO RADICULAR E NO RENDIMENTO DE GRÃOS DA SOJA**. 2017. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação Stricto Sensu, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017. Disponível em: https://www5.unioeste.br/portalunioeste/arq/files/PPGEA/Dissertacao_Francisco_Guedes_Junior.pdf. Acesso em: 27 mar. 2023.

HUNGRIA, Mariangela; CAMPO, Rubens José; MENDES, I. de C. Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. 2001.

JALALI, M.; ROWELL, D. L.. THE ROLE OF CALCITE AND GYPSUM IN THE LEACHING OF POTASSIUM IN A SANDY SOIL. **Experimental Agriculture**, [S.L.], v. 39, n. 4, p. 379-394, 29 set. 2003. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s001447970300139x>

MORAES, W.D *et al.* **O USO DE GESSO AGRICOLA NO PROCESSO DE LIXIVIAÇÃO DE NUTRIENTES EM DIFERENTES COBERTURAS DE SOLO**. 2022. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Centro Universitário Campo Real, Guarapuava, 2022.

MANTOVANI, A.; RIBEIRO, F. J.; VEIGA, M.; ZILIO, M.; FELICIO, T. P. Métodos de aplicação de potássio na soja em nitossolo vermelho. **Unoesc & Ciência - ACBS**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 169–176, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/acbs/article/view/12662>. Acesso em: 14 abr. 2023.

NEVES, Lisiane Silva das; ERNANI, Paulo Roberto; SIMONETE, Márcia Aparecida. Mobilidade de potássio em solos decorrente da adição de doses de cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 33, n. 1, p. 25-32, fev. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832009000100003>

NOVAIS, Roberto Ferreira *et al.* **Fertilidade do solo**. Viçosa / Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

PAULETTI, Volnei *et al.* Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 38, n. 2, p. 495-505, abr. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832014000200014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/w6NzxQcRXdhpVNgwnBbrq5B/>. Acesso em: 20 out. 2024.

PAZUCH, A.; CIESCA, D. F.; JUNKES, E. dos S.; KLEIN, C.; BERWANGER, A. L. ESTÁDIOS DE APLICAÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA E VIABILIDADE ECONÔMICA NA CULTURA DA SOJA. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste**, [S. l.], v. 2, p. e15389, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/apeusmo/article/view/15389>. Acesso em: 14 abr. 2023.

RAMPIM, Leandro *et al.* Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 35, n. 5, p. 1687-1698, out. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832011000500023>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/99mzVzxQLFDLd5cMGC9V5Mb/>. Acesso em: 20 out. 2024.

RONQUIM, Carlos Cesar (Sao Paulo). Embrapa Monitoramento Por Satélite. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. 8. ed. Campinas: Embrapa, 2010. 30 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31004/1/BPD-8.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2023.

SALVADOR, Jetro Turan *et al.* Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 27, 15 jan. 2011. Pontificia Universidade Católica do Parana - PUCPR. <http://dx.doi.org/10.7213/cienciaanimal.v9i1.11060>. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/cienciaanimal/article/view/11060>. Acesso em: 11 out. 2024.

SILVA, : Leandro Souza da *et al.* **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Núcleo Regional Sul - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. 376 p.

TEDESCO, Marino José; GIANELLO, Clesio; BISSANI, Carlos Alberto; BOHNEN, Humberto; VOLKWEISS, Sérgio Jorge. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: ver. e amp., 1995. 174 p.

VASCONCELLOS, C. A. Produtividade em alta. *Revista Cultivar*, 2015. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/artigos/produtividade-em-alta>. Acesso em: 28 mar. 2023.

WERLE, Rodrigo; GARCIA, Rodrigo Arroyo; ROSOLEM, Ciro Antonio. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 32, n. 6, p. 2297-2305, dez. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832008000600009>.

WREGGE, Marcos S.; STEINMETZ, Silvio; REISSER JÚNIOR, Carlos; ALMEIDA, Ivan Rodrigues. Atlas climático da região sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2012., 2012.