XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo
Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

EFEITO DOS SISTEMAS DE SUCESSÃO, CALAGEM E DOSES DE POTÁSSIO SOBRE A PRODUTIVIDADE DA SOJA

Jeander Oliveira Caetano[(1)]; Vinícius de Melo Benites[(2)]; Hamilton Seron Pereira[(3)]; Wander Cruvinel Ferreira Filho[(4)]; Getúlio Sousa Guimarães[(5)]; Thiago Pires Vieira[(5)]

[(1)] Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Bolsista UFG - Universidade Federal de Goiás, Caixa Postal 131, Campus Samambaia, CEP 74001-970, Goiânia, GO, jeandercaetano@gmail.com; [(2)] Pesquisador, Embrapa Solos, Rede FertBrasil, Rua Jardim Botânico 1024, Jardim Botânico, CEP 22.460-000, Rio de Janeiro, RJ; [(3)] Professor Adjunto, Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias, Caixa Postal 593, CEP 38400-902, Uberlândia, MG; [(4)] Pesquisador, Centro Tecnológico Comigo, Anel viário Paulo Campos, s/n, Km 07, Zona Rural, CEP 75.902-261, Rio Verde, GO; [(5)] Graduando em Agronomia - bolsista da Embrapa Solos, Fesurv - Universidade de Rio Verde, Caixa Postal 104, CEP 75901-970, Rio Verde, GO.

Resumo – O uso da integração lavoura-pecuária, aliada à introdução das braquiárias em áreas agrícolas, tem auxiliado na manutenção da cobertura vegetal do solo. Assim, ocorre a necessidade da avaliação dessas plantas de cobertura e das formas de manejo da fertilidade que são amplamente utilizadas pelos agricultores no Brasil. O objetivo foi avaliar o efeito de formas de correção, tipos de cobertura e doses de potássio sobre o rendimento da soja. O delineamento foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas subsubdivididas 2x4x4. Foi avaliado a forma de correção parcelada anual e total inicial (parcela), os tipos de cobertura de solo de inverno Milho + *Brachiaria brizantha*, Milho + *B. ruziziensis*, Milho solteiro e vegetação espontânea (subparcela) e as doses de KCl na forma de 0, 20, 40 e 60 kg ha^{-1} de K_2O (subsubparcela). Realizou-se a coleta dos grãos da cultura de soja, na safra 2010/2011, implantada após as coberturas de inverno. O rendimento de grãos de soja é mais afetado pelo sistema de rotação do que pelo método de aplicação de calcário e pelas doses de cloreto de potássio. As formas de correção não influenciam no rendimento da soja. O maior rendimento de soja ocorre no tratamento com *B. brizanta* como cobertura de inverno. As doses de cloreto de potássio não alteram o rendimento da soja.

Palavras-Chave: Cerrado, lavoura-pecuária, cobertura do solo, rotação, correção.

INTRODUÇÃO

A exploração isolada da lavoura ou da pecuária no Cerrado tem apresentado sinais de insustentabilidade. Portanto, buscam-se opções que viabilizem uma agropecuária sustentável, preservando os seus solos. Os sistemas conservacionistas, como o sistema plantio direto (SPD) e, principalmente, a integração lavoura-pecuária têm merecido destaque por apresentarem melhorias na qualidade do solo. Segundo Vilela et al. (2001), o sucesso da integração no Cerrado deve-se ao fato de que a biomassa seca, acumulada pelas plantas de cobertura, pastagens e restos culturais de lavouras comerciais proporciona um ambiente favorável à recuperação ou manutenção dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, elevando a eficiência da reciclagem de nutrientes. A integração lavoura-pecuária tem sido utilizada com frequência pelos produtores da região do Cerrado, aliado ao uso de diferentes culturas e plantas de cobertura do solo. Porém é necessário avaliar se os manejos de solo utilizados atualmente contribuem para uma melhoria no rendimento das culturas.

Já foram realizados diversos estudos com formas de correção do solo e com resposta à adubação potássica na soja e no milho no Cerrado. Muitos desses testes ocorreram na condição de plantio convencional, necessitando serem atualmente realizados sob sistema plantio direto. Além disso, precisam ser executados sob condições de diferentes coberturas vegetais e de maior aporte de palhada, como o uso das braquiárias no sistema de integração lavoura-pecuária.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de formas de correção do solo, tipos de cobertura vegetal de inverno e doses de KCl sobre o rendimento da soja de verão, em cultivo subsequente às coberturas de inverno.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em Rio Verde - GO (17°45'49.13"S e 51°01'57.47"O, com 604 m). O clima da região é do tipo Aw, segundo Köppen. A média anual de precipitação, durante dez anos de medição, oscilou entre 1200 a 1900 mm ano^{-1}. O estudo foi conduzido em um Latossolo Vermelho distrófico com textura argilosa. A área experimental foi utilizada para cultivo de grãos em SPD, durante os últimos 20 anos antes do inverno de 2007.

A introdução dos dois tratamentos da parcela principal, com as correções de solo total inicial e parcelada anual, ocorreu na instalação do experimento, em 18/10/2007 na safra 2007/2008 (Tabela 1). O solo do tratamento da parcela com correção total inicial foi gradeado com grade com discos de 28 polegadas, e, posteriormente, foi efetuada uma calagem, com a aplicação de 1,7 Mg ha^{-1} de calcário dolomítico (295 g kg^{-1} de CaO, 168 g kg^{-1} de MgO e PRNT de 83%), incorporado por arado de aiveca a 30 cm de profundidade, somada a outra calagem de 1,7 Mg ha^{-1} de calcário e KCl correspondendo à 121 kg ha^{-1} de K_2O, incorporados com grade leve com discos de 22 polegadas, totalizando 3,4 Mg ha^{-1} de calcário. A calagem foi calculada pelo método de saturação por bases, para elevá-la a 65%, na camada de 0 a 40 cm. Nessa mesma época, o solo do outro tratamento da parcela com correção parcelada

anual, recebeu 0,85 Mg ha^{-1} de calcário (correspondente a 1/4 da calagem do tratamento com correção total, a ser aplicado por quatro anos) e KCl correspondendo à 61 kg ha^{-1} de K_2O, foram aplicados em dose única sobre a superfície do solo. Em 02/10/2008, 13/10/2009 e 11/10/2010 aplicou-se novamente 0,85 Mg ha^{-1} de calcário, conforme foi realizado anteriormente, igualando-se à dose de calagem do tratamento com correção total inicial.

Os tratamentos das subparcelas foram os tipos de cobertura vegetal do solo executados durante o inverno de 2010, que compreenderam Milho + *Brachiaria brizantha*, vegetação espontânea, Milho + *Brachiaria ruziziensis* e Milho (Tabela 1). O histórico de cultivo nessas subparcelas, de acordo com o período de cultivo e ao longo de quatro safras, está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamento empregado nas subparcelas e seu histórico de cultivo dos tipos de cobertura vegetal e grãos ao longo de quatro anos de cultivo.

Safra 2010/2011		**Safra 2009/2010**	
Verão	**Inverno**	**Verão**	**Inverno**
	Subparcelas		
Soja CD 240 RR	Milho + *B.brizantha*	Soja M 7908 RR	*B.brizantha*
Soja CD 240 RR	Veg. esp.	Soja M 7908 RR	Veg. esp.
Soja CD 240 RR	Milho + *B.ruziziensis*	Soja M 7908 RR	*B.ruziziensis*
Soja CD 240 RR	Milho	Soja M 7908 RR	Sorgo Dow 1G100
Soja CD 240 RR	Milho + *B.brizantha*	Soja M 7908 RR	*B. brizantha*
Soja CD 240 RR	Veg. esp.	Soja M 7908 RR	Veg. esp.
Soja CD 240 RR	Milho + *B.ruziziensis*	Soja M 7908 RR	*B.ruziziensis*
Soja CD 240 RR	Milho	Soja M 7908 RR	Sorgo Dow 1G100
Safra 2008/2009		**Safra 2007/2008**	
Verão	**Inverno**	**Verão**	**Inverno**
			Parcelas
B.brizantha	*B.brizantha*	*B.brizantha*	Total inicial
Soja M 6101	Veg. esp.	Milho 30K73	Total inicial
Soja M 6101	Veg. esp.	Soja RR 7908	Total inicial
Soja M 6101	Milheto ADR 300	Soja RR 7908	Total inicial
B.brizantha	*B.brizantha*	*B.brizantha*	Parcelada anual
Soja M 6101	Veg. esp.	Milho 30K73	Parcelada anual
Soja M 6101	Veg. esp.	Soja M 7908 RR	Parcelada anual
Soja M 6101	Milheto ADR 300	Soja M 7908 RR	Parcelada anual

Veg. esp. - Vegetação espontânea.

Nos tratamentos das subsubparcelas aplicou-se as doses de KCl correspondentes à 0, 20, 40 e 60 kg ha^{-1} de K_2O, na cultura da soja, nas safras de verão de 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011 e no inverno de 2010. Essas doses de potássio foram baseadas na extração da cultura da soja, correspondendo à reposição de 0% (0 kg ha^{-1} de K_2O), 30% (20 kg ha^{-1} de K_2O), 60% (40 kg ha^{-1} de K_2O) e 90% (60 kg ha^{-1} de K_2O) das quantidades exportadas de K_2O pela colheita da soja da safra anterior. As aplicações de KCl foram realizadas superficialmente e manualmente aos 15 dias após o semeadura da soja.

A soja cultivar CD 240 RR foi semeada em todo experimento no dia 15/10/2010. Na semeadura da soja, realizou-se apenas a adubação fosfatada, já que as doses de potássio foram aplicadas posteriormente. Em 15/02/2010 realizou-se a colheita da soja, sendo coletada uma área total de 12 m^2 no centro de cada uma das subsubparcelas (4 m x 6 linhas, com 0,5 m de espaçamento). O rendimento da soja foi corrigido para 13% de umidade.

Neste experimento os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados, em esquema de parcelas subsubdivididas 2x4x4, com quatro repetições. Nas parcelas, com área de 3.840 m^2, foram aplicados os dois tipos de manejo de solo: correção total inicial e correção parcelada anual; nas subparcelas, com área de 240 m^2 (12 x 20 m), foram utilizados os quatro tipos de cobertura vegetal: Milho + *Brachiaria brizantha*, vegetação espontânea, Milho + *Brachiaria ruziziensis* e Milho solteiro; e as subsubparcelas, com área de 60 m^2 (6 x 10 m), foram constituídas pelas doses de KCl correspondentes à 0, 20, 40 e 60 kg ha^{-1} de K_2O. As análises totalizaram 128 tratamentos. As análises de variância foram efetuadas para o rendimento de grãos de soja. Após as análises de variância, os tratamentos qualitativos foram comparados pelo teste de Tukey a 5 % e os tratamentos quantitativos, por regressão. Todas as análises foram efetuadas utilizando-se o programa estatístico Sisvar 5.1 (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância para o rendimento de grãos de soja demonstrou que houve diferença significativa somente entre os diferentes tipos de cobertura vegetal, não ocorrendo diferença entre as formas de correção e doses de cloreto de potássio (Tabela 2).

Não houve diferença, quanto ao rendimento de grãos de soja, entre as formas de correção do solo total inicial e parcelada anual (Tabela 3).

Geralmente o calcário incorporado, em camadas de até 30 cm, tem apresentado respostas positivas na produção de soja (Prado, 2003), especialmente quando ocorrerem veranicos nessa cultura (Dedecek, 1986), e até ausência de resposta dessa oleaginosa (Narimatsu, 2008). A elevação no rendimento da soja, com a incorporação profunda do calcário, em detrimento da incorporação superficial, ocorreu principalmente naqueles solos em que os teores de nutrientes eram inadequados, antes da implantação dos tratamentos, especialmente àqueles relacionados à acidez do solo.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para o rendimento de grãos da cultura de soja submetida aos fatores formas de correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subsubdivididas 2x4x4, com n=128 (Safra 2010/2011).

Causas da Variação	GL	F	p>F
Bloco	3	7,35	0,07
Correção	1	5,76	0,01
Resíduo a	3	421.675,49	
(Parcela)	(7)		
Cobertura	3	26,05	0,00
Correção x Cobertura	3	0,51	0,68
Resíduo b	18	205.667,37	
(Subparcela)	(31)		
KCl	3	1,52	0,22
Correção x KCl	3	1,02	0,39
Cobertura x KCl	9	1,07	0,39
Correção x Cobertura x KCl	9	0,67	0,73
Resíduo c	72	100.717,05	
(Subsubparcela)	(127)		
CV (%) - Parcela		15,98	
CV (%) - Subparcela		11,16	
CV (%) - Subsubparcela		7,81	

Tabela 3. Rendimento de grãos da cultura da soja, submetido a duas formas de correção do solo (Safra 2010/2011).

Correção total inicial	3.925,23	a
Correção parcelada anual	4.200,77	a

Médias não seguidas pela mesma letra, minúsculas na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

Por outro lado, a ausência de movimentação do solo concentra os nutrientes em camadas inferiores a 5 cm, devido ao contínuo uso do SPD. Essa maior concentração superficial de nutrientes, ocasionado pelo contínuo uso do SPD, e a aplicação superficial de calcário podem fornecer mais nutrientes e corrigir a acidificação mais próximos da camada de 0 a 20 cm, profundidade em que se concentraram a maioria das raízes (Canalli e Roloff, 1997), ocasionando o maior rendimento da soja com a calagem superficial.

Apesar desses resultados, os atributos químicos aqui avaliados em análises anteriores a essa safra apresentaram-se quase sempre com teores adequados e elevados para a camada de 0 a 20 cm de profundidade, conforme Sousa e Lobato (2007). Outro fator que pode ter influenciado a ausência de diferença entre os tratamentos foi a precipitação pluvial, que foi bem distribuída durante o período de cultivo, atendendo às necessidades hídricas para a produção máxima da cultura da soja.

As subparcelas mantidas sob o cultivo de inverno com Milho + *B. brizantha* demonstraram maior rendimento da soja em relação às demais áreas (Tabela 4), com diferença de rendimento médio em favor das áreas de Milho + *B. brizantha* variando entre 12,33% à 19,44%. São relativamente recentes os estudos acerca da influência dos resíduos culturais deixados na superfície do solo sobre a produtividade de culturas cultivadas em sucessão, principalmente sobre o rendimento de soja em palhadas de braquiária em SPD. Broch et al. (1997) evidenciaram os melhores rendimentos de soja em palhada de *B. brizantha* (3.000 kg ha^{-1}), com o pior no plantio após vegetação espontânea (2.600 Kg ha^{-1}). A elevação dos rendimentos de grãos, em plantio subsequente ao cultivo de gramíneas como planta de cobertura, também foram encontrados por Oliveira et al. (2002). O maior rendimento de grão de feijoeiro foi obtido no tratamento com milheto (640 kg ha^{-1}), em comparação com mucuna-preta (350 kg ha^{-1}) e feijão-de-porco (340 kg ha^{-1}). Esses autores citaram que a elevada quantidade de biomassa seca produzida pelo milheto (14,18 Mg ha^{-1}), em contraste com aquelas obtidas com a mucuna-preta (1,09 Mg ha^{-1}) e o feijão-de-porco (3,43 Mg ha^{-1}), apresentaram elevado acúmulo de macro e micronutrientes, e a alta relação C/N do milheto, possibilitaram maior tempo de permanência da palhada na superfície do solo, contribuindo para o maior rendimento de grãos do feijoeiro sob sistema plantio direto. Como observado nas condições deste experimento, nos tratamentos com produção superior de biomassa seca pode ter ocorrido maior cobertura do solo, menor evaporação e, consequentemente, aumento da capacidade de armazenamento de água da chuva, que favoreceu o crescimento das plantas.

Tabela 4. Rendimento de grãos da cultura da soja, submetido a quatro tipos de cobertura do solo (Safra 2010/2011).

Cultivo de inverno	Rendimento de grãos	
Milho solteiro	3.737,15	c
Milho + *B. ruziensis*	3.809,22	bc
Pousio	4.066,78	b
Milho + *B. brizantha*	4.638,85	a

Médias não seguidas pela mesma letra, minúsculas na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

Para o rendimento dos grãos de soja não houve diferença significativa identificada na análise de variância para a dose de KCl (Tabela 2). Isso explica a ausência de resposta do rendimento da soja, às doses de cloreto de potássio (Figura 1).

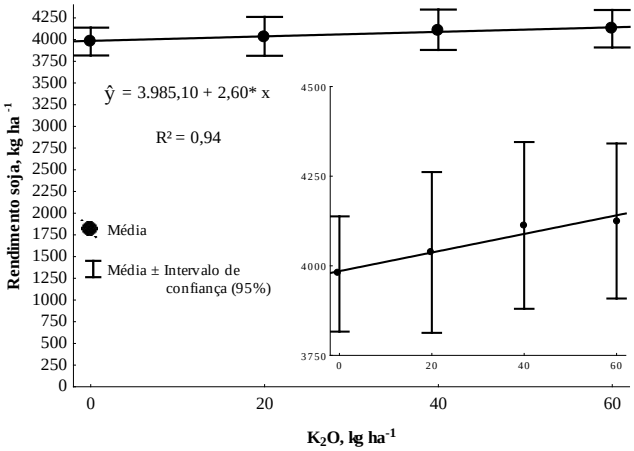

Figura 1. Relação entre os valores médios e intervalo de confiança (95%) do rendimento de grãos de soja e as doses de KCl equivalentes a 0, 20, 40 e 60 kg ha^{-1} de K_2O (safra 2010/2011).* significativo com P<0,05 pelo teste F.

Alguns trabalhos têm obtido respostas à aplicação de potássio, principalmente quando os seus níveis estão baixos no solo (Borkert et al., 1993; Scherer, 1998; Lana et al., 2002). Scherer (1998), avaliando um experimento de 12 anos de cultivo, obteve respostas à aplicação de potássio somente após cinco anos. Isso ocorreu devido ao alto teor de potássio no solo quando da implantação do experimento, sendo, portanto esse o período que levou para a sua exaustão no solo. No caso deste experimento essa ausência de resposta provavelmente ocorreu devido aos teores adequados de potássio, de acordo com Sousa e Lobato (2007), verificadas antes da implantação do experimento e após as aplicações de cloreto de potássio.

CONCLUSÕES

1. As formas de correção parcelada anual e total inicial não influenciam o rendimento da soja.
2. O rendimento da soja é superior quando implantada após o cultivo de Milho + *B. brizanta*.
3. A elevação das doses de cloreto de potássio não tem influência sobre o rendimento da soja.

AGRADECIMENTOS

Ao International Potash Institute (IPI), pelo apoio financeiro por meio do projeto Aduba Brasil (convênio IPI/Embrapa). A Fapeg pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

BORKERT, C.M.; SILVA, D.N. e SFREDO, G.J. Calibração de potássio nas folhas de soja em Latossolo Roxo distrófico. R. Bras. Ci. Solo, 17:227-230, 1993.

BROCH, D.L.; PITOL, C. e BORGES, E.P. Integração agricultura-pecuária: plantio direto da soja sobre pastagens na integração agropecuária. Maracaju, Fundação MS, 1997. 24p. (Fundação MS. Informativo Técnico, 01/97).

CANALLI, L.B. e ROLOFF, G. Influência do preparo e da correção do solo na condição hídrica de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 21:99-104, 1997.

DEDECEK, R.A.P., J.; IKE, M. & IWATA, F. Efeito de profundidade de aração inicial, modos de adubação corretiva e sistemas de preparo do solo na produção de soja em solo de cerrados. R. Bras. Ci. Solo, 10:173-180, 1986.

FERREIRA, D.F. Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas. Lavras, UFLA, 2000. 66p.

LANA, R.M.Q.; HAMAWAKI, O.T.; LIMA, L.M.L.D. e JÚNIOR, L.A.Z. Resposta da soja a doses e modos de aplicação de potássio em solo de cerrado. Biosci. J., 18:17-23, 2002.

NARIMATSU, K.C.P. Plantio direto de soja e milho no sistema integração agricultura-pecuária: condicionamento do solo e rotação de culturas. 2008. 181p. Tese (Doutor em Agronomia: Sistemas de Produção) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

OLIVEIRA, T.K.; CARVALHO, G.J. e MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. Pesq. Agropec. Bras., 37:1079-1087, 2002.

PRADO, R. Efeito residual do calcário sob diferentes modos de incorporação antes da instalação do sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 7:478-482, 2003.

SCHERER, E.E. Resposta da soja à adubação potássica em Latossolo húmico distrófico num período de doze anos. R. Bras. Ci. Solo, 22:49-55, 1998.

SOUSA, D.M.G. e LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2, ed. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2007. 416p.

VILELA, L.; BARCELLOS, A.O. e SOUSA, D.M.G. Benefícios da integraçao entre lavoura e pecuária. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2001. 21p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 42).