

EFEITO DE SISTEMAS DE PREPARO NO REDIMENTO, NUTRIÇÃO E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA SOJA CULTIVADA EM SOLO DE CERRADO

EFFECT OF CROPPING SYSTEMS ON YIELD, NUTRITION AND AGRICULTURAL CHARACTERISTICS OF SOYBEAN CULTIVATED IN A CERRADO SOIL

Ricardo Falqueto JORGE¹; Renato Ribeiro PASSOS²; Elias Nascentes Borges³; Gilberto Fernandes CORRÊA³; Ivoney GONTIJO¹

RESUMO: Este estudo buscou avaliar a influência do cultivo convencional (CC), cultivo mínimo (CM), plantio direto de 1º ano em área de pastagem degradada (PD), plantio com ausência de preparo (AP) em área de pastagem degradada e a aplicação superficial da calagem e calagem+gessagem sobre o rendimento da soja, concentração foliar de P, K, Ca, Mg e S, características agronômicas da soja como altura das plantas; matéria seca (MS) de nódulos, parte aérea, raízes e altura da inserção da primeira vagem (IPV). Os resultados mostram haver efeito dos sistemas de manejo do solo e da aplicação do corretivo sobre as características avaliadas. O CC e o PD na presença de calcário apresentaram maior rendimento de soja. Os teores de Ca, Mg e S na parte aérea encontram-se abaixo dos níveis críticos, enquanto o P e K apresentam-se acima desses níveis para a cultura da soja. Houve correlação positiva entre produtividade e características agronômicas da soja.

UNITERMOS: Sustentabilidade do solo, Sistemas de manejo, Corretivo, Macronutrientes.

INTRODUÇÃO

O sistema de produção de soja predominante na região central do Brasil tem como forma de manejo do solo o uso continuado de grades de disco, em várias operações anuais, inclusive logo após a colheita. Como resultado de tais operações, tem-se um intenso processo de degradação dos solos, por alterações em sua estrutura, com formação de camada compactada e de encrostamento superficial, com conseqüências desastrosas na erosão do solo, taxa de infiltração de água no solo e volume de solo disponível para crescimento de raízes, perdas de nutrientes por movimento horizontal, aumento nos custos de produção e maior suscetibilidade ao efeito de veranicos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA 2000, 2001).

O atual sistema de exploração agrícola leva o solo a um processo acelerado de degradação, com alteração das características físicas, químicas e biológicas,

afetando, progressivamente, o seu potencial produtivo. O manejo do solo consiste em um conjunto de operações realizadas com objetivos de propiciar condições favoráveis à sementeira, ao desenvolvimento e a produção das plantas cultivadas, por tempo ilimitado. Para que esse objetivo seja atingido, é imprescindível a pesquisa e a adoção de diversas práticas na produção agrícola.

A acidez do solo é um dos fatores que mais limita a produtividade das culturas em várias partes do mundo, particularmente no Cerrado Brasileiro (LOPES, 1984). Nestes solos, geralmente ácidos existem problemas de deficiência e/ou toxidez nutricional, baixa capacidade de retenção de água e baixa atividade dos microrganismos. Os solos de Cerrado, com essas características, apresentam baixa produtividade em condições naturais (LOPES, 1984, FAGERIA & STONE, 1999 e SILVEIRA et al., 2000). Para incorporação desses solos ao processo produtivo é indispensável o uso adequado de corretivos agrícolas, associados a um plano de adubação bem definido.

¹ Mestrando em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia.

² Professor, Doutor, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES.

³ Professor, Doutor, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia.

Received 28/05/03

Accept 03/03/04

A calagem eleva o pH e a saturação por bases e fornece os nutrientes Ca e Mg no solo. A elevação do pH tem influência direta na redução da toxidez de Al e pode alterar a disponibilidade de nutrientes no solo para as plantas (MIRANDA & MIRANDA, 2000). A aplicação de gesso agrícola diminui a saturação por Al em profundidade, fornece Ca e S e promove a melhoria das propriedades físicas do solo (ALVARENGA et al., 1998).

Os sistemas de manejo adotados nos processos produtivos têm sido amplamente discutidos, principalmente para as condições de solos ácidos e de baixa fertilidade, como os de Cerrado. Visando maior sustentabilidade do sistema produtivo, a utilização de áreas com pastagens degradadas bem como a manutenção de altas produtividades após adequação química, tem-se estudado alguns sistemas de manejo que podem viabilizar um sistema agrícola mais duradouro. Sistemas adequados de manejo do solo influenciam positivamente na sua conservação, além de oferecer ambiente propício ao desenvolvimento das culturas, minimizando perdas por erosão (BARUQUI; FERNANDES, 1985; BATAGLIA; DECHEN; SANTOS, 1992). Dentre esses sistemas, os mais conservacionistas, como o plantio direto e o cultivo mínimo, merecem destaque.

A análise de crescimento representa a referência inicial na análise de produção das espécies vegetais. Avaliar os efeitos de sistemas de manejo sobre as plantas

é fundamental, pois, possibilita descrever as mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é possível com o simples registro do rendimento (PEREIRA; MACHADO, 1987). A avaliação comparativa da influência de distintos sistemas de preparo e manejo do solo, quanto às características e propriedades relacionadas ao sistema solo-água-plantas, possibilitará indicar, de forma adequada, a melhor exploração agrícola do solo, proporcionando maior produtividade, otimização da água da chuva e /ou irrigação bem como dos nutrientes aplicados pela adubação e ainda a melhor conservação do solo.

Objetivou-se avaliar os efeitos dos sistemas de manejo sobre o rendimento, características agrônômicas e teores foliares de macronutrientes na cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado no ano agrícola 2000/2001, na Fazenda Experimental do Glória, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG. O solo da área, originalmente sob vegetação de cerrado, mas atualmente sob uso de pastagem com sinais de degradação, foi classificado como sendo LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (EMBRAPA, 1999). Para caracterização do solo da área experimental, retiraram-se amostras na profundidade de 0-20 cm (Quadro 1).

Quadro 1. Análise química e física de material de solo coletado na profundidade 0-20 cm de um Latossolo Vermelho, na Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia-MG, 2001/2002.

pH H ₂ O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	V	Areia	Silte	Argila
— mg dm ⁻³ —		cmol _c dm ⁻³				%				
5,2	1,0	31	0,2	0,1	0,6	4,0	8	55	3	42

Posteriormente, demarcaram-se as parcelas experimentais de 11 x 25m (área útil de 8 x 23m), dispostas em um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, as quais receberam os tratamentos:

Quadro 2. Sistemas de manejo propostos nos tratamentos.

Tratamento	Codificação	Sistema de Manejo
1	CCCG	Cultivo Convencional, com calcário + gesso agrícola incorporado com grade pesada.
2	CCC	Cultivo Convencional, com calcário incorporado com grade pesada
3	APCG	com Ausência de Preparo do Solo, com calcário+gesso agrícola aplicados na superfície (sem incorporação).
4	CMC	Cultivo Mínimo, com calcário parcialmente incorporado com o arado escarificador.
5	CMCG	Cultivo Mínimo com calcário+gesso agrícola parcialmente incorporados com arado escarificador.
6	APC	Ausência de Preparo do Solo com calcário aplicado na superfície (sem incorporação).
7	PDCG	Plantio Direto com calcário+gesso agrícola incorporado com grade na aplicação.

A partir da instalação do experimento, estabeleceu-se uma sucessão de culturas: milho-soja, tendo como cultura de inverno, a braquiária (*Brachiaria decumbens* cv *Basilisk*). A seqüência de culturas propostas visa integrar uma área de pastagem degradada, formada com *Brachiaria sp* ao sistema lavoura-pecuária, tendo como objetivos a diversificação do sistema de produção e a recuperação da pastagem degradada.

No ano agrícola de 2000/2001, utilizou-se o milho como cultura de verão e no ano agrícola de 2001/2002, a soja. Antes da semeadura da soja, coletaram-se amostras de solo nas profundidades de 0-10 cm, para as parcelas de cultivo mínimo e ausência de preparo do solo, e 0-20 cm, para o cultivo convencional e plantio direto (Quadro 3), para fins de avaliação da necessidade de calagem, de gessagem e de adubação química do solo.

Quadro 3. Caracterização química do material de solo coletado nas parcelas experimentais de um Latossolo Vermelho, 120 dias antes do plantio da soja. Uberlândia-MG, 2001/2002.

Característica	Tratamentos ¹						
	CCCG	CCC	APCG	CMC	CMCG	APC	PDCG
pH em água (1:2,5)	5,72	5,73	5,23	5,19	5,36	5,29	5,5
Ca (cmol _c dm ⁻³)	1,05	0,84	0,50	0,44	0,70	0,67	1,00
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,68	0,70	0,27	0,38	0,38	0,50	0,62
K (mg kg ⁻¹)	30	34	31	35	31	38	26
P (mg kg ⁻¹)	2,71	5,76	4,92	7,74	5,79	6,09	3,72
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,08	0,11	0,37	0,41	0,29	0,33	0,10
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	2,91	3,23	4,44	4,85	4,20	4,81	3,33
V (%)	37,84	31,10	15,98	15,94	21,72	20,96	33,62

¹ Média de 4 repetições

Aplicou-se calcário dolomítico nas parcelas experimentais visando, atingir, no mínimo 50% da saturação por bases nas parcelas em todos os sistemas de manejo. Nas parcelas de cultivo mínimo, ausência de preparo e plantio direto, devido à não utilização da incorporação mecânica, aplicou-se a metade da dose recomendada para o sistema convencional, suficiente para corrigir uma camada de 10 cm de solo. A quantidade de gesso agrícola foi calculada com base na textura do solo (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE ESTADE DE MINAS GERAIS - CFSEMG, 1999), na profundidade de 0-20 cm (Quadro 1), que correspondeu a 25,52 kg/parcela de 275 m² (0,93 t/ha) para os sistemas de manejo de cultivo convencional e plantio direto, e de 12,76 kg/parcela de 275 m² (0,46 t/ha) para os sistemas de manejo de cultivo mínimo e ausência de preparo do solo. A incorporação do(s) corretivo(s) foi feita com grade pesada e escarificador, respectivamente, para as parcelas de cultivo convencional e cultivo mínimo.

Em novembro de 2001, procedeu-se a semeadura da soja MSOY 8001, utilizando plantadeira de plantio direto SHM 17, com espaçamento entre linhas de 0,45 m e 18 plantas por metro linear para a soja (stand final de 400 mil plantas ha⁻¹). A adubação de semeadura foi de 400 kg/ha do formulado 0-30-15. Realizou-se o tratamen-

to das sementes de soja, antes do plantio, com fungicida, cobalto, molibdênio e inoculante turfoso em pó na dose segundo, recomendações técnicas da Embrapa (2001).

A adubação de cobertura da soja foi feita 40 dias após a semeadura, com cloreto de potássio na dose de 60 kg K₂O/ha. Quando a soja apresentava 50% do florescimento, foram coletadas amostras de folhas de soja (terceira folha de soja com pecíolo a partir do ápice), nas parcelas experimentais (20 folhas por parcela), as quais após secas em estufa a 65°C, foram passadas em moinho do tipo Wiley para análise de macronutrientes.

Nesse mesmo período, mediu-se a altura das plantas de soja, 55 dias após a germinação, avaliando-se 20 plantas por parcela experimental. Neste mesmo mês foram coletadas 12 plantas de soja, com parte aérea e raiz com nódulos, em cada parcela experimental, visando avaliar a matéria seca de: nódulos, parte aérea e raiz. Avaliou-se também a altura de inserção da primeira vagem da soja.

Com a finalidade de avaliar a relação entre os sistemas de manejo do solo (cultivo convencional, mínimo, plantio direto - 1º ano e ausência de preparo) e correção do solo (calagem e calagem+gessagem) sobre a nutrição mineral e o rendimento da soja e as seguintes características agrônômicas da cultura: altura das plantas

aos 55 dias após a emergência (DAE); matéria seca de nódulos, parte aérea e raiz aos 65 DAE e altura da inserção da primeira vagem. Foram realizadas análises estatísticas dos resultados, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de tratamentos e correlações de Pearson entre a produção de grãos e as características agronômicas da cultura da soja.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se pelo quadro 3 efeito significativo dos sistemas de manejo para teores de cálcio, magnésio e potássio nas folhas bem como para as características agronômicas estudadas. Não houve efeito da interação entre sistemas de manejo e uso de corretivos.

Quadro 4. Resumo das análises de variância (anova) dos teores de cálcio, magnésio, enxofre, fósforo e potássio em folhas aos 70 dias após a semeadura; e Matéria seca de nódulos(MSN), da parte aérea (MSP) e da raiz (MSR), altura das plantas (AP) e altura da inserção da primeira vagem (IPV) da soja cultivada, 65 dias após a germinação; e Produção de grãos (PROD), sob diferentes sistemas de manejo e correção do solo. Ano agrícola 2001/2002.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio				
		Cálcio	Magnésio	Enxofre	Fósforo	Potássio
Manejo	3	5,38*	0,79*	0,012	0,036	7,32*
Corretivo	1	4,21	0,03	0,004	0,016	9,69*
Manejo x Corretivo	2	0,16	0,11	0,025	0,040	1,32
Bloco	3	0,87	1,63*	0,014	0,113	2,50
Resíduo	18	1,16	0,05	0,032	0,028	0,38
CV		13,63	7,99	11,92	6,44	3,50

	G.L.	Quadrado Médio					
		MSN	MSP	MSR	AP	IPV	PROD
Manejo	3	8.389,6*	17.694.992,3*	145.563,2*	1.012,5*	9,54*	1.341.652,9*
Corretivo	1	32,8	12.387.419,1*	120.511,1*	64,1	6,20*	433.898,4
Manejo x Corretivo	2	1.756,7	508.040,3	27.752,0	18,0	0,94	184.880,7
Bloco	3	1.004,1	534.278,7	9.065,4	63,7	2,52	25.662,4
Resíduo	18	1.178,9	1.403.911,1	21.973,6	29,6	1,27	218.931,0
CV		43,57	26,21	23,56	10,60	8,54	24,78

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

As comparações de médias dos resultados do estado nutricional da soja mostraram que os teores foliares de cálcio e magnésio, nos sistemas de cultivo convencional e plantio direto foram superiores aos demais sistemas de manejo (Quadro 5). A aplicação associada de calcário e gesso agrícola (Cal+Ges) favoreceu para que ocorressem maiores concentrações de cálcio na folha, comparativamente à utilização somente de calcário (Cal). Já os teores de enxofre não sofreram influência significativa tanto dos sistemas de manejo quanto dos corretivos (Quadro 5). Independentemente do tratamento utilizado, verifica-se que os teores de cálcio, magnésio e enxofre encontram-se abaixo dos níveis críticos propostos para a cultura da soja (BATAGLIA; DECHEN; SANTOS, 1992).

Contrariamente aos teores de cálcio, magnésio e enxofre, os teores de fósforo e potássio apresentaram-se, de maneira geral, acima dos níveis considerado críticos para

a cultura da soja (BATAGLIA; DECHEN; SANTOS, 1992). Pelo Quadro 6 verifica-se que os teores de fósforo não diferiram entre os tratamentos, enquanto que para o potássio, o cultivo mínimo e a ausência de preparo apresentaram valores superiores deste nutriente em relação ao cultivo convencional e plantio direto. A aplicação isolada de calcário (Cal) permitiu que ocorressem maiores concentrações de potássio na folha, comparativamente à utilização associada de calcário + gesso agrícola (Quadro 6).

Possivelmente a presença do gesso tenha contribuído para que uma fração do potássio trocável do solo tenha deslocado para fora da região de absorção das raízes. Dentro desse contexto, diversos pesquisadores descrevem a grande facilidade com que o gesso pode formar o pareamento iônico, como $K_2SO_4^0$ e $CaSO_4^0$ e outras bases, presentes no solo e movimentar-se em profundidade (BORGES, 1995).

Soprano (1986) observou perdas não só para o potássio mas também para cálcio e magnésio, através da movimentação para fora da zona de absorção radicular, quando aplicavam-se doses mais elevadas de gesso junto

ao calcário. Assim, a maior disponibilidade de potássio trocável do solo e na planta, quando se aplicou somente calcário, favoreceu a absorção deste nutriente pela soja proporcionando maiores teores foliares.

Quadro 5. Comparações de médias dos teores de cálcio, magnésio e enxofre em folhas de soja cultivada sob diferentes sistemas de manejo e correção do solo, 70 dias após a semeadura, ano agrícola 2001/2002.

Sistema de Manejo ⁽¹⁾	Teor de cálcio (g/kg)			Teor de magnésio (g/kg)			Teor de enxofre (g/kg)		
	Corretivo ⁽²⁾			Corretivo ⁽²⁾			Corretivo ⁽²⁾		
	Cal	Cal+Ges	$\bar{X}^{(3)}$	Cal	Cal+Ges	$\bar{X}^{(3)}$	Cal	Cal+Ges	$\bar{X}^{(3)}$
CC	7,76	8,93	8,35 ab	2,88	3,00	2,94 b	1,46	1,49	1,48 a
CM	6,56	7,24	6,90 c	2,50	2,50	2,50 c	1,48	1,39	1,44 a
AP	7,28	7,95	7,62 bc	2,71	2,39	2,55 c	1,41	1,55	1,48 a
PD		9,65	9,65 a		3,33	3,33 a		1,56	1,56 a
$\bar{Y}^{(3)}$	7,20 B	8,42 A		2,70 A	2,81 A		1,45 A	1,50 A	

⁽¹⁾ CC: Cultivo Convencional; CM: Cultivo Mínimo; AP: Ausência de Preparo do Solo; PD: Plantio Direto.

⁽²⁾ Cal: Calcário; Cal+Ges; Calcário+Gesso.

⁽³⁾ Letras maiúsculas, em cada linha, comparam os corretivos, para cada característica química e profundidade. Letras minúsculas, em cada coluna, comparam os sistemas de manejo, para cada característica química e profundidade. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Quadro 6. Comparações de médias dos teores de fósforo e potássio em folhas de soja cultivada sob diferentes sistemas de manejo e correção do solo, 70 dias após a semeadura, no ano agrícola 2001/2002.

Sistema de Manejo ⁽¹⁾	Teor de fósforo (g/kg)			Teor de potássio (g/kg)		
	Corretivo ⁽²⁾			Corretivo ⁽²⁾		
	Cal	Cal+Ges	$\bar{X}^{(3)}$	Cal	Cal+Ges	$\bar{X}^{(3)}$
CC	2,68	2,72	2,70 a	16,19	16,63	16,41 b
CM	2,65	2,44	2,55 a	18,75	17,44	18,09 a
AP	2,59	2,61	2,60 a	19,63	17,63	18,63 a
PD		2,65	2,65 a		17,00	17,00 b
$\bar{Y}^{(3)}$	2,64 A	2,61 A		18,19 A	17,18 B	

⁽¹⁾ CC: Cultivo Convencional; CM: Cultivo Mínimo; AP: Ausência de Preparo do Solo; PD: Plantio Direto.

⁽²⁾ Cal: Calcário; Cal+Ges; Calcário+Gesso.

⁽³⁾ Letras maiúsculas, em cada linha, comparam os corretivos, para cada característica química e profundidade. Letras minúsculas, em cada coluna, comparam os sistemas de manejo, para cada característica química e profundidade. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Rosolem e Marcello (1998), estudando a nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada, observaram através da análise foliar que os teores de P e K não foram afetados pela calagem, mas o K na parte aérea, foi diminuído na maior e na menor saturação por bases, quando foi aplicada a maior dose de P. O teor de Cálcio foi aumentado pela calagem, mas dimi-

nuiu com as maiores doses de P.

Com relação à matéria seca dos nódulos, da parte aérea e das raízes da soja, avaliada aos 65 dias após a germinação, os resultados mostraram ocorrer efeito significativo tanto do modo de preparo e manejo do solo como da aplicação do corretivo e condicionador do solo sobre as características avaliadas na soja (Quadro 7). O siste-

ma de cultivo convencional proporcionou maiores produções de matéria seca da parte aérea e de raízes bem como da altura de inserção da primeira vagem, seguido do plantio direto, cultivo mínimo e ausência de preparo do solo.

Por se tratar de uma área de pastagem degradada e ácida (Quadro 1), a melhor homogeneização das bases na massa de solo, proporcionado pela incorporação, possivelmente justifique esta constatação. Voss e Sidiras (1985) em Londrina e Carambeí - PR constataram, no entanto, que no sistema plantio direto houve favorecimento à nodulação das raízes de soja, em comparação com plantio em sistema convencional. Portanto, resultados contrários aos observados na literatura podem estar relacionados com a ausência da construção da fertilidade do solo através da adoção do sistema de manejo convencional antes da implantação do sistema de manejo em plantio direto.

Esta constatação parece indicar, que para a adoção do sistema de plantio direto a partir do primeiro ano em áreas de pastagens degradadas, cuidados especiais com a inoculação devem ser observados. Fontaneli et al. (2000), estudando a produtividade e nodulação, observaram que após cinco anos de cultivo de diferentes rotações com soja, que na média dos anos não houve diferenças significativas entre o tipo de cultura antecessora e o rendimento de grãos de soja. Estes mesmos autores, observaram ainda, que no sistema de plantio direto ocorreu uma nodulação abundante para a cultura do soja, superando a considerada suficiente para a fixação biológica de N (FONTANELI et al., 2000).

A utilização de calcário proporcionou valores superiores de produção de matéria seca da parte aérea e de raízes, altura das plantas e inserção da primeira vagem em relação aos tratamentos envolvendo a aplicação conjunta de calcário e gesso. Marchiori et al., 1999, observaram efeito da densidade de plantio e épocas de semeadura na altura final de planta e da inserção das primeiras vagens, aumentando as perdas na colheita. As perdas na colheita mecânica podem chegar a níveis muito elevados, quando semeada em época inadequada, devido ao porte baixo das plantas (EMBRAPA, 1996). Além da época, outros fatores como a população de plantas, afetam as características agrônomicas da soja.

Com relação à produção de grãos de soja, verificou-se que houve efeito significativo do sistema de manejo do solo e do corretivo. O cultivo convencional proporcionou as maiores respostas de produtividade de grãos de soja, seguido do plantio direto, cultivo mínimo e área com ausência de preparo do solo (Quadro 8).

A utilização de corretivos com ou sem a associação ao gesso, observa-se que a aplicação somente de calcário foi mais produtivo em relação a aplicação conjunta de calcário e gesso (Quadro 8). Caires et al. (1998) não verificaram resposta à aplicação de calcário e gesso em superfície em sistema de cultivo com ausência de preparo do solo em dois cultivos sucessivos de soja. De acordo com os mesmos autores, a resposta da soja à calagem em sistemas de cultivo convencional, onde o corretivo é devidamente incorporado ao solo é bastante conhecida, entretanto, quando não há incorporação do corretivo, as respostas nem sempre são positivas.

Quadro 7. Matéria seca (MS) de nódulos, da parte aérea e da raiz da soja cultivada, 65 dias após a germinação, sob diferentes sistemas de manejo e correção do solo. Fazenda Experimental do Glória, Universidade Federal de Uberlândia, MG. Ano agrícola 2001/2002.

Sistema de Manejo ⁽¹⁾	MS de nódulos (kg/ha)			MS da parte aérea (kg/ha)			MS da raiz (kg/ha)		
	Corretivo ⁽²⁾			Corretivo ⁽²⁾			Corretivo ⁽²⁾		
	Cal	Cal+Ges	\bar{X} ⁽³⁾	Cal	Cal+Ges	\bar{X} ⁽³⁾	Cal	Cal+Ges	\bar{X} ⁽³⁾
CC	32	39	35 b	7424	5470	6447 a	873	697	785 a
CM	75	104	89 a	4862	3982	4422 b	628	617	622 ab
AP	127	98	112 a	3594	2118	2856 b	586	347	467 b
PD		77	77 ab		3,334495	4495 ab		655	655 ab
\bar{Y} ⁽³⁾	79 B	78 A		5293 A	4016 B		696 A	579 B	

⁽¹⁾ CC: Cultivo Convencional; CM: Cultivo Mínimo; AP: Ausência de Preparo do Solo; PD: Plantio Direto.

⁽²⁾ Cal: Calcário; Cal+Ges; Calcário+Gesso.

⁽³⁾ Letras maiúsculas, em cada linha, comparam os corretivos, para cada característica química e profundidade. Letras minúsculas, em cada coluna, comparam os sistemas de manejo, para cada característica química e profundidade. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

No ano agrícola de 1988/89, **Mascarenhas et al.** (1996), estudando rendimento de grãos, observaram aumento de produtividade devido às doses de calcário. Segundo estes, houve efeito quadrático e a amplitude da produtividade foi de 1836 kg/ha (testemunha) em ausência de corretivo a 2578 kg/ha na dose máxima (aumento de quase 40%). No ano agrícola seguinte, devido à ocorrência de estiagem no estádio da cultura de maior exigência de água (enchimento das vagens), houve queda na produtividade. O rendimento de grãos variou de 1100 kg/ha (testemunha) a 1500 kg/ha para a dose máxima de corretivo. No terceiro ano (1990/91), os rendimentos também foram baixos, mas superiores aos do ano anterior.

A ocorrência de condições climáticas adversas, como excesso de chuva, dias nublados e noites frias no estádio vegetativo/reprodutivo, diminuíram o potencial de acúmulo de materiais fotossintetizados. Neste ano, também houve resposta quadrática às doses de calagem aplicadas.

Com relação à produção de grãos de soja, verificou-se que houve efeito significativo do sistema de manejo do solo e do corretivo. O cultivo convencional proporcionou as maiores respostas de produtividade de grãos de soja, seguido do plantio direto, cultivo mínimo e área com ausência de preparo do solo (Quadro 8).

A utilização de corretivos com ou sem a associação ao gesso, observa-se que a aplicação somente de calcário foi mais produtiva em relação a aplicação conjunta de calcário e gesso (Quadro 8). **Caires et al.** (1998) não verificaram resposta à aplicação de calcário e gesso em superfície em sistema de cultivo com ausência de preparo do solo e dois cultivos sucessivos de soja. De acordo com os mesmos autores, a resposta da soja à calagem em sistemas de cultivo convencional, onde o corretivo é devidamente incorporado ao solo é bastante conhecida, entretanto, quando não há incorporação do corretivo, as respostas nem sempre são positivas.

Quadro 8. Produção de grãos, altura das plantas (65 dias após a germinação), e altura da inserção da primeira vagem de soja cultivada sob diferentes sistemas de manejo e correção do solo. Fazenda Experimental do Glória, Universidade Federal de Uberlândia, MG. Ano agrícola 2001/2002.

Sistema de Manejo ⁽¹⁾	Produção de grãos (kg/ha)			Altura de plantas (cm)			Inserção da primeira vagem (cm)		
	Corretivo ⁽²⁾			Corretivo ⁽²⁾			Corretivo ⁽²⁾		
	Cal	Cal+Ges	$\bar{X}^{(3)}$	Cal	Cal+Ges	$\bar{X}^{(3)}$	Cal	Cal+Ges	$\bar{X}^{(3)}$
CC	2311	2374	2342 a	66	66	66 a	15	14	14,5 a
CM	1892	1556	1724 bc	51	45	48 b	14	12	13 b
AP	1742	1207	1474 c	42	37	39 c	13	11	12 b
PD		2133	2133 ab		51	51 b		13	13,5 ab
$\bar{Y}^{(3)}$	1981 A	1818 B		53 A	50 B		14 A	13 B	

⁽¹⁾ CC: Cultivo Convencional; CM: Cultivo Mínimo; AP: Ausência de Preparo do Solo; PD: Plantio Direto.

⁽²⁾ Cal: Calcário; Cal+Ges; Calcário+Gesso.

⁽³⁾ Letras maiúsculas, em cada linha, comparam os corretivos, para cada característica química e profundidade. Letras minúsculas, em cada coluna, comparam os sistemas de manejo, para cada característica química e profundidade. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Quadro 9. Coeficientes de correlação linear simples entre produção de grãos relacionadas às características agrônômicas da soja cultivada sob diferentes sistemas de manejo e correção do solo. Fazenda Experimental do Glória, Universidade Federal de Uberlândia, MG. Ano agrícola 2001/2002.

Produção de grãos de soja	Características Agrônômicas ⁽¹⁾				
	MSP	MSR	MSN	AP.	IPV
	0,461**	0,530**	-0,419**	0,742**	0,587**

⁽¹⁾ MSP: matéria seca da parte aérea; MSR: matéria seca da raiz; MSN: matéria seca de nódulos; AP.: altura de plantas; IPV: altura de inserção da primeira vagem.

** : significativo a 1% pelo teste F.

Todas as características avaliadas correlacionaram-se significativamente com a produção de grãos de soja (Quadro 9), com destaque para altura de plantas que apresentou o maior coeficiente de correlação linear simples positivo. O sinal negativo do coeficiente de correlação linear simples observado entre a produção de grãos de soja e a matéria seca de nódulos indica que os tratamentos que apresentaram maior nodulação corresponderam àqueles que responderam com menor produção de grãos de soja, no entanto com maior desenvolvimento vegetativo.

CONCLUSÕES

O sistema de preparo do solo e a aplicação do corretivo associado ou não ao gesso agrícola exerceram efeito significativo sobre o rendimento de grãos da soja, com destaque para o cultivo convencional e o plantio direto para os quais foi promovido a incorporação de bases na abertura agrícola da área.

Nos tratamentos em que houve a incorporação

do calcário com o solo observou-se que a sua associação com o gesso não resultou em benefício à produção, à concentração de potássio, à altura das plantas e inserção da primeira vagem.

Os teores de macronutrientes nas folhas variaram entre os tratamentos. Dentre os macronutrientes avaliados, somente o fósforo e o potássio encontravam-se acima dos níveis críticos.

A altura das plantas de soja, avaliada aos 65 dias após a germinação, mostrou-se como uma boa indicadora do desenvolvimento da planta, e da capacidade de produzir grãos.

As áreas sem preparo de solo e de cultivo mínimo apresentaram maior nodulação e corresponderam às áreas menos produtivas, evidenciadas pela correlação negativa entre massa seca de nódulos e produtividade da soja.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

ABSTRACT: This research aimed to evaluate the influence of conventional cropping system (CC), minimum tillage (CM), no-tillage of first year in an area of degraded pasture (PD), planting with absence of preparation in area of degraded pasture (AP) and the superficial application of lime and lime+gypsum on the soybean yield, leaf concentration of P, K, Mg, S and Ca, agricultural characteristics of the soybean plant as plant height, dry matter of the nodules (MS), shot part, roots and first pod insertion height (IPV). The results demonstrated to have an effect of the soil management systems and of the application of the lime material effect on the evaluated characteristics. The CC and the PD in the presence of limestone showed a greater soybean yield. The rates of Ca, Mg and S in the aerial part of the plants were below the critical levels, while P and K were above of these levels for the soybean. Positive correlation between productivity and agricultural characteristics of the soybean crop has been found.

UNITERMS: Soil sustainability, Soil management systems, Liming materials, Macronutrients.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, M. I. N.; SILVEIRA, D. A. da; PASSOS, R. R.; BAHIA, V. G. Manejo visando à conservação e recuperação de solos altamente susceptíveis à erosão sob os aspectos físicos, químicos e biológicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n. 191, p. 49-58, jan./fev. 1998.

BARUQUI, A. M.; FERNANDES, M. R. Práticas de conservação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 128, p.55-69, ago/1985.

BATAGLIA, O.; DECHEN, A. R.; SANTOS, W. R. dos. Diagnose visual e análise de plantas. In: XX REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20. 1992, Piracicaba – SP. **Anais...** Campinas – SP, Fundação Cargill:1992 p. 369-394.

BORGES, E. N. **Efeito de doses de gesso + matéria seca de crotalária e de níveis de compactação em atributos físicos de um Latossolo Vermelho-escuro.** 1995, 136 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de

Plantas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1995.

CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v. 22, n.1, p.27-34, jan./mar. 1998.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, 1999. 359 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil 1996/97**. Londrina, 1996. 149 p. (Documentos, 88).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil 2000/01**. Londrina: Embrapa Soja/ Fundação MT, 2000. 245 p. (Documentos, 146).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Tecnologias de produção de soja para a região central do Brasil 2001/02**. Londrina, 2001. (Documentos, 167).

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. **Manejo da acidez dos solos de cerrado e de várzea do Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa - CNPAF, 1999. 42 p.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; VOSS, M. E; AMBROSI, I. Rendimento e nodulação de soja em diferentes rotações de espécies anuais de inverno sob plantio direto, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF. v. 35, n. 2, p. 349-355, fev. 2000.

LOPES, A.S. **solos sob “cerrado”, características, proproedades e manejo**. Piracicaba – SP, Instituto Internacional da Potassa, 1984.

MASCARENHAS, H. A. A; TANAKA, R. T; GALLO, P. B.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; AMBROSANO, G. M. B.; CARMELLO Q. A. C. Efeito da calagem sobre a produtividade de grãos, óleo e proteína em cultivares precoces de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba-Sp, v. 53, n. 1, p. 164-172, jan./abr. 1996.

MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C. de. Efeito residual do calcário na produção de milho e soja em solo Glei Pouco Húmico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 209-215, jan./mar. 2000.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campinas : IAC, 1987. 33 p. (Boletim Técnico, 114).

ROSOLEM C. A., MARCELLO C. S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Scientia Agrícola**, Piracicaba - SP, vol.55, no.3, p.448-455, out./dez. 1998.

SILVEIRA, P. M.; ZIMMERMANN, F. J. P.; SILVA, S. C. da; CUNHA, A. A. da. Amostragem e variabilidade espacial de características químicas de um latossolo submetido a diferentes sistemas de preparo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília DF, v. 35, n. 10, p. 2057-2064, out. 2000.

SOPRANO, E. **Movimentação de íons e crescimento de café em função da aplicação de sais de cálcio em**

colunas de solo. 1986, 92 f. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

VOSS, M.; SIDIRAS, N. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília DF, v. 20, n. 7, p. 775-782, jul. 1985.