



Gesso aplicado na superfície do solo no desenvolvimento do arroz de terras altas sob plantio direto

Orivaldo Arf¹, Ricardo A. F. Rodrigues², Adriano S. Nascente³ & Mábio C. Lacerda⁴

¹ UNESP, Ilha Solteira, SP. E-mail: arf@agr.feis.unesp.br

² UNESP, Ilha Solteira, SP. E-mail: ricardo@agr.feis.unesp.br

³ Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: adriano.nascente@embrapa.br (Autor correspondente)

⁴ Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: mabio.lacerda@embrapa.br

Palavras-chave:

Oryza sativa L.
nutrição mineral
gessagem
SPD
Cerrado

RESUMO

A utilização de gesso agrícola no sistema plantio direto (SPD) pode ser alternativa para viabilizar o cultivo do arroz de terras altas por proporcionar o carregamento de nutrientes para as camadas mais profundas e estimular o crescimento radicular. Assim, o objetivo do trabalho foi determinar o efeito do gesso agrícola aplicado em superfície do solo sem revolvimento, na altura e no acamamento de plantas, nos componentes de produção, na produtividade e na qualidade industrial de grãos de arroz. O experimento foi desenvolvido durante três safras agrícolas em condições de campo, no município de Selvíria, MS. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados no esquema fatorial 4 x 3, com cinco repetições. Os tratamentos constaram da combinação entre as doses de gesso agrícola (0, 1000, 2000 e 3000 kg ha⁻¹) com os anos de cultivo (2010/11, 2011/12 e 2012/13). A aplicação de gesso não afeta a altura de plantas, o acamamento, os componentes de produção, a produtividade nem a qualidade de grãos do arroz de terras altas no SPD quando semeado em solo com baixa saturação de alumínio e elevados teores de cálcio na camada de 20 a 40 cm.

Key words:

Oryza sativa L.
mineral nutrition
gypsum application
NTS
Cerrado

Surface application of gypsum and development of upland rice under no-tillage system

ABSTRACT

The use of gypsum in the no-tillage system (NTS) may be a viable alternative for the cultivation of upland rice, as it carries nutrients to the deeper layers and stimulates root growth. The objective of the study was to determine the effect of the application of gypsum on the soil surface without tillage on plant height and lodging, yield components, yield and grain quality of upland rice. The study was conducted during three growing seasons under field conditions in Selvíria municipality, Mato Grosso do Sul State, Brazil. The experimental design was a randomized complete block design in 4 x 3 factorial design with five replications. The treatments consisted of doses of gypsum (0, 1000, 2000 and 3000 kg ha⁻¹) in the growing season (2010/11, 2011/12 and 2012/13). The gypsum application did not affect plant height, lodging, yield components, grain yield and grain quality of upland rice in NTS when sown in soil with low aluminum saturation and high levels of calcium in the layer 20-40 cm.

INTRODUÇÃO

O arroz é alimento que faz parte da dieta de metade da população mundial (Kumar & Ladha, 2011). A maior parte deste cereal é cultivada na Ásia, no sistema irrigado por inundação controlada (Prasad, 2011). No entanto, a redução da disponibilidade dos recursos hídricos para a irrigação da cultura devido ao aumento do consumo industrial e humano, tem exigido a busca por alternativas que possibilitem o cultivo do arroz com maior economia de água. Como alternativa tem-se o cultivo do arroz no ecossistema de terras altas que pode ser no sistema irrigado por aspersão ou no sequeiro, dependendo da água da chuva (Crusciol et al., 2013; Nascente et al., 2013). Neste sentido, tem-se o sistema plantio direto (SPD) sistema este que, devido à manutenção de palha cobrindo o solo, se caracteriza pela maior conservação de sua umidade.

O sucesso e a continuidade do SPD ao longo dos anos são obtidos através de um planejamento de manejo da fertilidade do solo em profundidade no perfil (Silva & Lemos, 2008). Neste sentido, o gesso pode ser utilizado para melhoria do ambiente radicular em profundidade (Santos et al., 2006). Tal produto é condicionador de solo e possui alta mobilidade no perfil, capaz de disponibilizar os íons Ca²⁺ e SO₄²⁻ em solução e de ser lixiviado, enriquecendo de nutrientes as camadas subsuperficiais e reduzindo a saturação por Al³⁺ em profundidade (Alcordero & Rechcigl, 1993). Desta forma, a utilização do gesso possibilita o desenvolvimento das raízes em profundidade ampliando o volume de solo a ser explorado e a tolerância das plantas à seca (Sousa et al., 2005). O sucesso do uso do gesso como melhorador do ambiente radicular foi de grande abrangência na Região do Cerrado brasileiro, que apresenta em torno de 80% de sua área com algum problema de

acidez subsuperficial e alta incidência de veranicos, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro, época crítica para desenvolvimento das culturas de verão (Ramos et al., 2006; Caires et al., 2004). Além disto, o gesso pode ser encontrado em várias partes do mundo e possui baixo custo (Melo et al., 2008).

Portanto, a identificação de alternativas que possibilitem a melhoria das propriedades químicas do solo em profundidade no SPD, partindo da aplicação superficial, sem incorporação, pode viabilizar a permanência e o sucesso deste sistema. Na cultura do arroz de terras altas os dados sobre aplicação de gesso ainda são escassos e podem ser dependentes das características químicas do solo em profundidade e da cultivar utilizada. Segundo Soratto et al. (2010) a aplicação de gesso aumentou o número de panículas por m² e a produtividade de grãos da cultivar Caiapó mas reduziu o número de panículas e não afetou a produtividade da cultivar IAC 202. Assim, o objetivo do trabalho foi determinar o efeito da aplicação de gesso agrícola na superfície do solo sem revolvimento, na

altura e no acamamento de plantas, nos componentes de produção, produtividade e na qualidade industrial de grãos de arroz de terras altas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido durante três safras agrícolas (2010/11, 2011/12 e 2012/13) no município de Selvíria, MS, situado a aproximadamente 51° 22' de longitude Oeste de Greenwich e 20° 22' de Latitude Sul, com altitude de 335 m. O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho distrófico argiloso (EMBRAPA, 2013). A precipitação média anual é de 1.370 mm, a temperatura média anual é de 23,5 °C e a umidade relativa do ar entre 70 e 80% (média anual), adicionalmente foi feita a avaliação periódica dos dados de temperatura e precipitação na área experimental (Figura 1). Antes da instalação dos experimentos foram coletadas amostras para a caracterização química do solo (Tabela 1). Os experimentos foram instalados

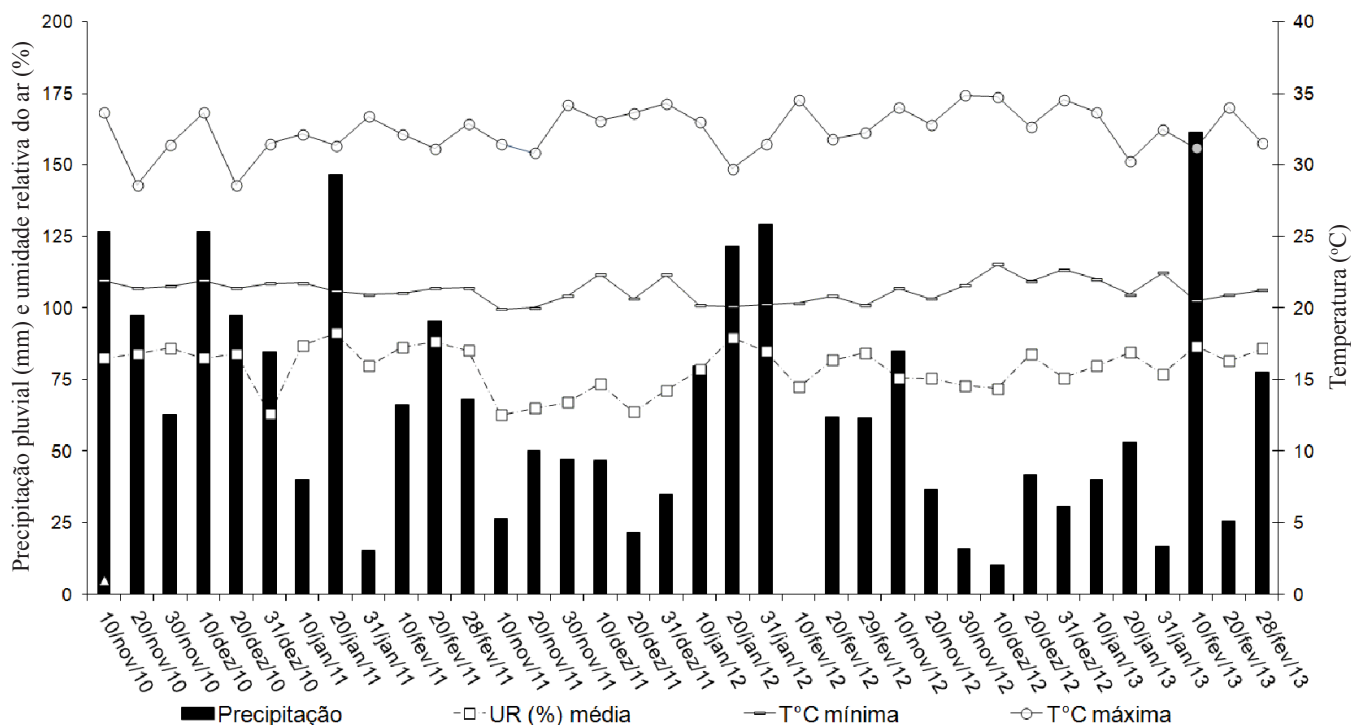


Figura 1. Precipitação pluvial, temperatura (T) mínima, temperatura máxima e umidade relativa (UR) da área experimental durante o período de condução dos experimentos

Tabela 1. Resultados de análise química do solo na camada de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m da área experimental

Profundidade ¹ cm	Presina mg dm ⁻³	M.O. ² g dm ⁻³	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V (%)
Safrá 2010/11										
0-20	17	13	5,2	2,9	33	14	27	0	77	65
20-40	11	12	5,2	3,5	14	11	28	0	57	50
Safrá 2011/12										
0-20	11	17	4,8	3,0	26	12	22	1	63	65
20-40	10	15	4,7	3,1	15	10	23	1	52	54
Safrá 2012/13										
0-20	10	18	4,7	2,9	25	13	21	1	62	66
20-40	10	16	4,7	3,2	20	11	24	1	58	59

¹Profundidade do solo

²Matéria orgânica do solo

em áreas sob sistema plantio direto há seis (2010/11), sete (2011/12) e oito (2012/13) anos tendo como culturas anteriores soja no verão e feijão no inverno.

O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados no esquema fatorial 4 x 3, com cinco repetições. Os tratamentos constaram da combinação das doses de gesso (0, 1000, 2000 e 3000 kg ha⁻¹) com os anos de cultivo (2010/11, 2011/12 e 2012/13). As parcelas foram constituídas por 10 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas 0,35 m. A área útil foi constituída pelas linhas centrais desprezando-se duas linhas laterais e 0,50 m, em ambas das extremidades de cada linha.

Aproximadamente 15 dias antes da semeadura a vegetação presente na área de cultivo foi dessecada com o herbicida glifosato + 2,4 D. A aplicação do gesso agrícola (17% de S e 22% de Ca) foi realizada a lanço 1 dia antes da semeadura do arroz. A semeadura da linhagem mutante 07SEQCL441 CL, derivada da cultivar Primavera CL, que possui um gene de resistência ao herbicida Imazapir + Imazapique (Kifix), foi realizada mecanicamente nos dias 21/12/2010, 15/12/2011 e 01/11/2012 nas três safras, respectivamente, utilizando-se 80 kg ha⁻¹ de sementes. Antes da semeadura as sementes foram tratadas com Carboxina + Tiram (Vitavax + Thiram) (250 mL 100 kg de sementes⁻¹) + Cinetina + ácido giberélico + ácido 4-indol-3-ilbutírico (Stimulate) (5 mL kg de sementes⁻¹) + Piraclostrobina + Tiofanato metílico + Fipronil (Standak Top) (150 mL 100 kg de sementes⁻¹) + Fipronil (Standak) (100 mL 100 kg de sementes⁻¹).

A adubação básica nos sulcos de semeadura foi calculada de acordo com as características químicas do solo levando-se em consideração as recomendações de Cantarella & Furlani (1996) constituída de 40 kg ha⁻¹ de N (ureia), 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triplo) e 50 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio). A adubação de cobertura foi realizada aos 21 dias após a emergência da cultura utilizando-se 40 kg ha⁻¹ de N (ureia). Logo após a aplicação de nitrogênio a área foi irrigada com aproximadamente 10 mm de água com o objetivo de minimizar as perdas de N por volatilização.

A área foi irrigada com sistema de irrigação por aspersão autopropelido nas safras 2010/11 e 2011/12 e pivô central na safra 2012/13, com precipitação média de 10 mm h⁻¹. No manejo de água foram utilizados três coeficientes de cultura (Kc), distribuídos em quatro períodos compreendidos entre a emergência e a colheita. Para a fase vegetativa foi utilizado o valor de 0,4; para a fase reprodutiva dois coeficientes de cultura, o inicial de 0,70 e o final de 1,00 e para a fase de maturação esses valores foram invertidos, ou seja, o inicial de 1,00 e o final de 0,70 (Rodrigues et al., 2004).

O controle de plantas daninhas foi realizado com a utilização do herbicida Imazapir + Imazapique (Kifix) (100 e 50 g ha⁻¹ do produto comercial) aos 16 e 26 dias após a emergência das plantas, respectivamente; aos 42 dias após a emergência das plantas na safra 2011/12 foi realizada a aplicação de etil trinexapac (Moddus) (87,5 g ha⁻¹ do ingrediente ativo), com o objetivo de prevenir a ocorrência de acamamento de plantas na área de cultivo. Não foi necessária a adoção de medidas de controle para pragas e doenças da parte aérea das plantas nas três safras.

As avaliações realizadas foram a altura de plantas (m) determinada em 10 plantas ao acaso, pela distância entre a superfície do solo até a extremidade superior da panícula mais alta no momento em que a cultura se encontrava no estágio fenológico de grãos pastosos. O grau de acamamento foi obtido através de observações visuais na fase de maturação utilizando-se a seguinte escala de notas: 0 – sem acamamento; 1 – até 5% de plantas acamadas; 2-5 a 25%, 3-25 a 50%; 4-50 a 75% e 5-75 a 100% de plantas acamadas. O número de panículas por metro quadrado foi determinado pela contagem do número de panículas em 1 m de fileira de plantas na área útil das parcelas e posteriormente calculado por metro quadrado. O número total de grãos por panícula foi obtido pela contagem do número de grãos de 20 panículas coletadas no momento da colheita, em cada parcela. A fertilidade das espiguetas foi determinada pela divisão do número de grãos cheios de 20 panículas pelo número total de grãos.

A maturação da cultura foi definida quando ocorreu maturação de 90% das panículas da parcela. A massa de 100 grãos foi avaliada pela coleta ao acaso e pesagem de duas amostras de 100 grãos de cada parcela (13% base úmida). A massa hectolétrica foi avaliada pela pesagem de uma amostra de 0,25 L de grãos de cada parcela e posteriormente os dados foram corrigidos para 13% base úmida e convertidos para kg 100 L⁻¹. A produtividade de grãos foi determinada pela pesagem dos grãos em casca, provenientes da área útil das parcelas corrigindo-se a umidade para 13% e convertendo em kg ha⁻¹. Para esta determinação foram colhidas todas as plantas, incluindo as acamadas.

O rendimento industrial foi determinado coletando-se uma amostra de 100 g de grãos de arroz em casca de cada parcela, a qual foi processada em engenho de prova, por um minuto; em seguida, os grãos brunidos (polidos) foram pesados e o valor encontrado foi considerado rendimento de benefício, sendo os resultados expressos em porcentagem; posteriormente, os grãos brunidos (polidos) foram colocados no “Trieur” nº 2 e a separação dos grãos foi processada por 30 s; os grãos que permaneceram no “Trieur” foram pesados obtendo-se o rendimento de inteiros e os demais, grãos quebrados, ambos expressos em porcentagem.

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando necessário realizado o teste comparativo de médias Tukey para p < 0,05. Adicionalmente, para os dados quantitativos (doses de gesso) caso fossem significativos, foi realizada a análise de regressão para p < 0,05. Foi utilizado o programa estatístico SAS (SAS, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na variável altura de plantas constatou-se que não houve efeito da aplicação de gesso nessa característica (Tabela 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (2009) estudando o efeito da aplicação de gesso no desenvolvimento da *Brachiaria humidicola*. Os autores justificaram o resultado pela baixa exigência de cálcio pela forrageira, como ocorre com o arroz (Fageria et al., 2011).

Tabela 2. Altura e notas de acamamento de plantas de arroz terras altas cultivadas no SPD em função das doses de gesso e do ano de cultivo. Safras 2010/11, 2011/12 e 2012/13 (Selvíria, MS)

Tratamentos	Altura (m)	Acamamento (Notas ²)
Doses de gesso (kg ha ⁻¹)		
0	1,11	3,20
1000	1,08	3,27
2000	1,11	3,20
3000	1,08	3,27
Anos		
2010/2011	1,23 a	5,00 a
2011/2012	0,85 b	0,00 c
2012/2013	1,20 a	4,70 b
Fatores		
Anava - Probabilidade do teste F		
Gesso (G)	0,4932	0,9130
Anos (A)	<0,001	<0,001
G x A	0,9952	0,9823

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey para $p < 0,05$

²0 – sem acamamento; 1 – até 5% de plantas acamadas; 2 – 5 a 25%, 3 – 25 a 50%; 4 – 50 a 75% e 5 – 75 a 100% de plantas acamadas

Com relação ao acamamento verifica-se que não houve diferenças entre os tratamentos que receberam gesso e esses tratamentos não diferiram do controle (sem aplicação de gesso). A aplicação de gesso proporciona aumento da disponibilidade de Ca e S e reduziu o teor de Al tóxico no solo (Sousa et al., 2005). Neste sentido, verifica-se que a aplicação de gesso pode trazer benefícios para o desenvolvimento da cultura. Uma provável explicação seria o fato de que, ao invés do Ca e S, a variável altura de plantas que tem efeito direto no acamamento é afetada pelo nutriente nitrogênio, que foi aplicado em quantidades iguais em todos os tratamentos (Fidelis et al., 2012).

No efeito de ano de cultivo verifica-se alto acamamento no primeiro ano, ausência de acamamento no segundo ano e médio acamamento no terceiro ano (Tabela 2). Isto ocorreu provavelmente porque se observou, no primeiro ano, maior volume de chuva (Figura 1) o que ocasionou maior desenvolvimento vegetativo das plantas de arroz e como consequência grande incidência de acamamento. Este acamamento pode proporcionar queda de produtividade uma vez que a planta acamada tem dificuldades para translocar os fotoassimilados para as espiguetas. No segundo ano, preocupados com a ocorrência de acamamento e observando já na fase inicial bom desenvolvimento vegetativo, foi aplicado o regulador de crescimento Moddus (etil-trinexapac) resultando em plantas não acamadas e menor altura de plantas (0,85 m) inferior àquelas constatadas nas safras 2010/11 e 2012/13 (1,23 e 1,20 m, respectivamente). Assim, os dados de altura de plantas e o acamamento no segundo ano de cultivo podem ser desconsiderados uma vez que a aplicação do regulador de crescimento afetou significativamente essas características. No terceiro ano decidiu-se não aplicar o regulador de crescimento em função da forte redução em altura do ano anterior. Com isto as plantas tiveram, no terceiro ano, maior crescimento e, em contrapartida, maiores notas de acamamento.

Com relação aos componentes de produção e produtividade constata-se que a aplicação de doses de gesso não afetou

nenhuma das características avaliadas (Tabela 3). Da mesma forma, Santos et al. (2013) também não obtiveram respostas à aplicação de gesso para duas cultivares de capim elefante (*Pennisetum purpureum*): Gramafante e Roxo. Na cultura do arroz Gomes et al. (2000) não constataram efeito da aplicação de gesso na quantidade de até 20 t ha⁻¹. Adicionalmente, Soratto et al. (2010) também não obtiveram incrementos na produção do arroz de terras altas devido à aplicação de gesso.

O resultado obtido no presente experimento repetido por três safras consecutivas, pode ser reflexo da não necessidade de aplicação de gesso na área estudada. Segundo Sousa et al. (2005) de posse dos resultados da análise de solo na profundidade de 0,20 a 0,40 m, se a saturação de alumínio for superior a 20% ou se os teores de cálcio forem inferiores a 5 mmol_c dm⁻³ é possível se obter respostas à aplicação de gesso. A área utilizada para a execução do experimento nos três anos agrícolas possuía baixa saturação de alumínio e valores de cálcio superiores a 5 mmol_c dm⁻³ nesta profundidade (Tabela 1). Neste sentido, era provável ausência ou baixa resposta à aplicação de gesso no desenvolvimento do arroz.

Com base nos resultados poder-se-ia questionar se foi feita a escolha correta da área experimental. Entretanto, verifica-se que esta área é representativa das utilizadas para o cultivo de soja e milho na região do Cerrado, ou seja, com alta saturação por bases e boa fertilidade (Oliveira Júnior et al., 2011). Assim, os resultados são importantes no sentido de orientar o produtor rural de que em áreas corrigidas, com baixos teores de alumínio em subsuperfície e teores adequados de cálcio (> 5 mmol_c dm⁻³) não é conveniente a aplicação de gesso; pelo contrário, não se deve utilizar, segundo Caires et al. (2004) e Santos et al. (2013) a aplicação de gesso em doses além do necessário, pois pode resultar em carreamento de nutrientes para as camadas mais profundas e causar perdas de nutrientes, principalmente do potássio.

Tabela 3. Número de panículas m⁻² (PAN), número de grãos por panícula (NGRAO), fertilidade das espiguetas (FERT), massa de 100 grãos (MGRAO) e produtividade de grãos (PROD) de arroz de terras altas cultivado no SPD em função das doses de gesso e do ano de cultivo. Safras 2010/11, 2011/12 e 2012/13 (Selvíria, MS)

Tratamentos	PAN nº m ⁻²	NGRAO número	FERT %	MGRAO gramas	PROD kg ha ⁻¹
Doses de gesso (kg ha ⁻¹)					
0	277	143	86	2,74	4.414
1000	286	146	85	2,65	4.437
2000	262	146	84	2,51	4.539
3000	265	146	86	2,67	4.481
Anos					
2010/2011	255 b	153 a	84 a	2,66 b	4.534 b
2011/2012	264 b	129 b	87 a	2,23 c	3.695 c
2012/2013	299 a	153 a	86 a	3,04 a	5.174 a
Fatores					
Anava - Probabilidade do teste F					
Gesso (G)	0,2293	0,9677	0,7651	0,0671	0,9652
Anos (A)	<0,001	0,0014	0,2298	<0,001	<0,001
G x A	0,2404	0,6637	0,9769	0,1760	0,8660

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey para $p < 0,05$

O resultado obtido (não resposta à aplicação de gesso) era de certa forma esperado mas trás algumas preocupações. A cultura do arroz de terras altas no sistema de sequeiro é considerada de alto risco de vez que se trata de cultura exigente em água (Crusciol et al., 2013). A utilização do gesso visa reduzir a concentração de Al e aumentar a concentração de Ca em subsuperfície com o objetivo de estimular o desenvolvimento do sistema radicular em profundidade (Ritchey et al., 1982). No sistema plantio direto, devido à presença de nutrientes, matéria orgânica e umidade nos primeiros centímetros de solo, o sistema radicular do arroz se concentra mais superficialmente (Nascente et al., 2013). Assim, a planta de arroz, que já é mais exigente em água do que outras culturas como a soja e o milho, com o sistema radicular menos desenvolvido, fica mais sujeita aos efeitos do veranico e também absorve menos nutrientes, o que tem acarretado em queda de produtividade de grãos (Kluthcouski et al., 2000; Guimarães et al., 2006). Como não houve efeito da aplicação de gesso, mesmo não tendo sido medido, é provável que o sistema radicular do arroz não se desenvolveu em profundidade. Desta forma, outras estratégias devem ser estudadas visando ao maior aprofundamento do sistema radicular do arroz com o intuito de aumentar a resistência das plantas ao déficit hídrico.

Da mesma forma não se observou efeito da aplicação de gesso na massa hectolétrica, rendimento de benefício, rendimento de grãos inteiros e grãos quebrados (Tabela 4). Esses resultados corroboram a não necessidade de aplicação de gesso no solo estudado.

Avaliando os componentes de produção e produtividade de grãos afetados pelo efeito de ano, verifica-se que no terceiro ano houve maior número de panículas e maior massa de 100 grãos do que os valores obtidos nos demais anos (Tabela 2). Além disto, o número de grãos na safra 2012/13 diferiu do resultado encontrado na safra 2011/12 e a fertilidade das espiguetas foi semelhante nas três safras. Como a produtividade de grãos de

arroz é determinada por quatro componentes: 1) número de panículas m⁻², 2) número de espiguetas panícula⁻¹, 3) fertilidade das espiguetas e 4) massa de 1000 grãos (Yoshida, 1981), como reflexo dos resultados obtidos nos componentes de produção constatou-se maior produtividade de grãos na safra 2012/13.

A menor produtividade de grãos obtida na safra 2010/11 pode ser reflexo do acamamento de plantas ocorrido nas parcelas (Tabela 2) proporcionado pelo excesso de chuvas em relação aos demais anos (Figura 1). Segundo Hernandez et al. (2010) o maior desenvolvimento vegetativo, dependendo da cultivar, pode levar ao acamamento de plantas e interferir negativamente na produtividade e na qualidade dos grãos, além de dificultar a operação de colheita. No segundo ano de cultivo (2011/12) obteve-se o menor valor de produtividade, o que pode ser consequência da aplicação do regulador de crescimento que, apesar da redução da altura das plantas e consequentemente do acamamento, proporcionou quedas significativas na produtividade de grãos da cultura do arroz. Segundo Alvarez et al. (2012) a aplicação de reguladores vegetais é tema ainda controverso que, apesar de proporcionar redução da altura de plantas, pode também causar redução da produtividade de grãos da cultura, sendo necessárias pesquisas para identificar a interação genótipo x regulador visando evitar a queda de produção.

CONCLUSÃO

A aplicação de gesso não afeta a altura de plantas, acamamento, componentes de produção, produtividade nem a qualidade de grãos do arroz de terras altas no SPD quando semeado em solo com baixa saturação de alumínio e elevados teores de cálcio na camada de 20 a 40 cm.

LITERATURA CITADA

- Alcordero, I. S.; Rechcigl, J. E. Phosphogypsum in agriculture: a review. *Advances in Agronomy*, v.118, p.49-55, 1993.
- Alvarez, R. C. F.; Crusciol, C. A. C.; Nascente, A. S.; Rodrigues, J. D.; Habermann, G. Gas exchange rates, plant height, yield components, and productivity of upland rice as affected by plant regulators. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, p.1455-1461, 2012.
- Caires, E. F.; Kusman, M. T.; Barth, G.; Garbuio, F. J.; Padilha, J. M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.125-136, 2004.
- Cantarella, H.; Furlani, P. R. Arroz de sequeiro. In: Raij, B. van; Cantarella, H.; Guaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. p.48-49. *Boletim Técnico*, 100
- Crusciol, C. A. C.; Soratto, R. P.; Nascente, A. S.; Arf, O. Root distribution, nutrient uptake, and yield of two upland rice cultivars under two water regimes. *Agronomy Journal*, v.105, p.237-247, 2013.

Tabela 4. Massa hectolétrica (MHEC), rendimento de benefício (RBEN), rendimento de grãos inteiros (RGI) e grãos quebrados (GQ) de plantas de arroz de terras altas cultivadas no SPD em função das doses de gesso e do ano de cultivo. Safras 2010/11, 2011/12 e 2012/13 (Selvíria, MS)

Tratamentos	MHEC kg 100 L ⁻¹	RBEN	RGI	GQ
		%		
Doses de gesso (kg ha ⁻¹)				
0	51,12	66,83	58,79	7,91
1000	50,98	67,72	59,03	8,47
2000	50,82	68,25	60,64	7,54
3000	49,81	68,44	60,18	7,88
Anos				
2010/2011	49,16 b	67,05 b	56,16 c	10,82 a
2011/2012	47,20 c	65,44 b	59,65 b	5,63 b
2012/2013	55,69 a	70,93 a	63,16 a	7,41 b
Fatores				
Anava - Probabilidade do teste F				
Gesso (G)	0,3480	0,1926	0,5128	0,7785
Anos (A)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
G x A	0,0569	0,0767	0,2079	0,5950

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey para p < 0,05

- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.
- Fageria, N. K.; Baligar, V. C.; Jones, C. A. Growth and mineral nutrition of field crops. 3.ed. Boca Raton: CRC Press, 2011. 586p.
- Fidelis, R. R.; Rodrigues, A. M.; Silva, G. F.; Barros, H. B.; Pinto, L. C.; Aguiar, R. W. S. Eficiência do uso de nitrogênio em genótipos de arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.42, p.124-128, 2012.
- Gomes, E. M.; Gheyi, H. R.; Silva, E. F. F. Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e rendimento de arroz, sob diferentes tratamentos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, p.355-361, 2000.
- Guimarães, C. M.; Stone, L. F.; Castro, E. da M. de. Comportamento de cultivares de arroz de terras altas no sistema plantio direto em duas profundidades de adubação. *Bioscience Journal*, v.22, p.53-59, 2006.
- Hernandes, A.; Buzetti, S.; Andreotti, M.; Arf, O.; Sá, M. E. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. *Ciência e Agrotecnologia*, v.34, p.307-312, 2010.
- Kluthcouski, J.; Fancelli, A. L.; Dourado Neto, D.; Ribeiro, C. M.; Ferraro, L. A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. *Scientia Agricola*, v.57, p.97-104, 2000.
- Kumar, V.; Ladha, J. K. Direct seeding of rice: recent developments and future research needs. *Advances in Agronomy*, v.111, p.297-396, 2011.
- Melo, R. M.; Barros, M. F. C.; Santos, P. M.; Rolim, M. M. Correção de solos salino-sódicos pela aplicação de gesso mineral. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p.376-380, 2008.
- Nascente, A. S.; Crusciol, C. A. C.; Cobucci, T. The no-tillage system and cover crops – alternatives to increase upland rice yields. *European Journal of Agronomy*, v.45, p.124-131, 2013.
- Oliveira, I. P.; Costa, K. A. P.; Faquin, V.; Maciel, G. A.; Neves, B. P.; Machado, E. L. Efeitos de fontes de cálcio no desenvolvimento de gramíneas solteiras e consorciadas. *Ciência & Agrotecnologia*, v.33, p.592-598, 2009.
- Oliveira Júnior, A.; Prochnow, L. I.; Klepker, D. Soybean yield in response to application of phosphate rock associated with triple superphosphate. *Scientia Agricola*, v.68, p.376-385, 2011.
- Prasad, R. Aerobic rice systems. *Advances in Agronomy*, v.111, p.207-236, 2011.
- Ramos, L. A.; Korndorfer, G. H.; Pereira, H. S.; Camargo, M. S. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p.849-857, 2006.
- Ritchey, K. D.; Silva, S. E.; Costa, V. F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. *Soil Science*, v.133, p.378-382, 1982.
- Rodrigues, R. A. F.; Soratto, R. P.; Arf, O. Manejo de água em arroz de terras altas no sistema de plantio direto, usando o tanque classe A. *Engenharia Agrícola*, v.24, p.546-556, 2004.
- Santos, J. R.; Bicudo, S. J.; Nakagawa, J.; Albuquerque, A. W.; Cardoso, C. L. Atributos químicos do solo e produtividade do milho afetados por corretivos e manejo do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p.323-330, 2006.
- Santos, R. L.; Freire, F. J.; Azevedo, V. M.; Rocha, A. T.; Tavares, J. A. Produção de capim elefante e movimentação de cátions em função de gesso mineral. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, p.1030-1037, 2013.
- SAS Institute. Procedure guide for personal computers. Version 5. Cary, 1999.
- Silva, T. R. B.; Lemos, L. B. Efeito da calagem superficial em plantio direto na concentração de cátions hidrossolúveis na parte aérea de culturas anuais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.1199-1207, 2008.
- Soratto, R. P.; Crusciol, C. A. C.; Mello, F. F. C. componentes da produção e produtividade de cultivares de arroz e feijão em função de calcário e gesso aplicados na superfície do solo. *Bragantia*, v.69, p.965-974, 2010.
- Sousa, D. M. G.; Lobato, E.; Rein, T. A. Uso de gesso agrícola nos solos do Cerrado. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. 19p. Circular Técnica, 32
- Yoshida, S. Fundamentals of rice crop science. Manila: International Rice Research Institute, 1981. 269p.