

Resposta das culturas de milho e soja à aplicação de gesso com calcário em sistema de plantio direto

Alder Delosantos Duarte Monzon^{1*}; Jimmy Walter Rasche Álvarez¹; Eugenio Gonzalez Caceres¹; Diego Augusto Fatecha Fois¹; Carlos Andrés Leguizamón Rojas¹; Derlis Enciso Santacruz¹

1 Área de Solos e Ordenamento do Território. Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Nacional de Assunção. San Lorenzo, Central, Paraguai.

* aduartemonzon@gmail.com

Resumo: A região leste do Paraguai é caracterizada pela predominância de solos com altos níveis de acidez, que limitam o desenvolvimento das plantas, levando a uma baixa produtividade. O objetivo desta pesquisa é avaliar a produção de milho-soja em sucessão por meio da aplicação de gesso e calcário. O experimento foi realizado no Departamento de San Pedro, Paraguai. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos aleatórios, dispostos em parcelas divididas, em quatro blocos. O fator A correspondeu ao calcário, com e sem aplicação (0 e 2.000 kg ha⁻¹), o fator B às doses de gesso agrícola (0, 150, 300, 450 e 600 kg ha⁻¹). Cada unidade experimental tinha uma área de 36 m², com uma área total utilizada de 1.440 m². O milho foi semeado em março de 2018 e a soja em novembro de 2018. No milho, foram avaliados altura da planta, altura de inserção da espiga, número de folhas por planta, diâmetro do caule, comprimento e diâmetro das espigas, peso de mil grãos, peso hectolitro e produtividade de grãos. Em soja, altura de planta, número de vagens por planta, peso de mil grãos, peso hectolitro e produtividade de grãos. Os parâmetros de crescimento e os componentes de produtividade do milho e da soja não foram influenciados pela aplicação de gesso agrícola e calcário, exceto na altura da planta de soja, onde houve aumento de 7,47 cm com a aplicação de calcário.

Palavras chave: sulfato de cálcio, carbonato de cálcio, solo arenoso.

Response of corn and soybean cultivation to the application of plaster with agricultural lime under direct sowing system

Abstract: The eastern region of Paraguay is characterized by the predominance of soils with high levels of acidity, which limit plant development, leading to low productivity. The objective of this research is to evaluate corn-soybean production in succession through the application of gypsum and agricultural lime. The experiment was conducted in the Department of San Pedro, Paraguay. The experimental design used was a randomized complete block design, arranged in divided plots, in four blocks. Factor A corresponded to limestone, with and without application (0 and 2,000 kg ha⁻¹), factor B to the doses of agricultural gypsum (0, 150, 300, 450 and 600 kg ha⁻¹). Each experimental unit had an area of 36 m², with a total area used of 1,440 m². Corn was sown in March 2018 and soybean in November 2018. In corn, plant height, ear insertion height, number of leaves per plant, stem diameter, cob length and diameter, thousand-grain weight, hectoliter weight, and grain yield were evaluated. In soybean, plant height, number of pods per plant, thousand grain weight, hectoliters weight and grain yield. The growth parameters and yield components of corn and soybean were not influenced by the application of agricultural gypsum and limestone, except in the height of the soybean plant, where there was an increase of 7.47 cm with the application of limestone.

Key words: calcium sulfate, calcium carbonate, sandy soil.

Introdução

A agricultura mecanizada é um dos principais motores da economia paraguaia, baseada na sucessão de cultivos extensivos constituídos por soja, milho e trigo, produzidos sob um sistema conservacionista (plantio direto). A Região Oriental do Paraguai apresenta uma predominância de solos com altos níveis de acidez, toxicidade de alumínio e baixa disponibilidade de nutrientes que limitam o crescimento das culturas, levando a baixa produtividade (BATAGLIA, 2011; ARCE, 2017). A aplicação de calcário é uma prática utilizada para neutralizar a acidez do solo, reduzir a atividade de elementos tóxicos, fornecer cálcio e magnésio ao solo, aumentar a disponibilidade de nutrientes.

O corretivo mais utilizado para neutralizar o Al^{+3} tóxico em camadas superficiais é o calcário, além de fornecer cálcio e magnésio para as plantas (ALCARDE E RODELLA, 2003; ZAMBROSI *et al.*, 2007; PÁDUA *et al.*, 2008), aumenta a saturação de bases, proporcionando condições favoráveis para o crescimento do sistema radicular e absorção de água e nutrientes pelas plantas, aumentando a possibilidade de melhor produção das culturas (MIRANDA E MIRANDA, 2000; MELO *et al.*, 2011; ZANDONÁ *et al.*, 2015).

A correção da acidez em solos manejados no sistema de plantio direto é realizada por meio da aplicação de calcário na superfície, sem incorporação, com dose reduzida (NORA *et al.*, 2013), caracterizada por produzir efeitos sobre o solo apenas na primeira camada devido à sua baixa solubilidade em água ($0,0014 \text{ g } 100 \text{ mL}^{-1}$) e baixa mobilidade (CQFS-RS/SC 2016) (RAMPIM *et al.*, 2011), a camada subsuperficial não é corrigida, causando um baixo teor de Ca^{+2} , e alto teor de Al^{+3} tóxico, que influenciam na absorção de água e nutrientes pelo sistema radicular e conseqüentemente no desenvolvimento normal das plantas, principalmente em condições de deficiência hídrica (ZANDONÁ *et al.*, 2015).

Nesse sentido, Caires *et al.* (2003), recomendam a aplicação de gesso, a fim de reduzir a atividade tóxica do alumínio e aumentar a concentração de cálcio na camada subsuperficial, através da qual serão melhoradas as condições do solo para um melhor desenvolvimento do sistema radicular das plantas. O gesso é comercializado não apenas como fertilizante, mas também como condicionador de solo, pois é um sal altamente solúvel que aumenta rapidamente o teor de Ca e sulfato na camada subsuperficial do solo.

O gesso agrícola tem alta mobilidade devido à sua maior solubilidade em relação ao calcário, para o qual é translocado em camadas subsuperficiais do perfil do solo por percolação de água, aumentando a concentração de cálcio trocável e reduzindo a atividade tóxica do alumínio, o que se traduz em uma melhor condição para o desenvolvimento do sistema

radicular, com maior exploração do perfil e maior absorção de água e nutrientes pelas plantas (CAIRES *et al.*, 2006).

O gesso é um subproduto da indústria do ácido fosfórico que contém principalmente Ca (20%) e S (15-18 %) e em pequenas concentrações de P (0,5-0,8 %) e F (CAIRES *et al.*, 2004), origina da reação do ácido sulfúrico com a rocha fosfática (Apatita). A redução da acidez do solo na camada subsuperficial pela aplicação de gesso tem sido demonstrada em diversos trabalhos (CAIRES *et al.*, 2004; PAULETTI *et al.*, 2014).

Ao aplicar gesso Zandoná *et al.* (2015), observaram aumento na produtividade de grãos de milho e soja, respondendo até uma dose de 2 t ha⁻¹, com aumento de 9,2 % no milho e de 11,4 para 11,3% com e sem calcário na soja respectivamente, mesmo em condições de déficit hídrico. Por sua vez, Caires *et al.* (2004), avaliando a produção de milho submetida à aplicação de calcário, obteve aumentos de 13%, por outro lado, com a aplicação de gesso, a produção de milho aumentou 5%, obtida com a maior dose (9 t ha⁻¹) deste composto, porém, ao combinar os dois corretivos citados, obteve-se um aumento de 17 %, mostrando-se uma estratégia eficiente para maximizar o rendimento de grãos. No entanto, Caires *et al.* (2003), com a aplicação conjunta de calcário com gesso sob SSD, não observaram influência na produção de grãos de soja. Da mesma forma, Fatecha (2018), ao aplicar gesso até a dose de 1.600 kg ha⁻¹ sob SSD, não observou resposta significativa na produtividade de grãos de soja e milho.

Com a aplicação de 400 kg ha⁻¹ de gesso agrícola no cultivo do milho safrinha Rodríguez, (2016), encontrou aumentos significativos de 1,5 cm, 46 e 655 kg ha⁻¹ no comprimento das espigas, quantidade de grãos por espiga e rendimento de grãos, respectivamente, em relação à testemunha.

O objetivo da presente investigação foi determinar o efeito da aplicação de doses de gesso com e sem calcário agrícola na sucessão milho-soja sob semeadura direta.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na propriedade da Cooperativa Volendam Ltda., localizada em Colônia Volendam, Distrito de Villa del Rosario, Departamento de San Pedro, Paraguai. A área onde está localizado o experimento tem temperatura média anual de 23 °C, sendo a máxima de 40 °C e a mínima de 10 °C (DINAC, 2016). As chuvas durante o experimento tiveram comportamento bastante desfavorável para o período de ambas as safras, pois a maioria delas está abaixo da média histórica. Durante o ciclo do milho e da soja, registrou-se uma precipitação

total de 178,1 e 406,2 mm, com diferença de 340 e 85 mm, respectivamente, em relação à média anual de 2007-2017 (FECOPROD, 2019).

A área é manejada sob um sistema de plantio direto (SSD) há mais de 15 anos, em uma sucessão de cultivos, utilizando soja, milho e adubos verdes (aveia, nabo forrageiro ou tremoço), em solo classificado como Ródico Paleudult, de textura argilosa espessa, paisagem montanhosa, material de origem arenito, com inclinação inferior a 3%, com boa drenagem e sem pedregosidade segundo LÓPEZ *et al.* (1995).

Tabela 2 - Características químicas do solo da área experimental

Prof.	pH	H+Al	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Al ⁺³	M.O.	V	m	P	S
cm	H ₂ O	-----cmol _c kg ⁻¹ -----					-----%-----			---mg kg ⁻¹ ---	
0-10	5,22	3,56	6,5	0,45	0,14	0,95	1,8	65,5	11,8	6,2	18,7
10-20	5,12	3,64	6,2	0,42	0,06	1,25	1,5	64,7	15,7	5,4	19,2
20-40	5,31	3,21	5,3	0,38	0,05	0,90	1,6	64,1	13,5	2,8	18,1

Extractores: pH= Água; P y K⁺= Mehlich-1; Ca⁺² + Mg⁺² y Al⁺³=KCl 1Mol L⁻¹; S= Ca(H₂PO₄)₂.H₂O + (HOAc) 2 mol L⁻¹

Os tratamentos experimentais foram distribuídos em delineamento de blocos completos casualizados, dispostos em parcelas subdivididas, com arranjo fatorial, em quatro blocos. As parcelas (Fator A) foram ocupadas por calcário e as subparcelas (Fator B) pelas doses de gesso. Esses tratamentos consistiram na aplicação de cinco doses de gesso agrícola (0, 150, 300, 450 e 600 kg ha⁻¹) sem e com aplicação de calcário (0 e 2.000 kg ha⁻¹).

Como resultado da aplicação e não aplicação de calcário e das cinco doses de gesso, foram 10 tratamentos por bloco e considerando os 4 blocos, totalizou-se 40 unidades experimentais. Para cada unidade experimental foi utilizada uma área de 36 m², correspondente a 6 m de comprimento x 6 m de largura, utilizando uma área total de 1.440 m². Utilizou-se calcário dolomítico (CaMgCO₃) com 100% PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) e gesso (Ca 23%, S 18%).

Primeiramente, foram coletadas amostras de solo para determinar seu nível de fertilidade, em três profundidades (0-0,1; 0,1-0,2 e 0,2-0,4 m). A aplicação dos corretivos foi realizada no mês de março de 2018, antes do plantio das lavouras, por meio de transmissão. A variedade de milho Guarani V - 312 (Karapé pyta) foi semeada em 25 de março de 2018. A variedade de soja Nidera A 5909 RG foi semeada em 8 de novembro de 2018. Ambas culturas foram semeadas em plantio direto.

Em relação à adubação, para a cultura do milho, foram aplicados 80 kg ha⁻¹ de N, sendo 20 kg ha⁻¹ na semeadura e 60 kg ha⁻¹ na cobertura, utilizando-se ureia (45-00-00) como fonte de nitrogênio. Também foram aplicados 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 70 kg ha⁻¹ de K₂O, sendo utilizado superfosfato triplo (00-46-00) e cloreto de potássio (00-00-60) como fonte de fertilizante, respectivamente. Para a cultura da soja, foi feita uma aplicação com a semeadura, de 150 kg ha⁻¹ do fertilizante da formulação 02-20-20. Além disso, foram aplicados 100 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio.

Foram avaliados no milho; altura de planta, altura de inserção da espiga e número de folhas por planta, diâmetro do caule, comprimento e diâmetro da espiga, peso hectolitro, peso de mil grãos e rendimento de grãos, na soja; altura de planta, número de vagens por planta, peso hectolitro, peso de mil grãos e rendimento de grãos. O manejo agrônômico das culturas estudadas foi realizado de acordo com o sistema de manejo do produtor que forneceu a superfície para a implantação do experimento. A colheita das culturas assim que completaram o seu ciclo agrícola, ambas a partir de uma área de 4 m².

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância segundo o modelo de parcelas divididas, nos tratamentos que apresentaram significância estatística, a comparação das médias foi feita com o teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro, utilizando o programa estadístico InfoStat.

Resultados e Discussão

Efeito da aplicação de calcário e gesso agrícola na cultura do milho

A altura das plantas, a altura de inserção das espigas e o número de folhas por planta não influenciaram na aplicação de calcário e dose de gesso agrícola com médias de 1,6 m, 57 cm e 12 unidades, respectivamente (Tabela 2).

As variáveis não apresentaram interações significativas entre os fatores, indicando que cada fator atuou de forma independente. Esses resultados coincidem com os obtidos por Quiñónez (2017), que também não encontrou resposta significativa nas mesmas variáveis devido à aplicação de doses crescentes de gesso. No entanto, Soares (2016), observou uma diminuição na altura da planta de milho à medida que a dose de gesso aumentava. Segundo Silva *et al.* (2003), essa falta de influência nos parâmetros de crescimento do milho pode ser devido à maior retenção de enxofre nas raízes da cultura, não sendo redistribuído para a parte aérea da planta, causado pelo déficit hídrico sofrido durante o período do experimento.

Tabela 2- Valores médios de altura de planta, altura de inserção da espiga e número de folhas por planta de milho em função de doses de gesso com e sem calcário. Villa del Rosario, San Pedro, 2018/2019.

Fator A Calcário	Dose	Altura de planta	Altura de inserção da espiga	Número folhas por planta
	--kg ha ⁻¹ --	---m---	---cm---	---número---
	0	1,63 ^{ns}	55,69 ^{ns}	11,87 ^{ns}
	2.000	1,65	57,32	12,06
Media		1,64	56,51	11,97
Fator B Gesso				
	0	1,60 ^{ns}	54,04 ^{ns}	11,75 ^{ns}
	150	1,63	55,73	11,70
	300	1,65	57,25	12,19
	450	1,64	56,91	12,00
	600	1,65	58,60	12,29
Media		1,63	56,51	11,97
CV%		6,67	9,78	5,81

CV, coeficiente de variação; ns, não significativo para a probabilidade de erro ($p < 0,05$).

As variáveis diâmetro do caule, comprimento e diâmetro da espiga, apresentadas na Tabela 3, não apresentaram respostas significativas entre os tratamentos aplicados (gesso e calcário agrícola), onde as médias gerais das mesmas são 1,40; 13,05 e 4,07 cm respectivamente. A reação dos corretivos aplicados no solo deve ter sido limitada pela baixa pluviosidade e principalmente no milho, pois foram aplicados poucos dias antes do plantio desta cultura.

Os resultados do presente experimento coincidem com os obtidos por Fatecha (2018), que não obteve resposta significativa à aplicação de gesso aplicando até a dose de 1.600 kg ha⁻¹ nas variáveis diâmetro do caule, comprimento e diâmetro da espiga, sendo 2, 16 e 4 cm respectivamente, os valores médios de cada uma das variáveis. Da mesma forma, Soares (2016), aplicando doses crescentes de gesso (0 a 8 Mg ha⁻¹), não observou influência no comprimento da espiga de milho.

Tabela 3 - Valores médios de diâmetro do caule, comprimento e diâmetro da espiga de milho de acordo com a dose de gesso com e sem calcário. Villa del Rosario, San Pedro, 2018/2019.

Fator A Calcáreo	Dose	Diâmetro do caule	Comprimento da espiga	Diâmetro da espiga
	--kg ha ⁻¹ --	---cm---	---cm---	---cm---
	0	1,39 ^{ns}	12,9 ^{ns}	4,02 ^{ns}
	2.000	1,42	13,1	4,12
Media		1,41	13,0	4,07
Fator B Gesso				
	0	1,39 ^{ns}	12,5 ^{ns}	4,05 ^{ns}
	150	1,36	13,1	4,04
	300	1,41	13,2	4,03
	450	1,42	13,0	4,04
	600	1,44	13,3	4,18
Media		1,40	13,05	4,07
CV%		7,20	7,59	6,83

CV, coeficiente de variação; ns, não significativo para a probabilidade de erro ($p < 0,05$).

A aplicação de doses crescentes de gesso e calcário agrícola não influenciou significativamente o peso hectolitro, peso de mil sementes e rendimento de grãos de milho, nem houve interação entre os fatores. As médias gerais das variáveis mencionadas na Tabela 4 são 77 g, 283 g e 3.017 kg ha⁻¹ respectivamente.

Tabela 4 - Valores médios de peso hectolitro, peso de mil grãos e rendimento de grãos de milho de acordo com a dose de gesso com e sem calcário. Villa del Rosario, San Pedro, 2018/2019.

Um fator Calcáreo	Dose	Peso de hectolitro	Peso de mil grãos	Rendimento de grãos
	--kg ha ⁻¹ --	---g---	---g---	---kg ha ⁻¹ ---
	0	78 ^{ns}	277,1 ^{ns}	2.940 ^{ns}
	2.000	77	288,9	3.094
Media		78	283,0	3.017
Fator B Gesso				
	0	77 ^{ns}	288,6 ^{ns}	2.885 ^{ns}
	150	77	284,3	3.019
	300	78	278,5	3.145
	450	78	275,0	2.892
	600	78	288,8	3.143
Media		78	283,09	3.017
CV%		1,72	8,51	26,67

CV, coeficiente de variação; ns, não significativo para a probabilidade de erro ($p < 0,05$).

As produtividades obtidas nesta pesquisa estão abaixo da produtividade média anual nacional da safra 2017-2018, que foi de 4.967 kg ha⁻¹ (CAPECO, 2019), registrando uma diferença de 1.950 kg ha⁻¹. Esta falta de resposta na cultura do milho aos tratamentos aplicados pode estar relacionada ao baixo índice pluviométrico registrado e má distribuição temporal do mesmo durante o ciclo da cultura (178,1 mm), reduzindo consideravelmente a reação química no solo tanto do gesso como do calcário.

Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Quiñónez (2017), que não observou influência da aplicação de gesso no peso hectolitro, peso de mil sementes e rendimento de grãos da cultura, obtendo valores de 328 g, 58 g e 6.274 kg ha⁻¹ respectivamente. Por sua vez, Soares (2016), Fatecha (2018), também não encontraram uma resposta significativa da aplicação de gesso agrícola na produtividade do milho, com rendimentos médios de 6.932 e 6.090 kg ha⁻¹, respectivamente.

Resultados diferentes da presente investigação foram obtidos por Rodríguez (2016), que verificou efeitos significativos na produtividade de grãos de milho com a aplicação de doses crescentes de gesso, registrando um aumento de 1.894 kg ha⁻¹ em relação à testemunha. Por sua vez, através da aplicação conjunta de gesso com calcário, Caires *et al.* (2004), Meert, (2013), Pauletti *et al.* (2014) e Zandoná *et al.* (2015), observaram aumentos na produtividade de grãos da cultura do milho.

De acordo com o CQFS-RS/SC (2016), o nível crítico de S para o milho é 5mg kg⁻¹ de solo, portanto a concentração desse nutriente não foi o fator limitante para a falta de resposta no milho, devido a que o teor de S no solo em estudo foi de aproximadamente 20 mg kg⁻¹. Enxofre originário da MO do solo (RHEINHERMER *et al.*, 2007), e/ou obtido da deposição atmosférica (TIECHER *et al.*, 2013) poderia ter sido suficiente para suprir as necessidades nutricionais da cultura. A cultura do milho não é muito exigente em nutrição S, no entanto, as gramíneas geralmente apresentam maior probabilidade de resposta ao gesso agrícola em comparação com as leguminosas (TIECHER *et al.*, 2018).

Efeito da aplicação de calcário e gesso agrícola na cultura da soja.

As doses de gesso e calcário aplicadas não proporcionam efeitos significativos sobre o número de vagens por planta e peso hectolitro da soja. A altura das plantas obteve uma diferença de 7,47 cm onde o calcário agrícola foi aplicado em relação ao tratamento sem aplicação (Tabela 5). Não houve interação entre os fatores analisados.

Tabela 5 - Valores médios de altura de planta, número de vagens por planta, peso hectolitro de soja em função da dose de gesso com e sem calcário. Villa del Rosario, San Pedro, 2018/2019.

Fator A Calcáreo	Dose	Altura de plantar	Vagens por plantar	Peso hectolitrico
	--kg ha ⁻¹ --	---cm---	----número----	----g----
	0	48,19b	49,00 ^{ns}	44,49 ^{ns}
	2.000	55,66a	56,08	43,67
Media		51,93	52,54	44,08
Fator B Gesso				
	0	52,16 ^{ns}	51,30 ^{ns}	43,51 ^{ns}
	150	52,82	54,36	44,01
	300	53,17	57,82	44,73
	450	53,30	52,99	43,69
	600	49,17	46,21	44,45
Media		52,12	52,54	44,08
CV%		11,71	6,83	3,42

CV, coeficiente de variação; ns, não significativo. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Em trabalhos realizados em diferentes solos da Região Oriental, foram observados resultados semelhantes a este experimento, onde Watanabe, (2013) não obteve resposta significativa na altura da planta de soja à aplicação conjunta de gesso com calcário agrícola, apresentando também condições de déficit hídrico. Da mesma forma, Quiñónez *et al.* (2017) e Fatecha, (2018), também não observaram a influência do gesso agrícola na altura de planta e número de vagens por planta de soja com a aplicação de até 3.200 e 1.600 kg ha⁻¹, respectivamente em um Latossolo Argiloso.

Além disso, avaliando o efeito residual do gesso agrícola, Giménez, (2017) não verificou efeitos significativos na altura de plantas e número de vagens por planta da cultura da soja. Por sua vez, Klock, (2016), aplicando 200 kg ha⁻¹ de gesso agrícola, registrou um aumento de 26,4 unidades no número de vagens por planta de soja em relação ao tratamento controle, mas não encontrou efeito positivo na altura da planta.

Da mesma forma, Aguiar *et al.* (2013), combinando gesso agrícola com calcário, observaram influência na altura da planta de soja, registrando um aumento de 13 cm em relação ao tratamento controle. Por sua vez, Espíndola *et al.* (2014), ao aplicar gesso com calcário, não verificaram diferença significativa na altura das plantas e no número de vagens por planta de soja.

Tabela 6 - Valores médios de peso de mil grãos e rendimento de grãos de soja em função da aplicação de doses de gesso com e sem calcário. Villa del Rosario, San Pedro, 2018/2019.

Fator A Calcáreo	Dose	Peso de mil grãos	Rendimento de grãos
	--kg ha ⁻¹ --	---g---	---kg ha ⁻¹ ---
	0	116,7 ^{ns}	1.118 ^{ns}
	2.000	116,2	1.223
Media		116,5	1.170
Fator B Gesso			
	0	117,0 ^{ns}	1.101 ^{ns}
	150	119,0	1.115
	300	112,4	1.176
	450	113,7	1.250
	600	120,2	1.209
Media		116,5	1.170
CV%		7,5	14,3

CV, coeficiente de variação; ns, não significativo para a probabilidade de erro ($p < 0,05$).

O peso de mil grãos e a produtividade de grãos de soja não foram afetadas pela aplicação de calcário e pelas doses de gesso, com média de 116 g e 1.170 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 5). Analisando as médias da produtividade de grãos de soja, contrasta-se que as parcelas que receberam calcário tiveram tendência de aumento na produtividade média de 154 kg ha⁻¹ em relação às parcelas sem calcário, porém, com relação à aplicação de gesso, não foi observada tendência de aumento na produtividade da soja (Tabela 6).

A produtividade da soja neste estudo está bem abaixo da produtividade média anual da safra 2018/2019, com 3.018 kg ha⁻¹ (CAPECO 2019), com decréscimo de 1.850 kg ha⁻¹. A falta de influência dos corretivos aplicados ao solo sobre os componentes de crescimento e produtividade de grãos de soja pode ter ocorrido devido à baixa pluviosidade registrada durante o ciclo da referida cultura, o que pode ter afetado a reação química dos insumos utilizados como tratamentos. Resultados semelhantes ao presente experimento foram obtidos por Watanabe, (2013); que não obtiveram diferença significativa para a aplicação conjunta de gesso com calcário agrícola no peso de mil grãos e rendimento de grãos, registrando valores médios de 174 g e 1.557 kg ha⁻¹, respectivamente.

Da mesma forma, em vários experimentos de aplicação de gesso agrícola e calcário, avaliando seu efeito na produtividade de grãos de soja, não foi observado aumento (CAIRES *et al.*, 2003, ESPÍNDOLA *et al.*, 2014, SOARES, 2016, GIMÉNEZ, 2017, QUIÑÓNEZ, 2017,

FATECHA, 2018). No entanto, Zandoná *et al.* (2015), verificaram aumentos na produtividade de grãos de soja por meio da aplicação de gesso e calcário, respectivamente.

Outro fator que pode ter influenciado na falta de resposta dos tratamentos aplicados à soja é o teor de matéria orgânica do solo onde o experimento foi implantado, o que aumenta o teor de S disponível por meio da mineralização (TIECHER *et al.*, 2013), suprimindo a necessidade da cultura. O mesmo autor menciona que, geralmente, a resposta à aplicação de S ocorre em solos com baixos teores de MO. Além disso, possui teor de aproximadamente 20 mg de S por kg⁻¹ de solo, valor este superior à exigência nutricional da soja, que é de 10 mg kg⁻¹ (CQFS-RS/SC 2016), a soja é mais exigente em S em relação às gramíneas (TIECHER *et al.*, 2018).

Por outro lado, o solo da parcela onde o experimento foi instalado é extremamente compactado, com valores de resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) superiores a 2 MPa a partir de uma profundidade de 10 cm, o que segundo Arshad *et al.* (1996) e USDA, (2017), valores iguais ou superiores ao mesmo, o solo já está compactado, o que influencia no bom desenvolvimento do sistema radicular das culturas. Essa compactação aumenta até uma profundidade de 30 cm, atingindo valores de até 3,6 MPa. A partir dessa profundidade, os valores de RMSP diminuem para valores de 2,2 MPa na profundidade de 50 cm, com o solo ainda compactado nessa camada. É difícil para uma cultura se desenvolver bem ou demonstrar seu potencial nessas condições de solo.

Conclusões

Na cultura do milho, não foi obtida resposta significativa em nenhum dos parâmetros de crescimento e componentes de rendimento de grãos à aplicação de diferentes doses de gesso e calcário agrícola.

Na cultura da soja, verifica-se um aumento de 7,47 cm na altura das plantas com a aplicação de calcário, não havendo influência da aplicação de gesso. Nas variáveis número de vagens por planta, peso de mil grãos, peso hectolitro e rendimento de grãos, não foram observados efeitos significativos para a aplicação de gesso e calcário.

Referências

AGUIAR, R.; BERNA, R.; CONDE, A.M.; DIAS, M.; GOMES, C.J.A.; MARCHIONE, M.S.; LIMA, M. Associação calcário e gesso na cultura da soja e nas características químicas do solo com alta saturação em alumínio. **Cultivando o Saber**, v. 6, n. 4, p. 74-84, 2013.

ALCARDE, J.C.; RODELA, A.A. **Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos.** Tópicos em Ciência do Solo, Viçosa, MG, BR. n. 3, p. 291-334, 2003.

ARCE, A. **Clasificación de la fertilidad, acidez activa (pH) y necesidad de cal agrícola de los suelos de la Región Oriental del Paraguay.** 2017. Tesis de Grado (Ingeniería Agronómica). Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo.

ARSHAD, M.A.; GROSSMAN, B.; LOWERY, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: Doran, JW; Jones, AJ. (Ed.). Methods for assessing soil quality. **Soil Science Society of America**, v. 49, n. 1, p. 23-41, 1996.

BATAGLIA, V. **Clasificación de los niveles de acidez activa (pH) y necesidad de cal agrícola de los suelos de la Región Oriental del Paraguay.** 2011. Tesis de Grado (Ingeniería Agronómica). Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo.

CAIRES, E.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.; KUSMAN, M. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 27, p. 275-286, 2003.

CAIRES, E.F.; CHURKA, S.; GARBUIO, F.J.; FERRARI, R.A.; MORGANO, M.A. Soybean yield and quality a function of lime and gypsum applications. **Sci. Agric.**, n. 63, p. 370-379, 2006.

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

CAPECO (Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y oleaginosas). **Área de siembra, producción y rendimiento de soja, maíz, trigo, girasol y canola.** CAPECO, Paraguay. 2019. Disponível em: . Acesso em: 19 jun 2019.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de calagem e adubação: para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 11 ed. Porto Alegre, Brasil. Gráfica e Editora Pallotti. 2016. 375p.

DINAC (Dirección Nacional de Aeronáutica Civil, PY). **Dirección de Meteorología e hidrología.** Asunción, PY. 2016. Disponível em: <http://www.metreologiagov.py/serviciopublico.php>. Acesso em: 02 nov 2017.

ESPÍNDOLA, J.Á.; MARQUES, G.C.; LAMBERT, R.A. Influência da aplicação de calcário e gesso na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 1980-1987, 2014.

FATECHA, D.A. **Produtividade das culturas de soja e milho e alterações dos atributos químicos do solo em função da aplicação do gesso agrícola no Paraguai.** 2018. Tese

(Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon.

FECOPROD (Federación de Cooperativas de Producción). **Fecoclíma: estaciones meteorológicas**. 2019. Disponível em: <http://fecoclima.fecoprod.com.py/fecoclima/#/>. Acesso em: 02 jul 2019.

GIMÉNEZ, B. **Residualidad del yeso agrícola en el cultivo de soja (*Glycine max* L.) en un suelo de arenoso**. 2017. Tesis de grado (Ingeniería agronómica). Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo.

KLOCK, C. **“Dosis de yeso (sulfato de calcio) y su efecto en el pH del suelo y el cultivo de la Soja (*Glycine max*)”**. 2016. Tesis de grado (Ingeniería agronómica). Universidad Nacional del Este, Minga Guazú.

LÓPEZ, O.; FRANCO, E.; GARCÍA, S.; GONZÁLEZ, E.; DE LLAMAS, P.; MOLINAS, A.; RIOS, E. **Mapa de Reconocimiento de Suelos de la Región Oriental del Paraguay**. Asunción, PY: MAG/Banco Mundial/Gobierno del Japón/Servicio Geodésico Interamericano. Escala 1:500.000. Color. (Proyecto de Racionalización del Uso de la Tierra). 1995.

MEERT, L. **Propriedades químicas do solo e resposta da sucessão trigo-milho-trigo à calagem e à aplicação de doses de gesso em sistema plantio direto**. 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Centro-Oeste. Guarapuava.

MELO, L.C.; AVANZI, J.C.; CARVALHO, R.; MACÊDO, G.; MENDES, A.D.; PEREIRA, J.L.; SILVA, F. Nutrição e produção de matéria seca de milho submetido a calagem e adubação sulfatada. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 41, n. 2, p. 193-199, 2011.

MIRANDA, L.N.; MIRANDA, J.C.C. Efeito residual do calcário na produção de milho e soja em solo glei pouco húmico. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, n. 24, p. 209-215, 2000.

NORA, D.D.; AMADO, T.J.; GIRARDELLO, V.C.; MERTINS, C. Gesso: alternativa para redistribuir verticalmente nutrientes no perfil do solo sob sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 133, n.1, 8-20, 2013.

PÁDUA, T.R.P.; DIAS, B.O.; SILVA, C.A. Nutrição e crescimento do algodoeiro em Latossolo sob diferentes coberturas vegetais e manejo de calagem. **Revista Ci. Agrotec.**, n. 32, p.1481-1490, 2008.

PAULETTI, V; BARTH, G; PIERRI, L; RANZAN, T; VARGAS, AC. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, n. 38, p. 495-505, 2014.

QUINÓNEZ, L.R. **Yeso agrícola en sucesión de soja-maíz de segunda en sistema de siembra directa**. 2017. Tesis de Grado (Ingeniería Agronómica). Facultad de Ciencias a Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, 2017.

RAMPIM, L.; FONTANIVA, S.; FRANDOLOSO, J.F.; LANA, M. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1687-1698, 2011.

RHEINHEIMER, D.S.; OSORIO, B.D.; RASCHE, J.W.; SILVA, L.S. Resposta à aplicação e recuperação de enxofre em cultivos de casa de vegetação em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica. **Revista de Ciência Rural**, v. 37, n. 2, p. 363-371, 2007.

RODRÍGUEZ, A. **Yeso agrícola y su efecto en el cultivo de maíz zafrina**. 2016. Tesis de Grado (Ingeniería Agronómica). Universidad Nacional del Este. Itakyry.

SILVA, D.J.; ALVAREZ, V.H.; RUIZ, H.A.; SANT', R. Translocação e redistribuição de enxofre em plantas de milho e de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 715-721, 2003.

SOARES, G.F. **Gesso e fósforo na sucessão soja/milho safrinha**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Goiás. Jataí – Goiás.

TIECHER, T.; ANGHINONI, I.; BAYER, C.; CASTRO, O.H.; OLIVEIRA, L.G.; POSSELT, A.; Crop Response to Gypsum Application to Subtropical Soils Under No-Till in Brazil: a Systematic Review. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 42, p. e0170025, 2018.

TIECHER, T.; BRUNETTO, G.; KOCHER, F.J.; PICCIN, R.; RASCHE, J.W.; RHEINHEIMER, DS. Respostas de culturas à adubação sulfatada e deposição de enxofre atmosférico. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p. 420-427, 2013.

USDA “DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS”. **Soil survey manual**. USA. n. 18, p. 587, 2017.

WATANABE, S.Y. **Aplicación de yeso y cal agrícola en la sucesión soja-trigo en siembra directa en un ultisol**. 2013. Tesis (Maestría en Ciencia del Suelo). Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo.

ZAMBROSI, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES, E.F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto. **Revista Ci. Rural**, n. 37, p. 110-117, 2007b.

ZANDONÁ, R.R.; BEUTLER, A.N.; BURG, G.M.; BARRETO, C.F.; SCHMIDT, M.R.; Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 45, n. 2, p. 128-137, 2015.