

Métodos de aplicação e fontes de fertilizantes para a cultura da soja

Jackson Ernani Fiorin^{1,3}, Pedro Toigo Vogel², Rafael Pivotto Bortolotto³

¹ Cooperativa Central Gaúcha Ltda, RS 342, Km 149, CEP 98005-970, Cruz Alta-RS, Brasil. E-mail: jackson.fiorin@ccgl.com.br

² Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Avenida Roraima, 100, CEP 97105-900, Santa Maria-RS, Brasil. E-mail: pedro_vogel@hotmail.com

³ Universidade de Cruz Alta, Centro de Ciências da Saúde e Agrárias, Rodovia Municipal Jacob Della Méa, Km 5, CEP 98020-290, Cruz Alta-RS, Brasil. E-mail: rafaelbortolotto@gmail.com

RESUMO

O manejo da fertilização interfere na eficiência dos fertilizantes e a adoção de diferentes métodos de aplicação deve contemplar o aspecto operacional, agrônomico e econômico. O estudo tem como objetivo avaliar a eficiência de fontes de fertilizantes e de métodos de aplicação na cultura da soja. O experimento foi conduzido nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014, num Latossolo Vermelho Distrófico, em Cruz Alta, RS. Os tratamentos foram constituídos de quatro fontes de fertilizantes e dois métodos de aplicação, no delineamento experimental em blocos ao acaso com os tratamentos em arranjo fatorial com quatro repetições. As fontes fertilizantes são: MicroEssentials® S9 puro (09.46.00); MicroEssentials® S9 misturado a outras matérias primas (07.34.12); Fosfato Monoamônico (MAP); Fórmula 00.20.20, sendo as doses ajustadas de maneira a ser mantida a mesma relação nutricional em 92 kg ha⁻¹ para P₂O₅ e K₂O, com a utilização de KCl (00.00.60) a lanço. As diferentes fontes foram aplicadas à lanço na superfície do solo e na linha de semeadura. A maior produtividade de soja está associada tanto à utilização de MicroEssentials® S9 07.34.12 na linha de semeadura ou à lanço na superfície. A menor produtividade de grãos de soja está associada à utilização da Fórmula 00.20.20, quando aplicados na linha de semeadura. Houve efeito residual das fontes de fertilizantes aplicadas somente para os teores de enxofre no solo.

Palavras-chave: adubação, *Glycine max*, nutrição vegetal

Implementation methods and sources of fertilizers of the soybean crop

ABSTRACT

The management of fertilization interferes with the efficiency of fertilizers and the adoption of different methods of application must include the operational aspect, agronomical and economical. The study aims to evaluate the sources of efficiency of fertilizers and application methods in soybean. The study was conducted in 2012/2013 and 2013/2014 agricultural years a Oxisol, in Cruz Alta, RS, Brazil. The treatments consisted of four sources of fertilizer and two application methods in the experimental design of randomized blocks with four repetitions. The fertilizer sources are: MicroEssentials® S9 pure (09.46.00); MicroEssentials® S9 mixed with other raw materials (07.34.12); Monoammonium Phosphate (MAP); Formula 00.20.20, and the doses adjusted so as to be kept the same nutritional ratio at 92 kg ha⁻¹ for P₂O₅ and K₂O, with the use of KCl (00.00.60) casting on the surface. Different sources were applied to broadcast at the soil surface and in the row. The highest soybean yield is associated with both the use of MicroEssentials® S9 07.34.12 in the row or throw on the surface. The lower productivity of soybean is associated with the use of Formula 00.20.20, particularly when applied to the row sowing. The residual effect of the fertilizers sources applied only to the sulfur content (S) in the soil.

Key words: fertilization, *Glycine max*, plant nutrition

Introdução

A adoção de diferentes métodos de aplicação dos fertilizantes visa aliar o aspecto operacional, agrônomo e econômico. No entanto, o manejo da fertilização é capaz de interferir diretamente nas reações que ocorrem entre o fertilizante e o solo, e a consequente disponibilidade para as plantas. Os nutrientes possuem diferenças quanto à mobilidade e comportamento no solo influenciados pela época de aplicação, dose e fontes de nutrientes fornecidos (Martins et al., 2014; Silva et al., 2014). Neste sentido a adubação fosfatada exige certos cuidados, devido à baixa mobilidade do nutriente no solo. O modo de aplicação poderá alterar a velocidade e a capacidade do fertilizante em reagir no solo, interferindo na eficiência dos fertilizantes fosfatados (Caione et al., 2011).

As formas de fosfatos possuem características distintas e comportamento diferentes no solo, o que também interfere na disponibilidade do nutriente. Cada fertilizante fosfatado possui particularidades que são alteradas pelo método de aplicação, as quais são influenciadas pela umidade, mineralogia e textura do solo o que irá interferir no transporte de solutos por difusão (Hansel et al., 2014). Em geral, em estudos com o fósforo (P) são utilizadas fontes superfosfatadas como padrão experimental (Nunes et al., 2011). A existência da variabilidade na composição de fontes fosfatadas pode resultar em conclusões equivocadas em estudos com fertilizantes (Chien et al., 2011). De certa forma, todas as fontes fosfatadas solúveis são rapidamente solubilizadas no solo disponibilizando P para a absorção pelas plantas. No entanto, o P solúvel em água na forma de ortofosfato pode ser rapidamente convertido em formas não solúveis por meio de reações com minerais (Rheinheimer et al., 2003).

O modo de aplicação de fertilizantes merece especial atenção devido ao elevado grau de salinidade do cloreto de potássio (KCl) (Bevilaqua et al., 1996). Os cuidados ao utilizar o KCl se justificam, pois aplicações a lanço podem não fornecer a quantidade de nutriente necessária ao desenvolvimento inicial das plantas ao passo que aplicações na linha, em doses elevadas, podem resultar em danos ao sistema radicular (Salton et al., 2002).

A história da adubação teve início na China (8.000 A.C.), sendo por muito tempo baseada em fontes orgânicas. Com o surgimento dos fertilizantes minerais, as práticas de fertilização são responsáveis por ganhos expressivos na produtividade das culturas. Os fertilizantes hoje disponíveis no mercado podem se apresentar como fertilizantes simples ou misturas, sendo comercializados na forma de fertilizantes mistos e formulações comerciais. Entretanto, as fórmulas de fertilizantes tradicionais NPK contemplam principalmente estes três nutrientes. O enxofre (S) é, provavelmente, o macronutriente menos empregado nas adubações e pouco estudado (Resende et al., 2011). É encontrado no solo predominantemente na forma orgânica (Tiecher et al., 2012). Além disso, solos com baixo teor de argila e matéria orgânica apresentam baixa disponibilidade de S, assim respondendo à adubação sulfatada (Tiecher et al., 2013).

A importância do S para as plantas é indiscutível, pela sua presença essencial nos aminoácidos sulfurados que

compõem as proteínas vegetais. Muitas culturas exigem S em quantidades maiores ou iguais às de P. As exigências de S pelas culturas variam muito de acordo com a espécie e com a produtividade esperada. Nos fertilizantes NPK, o teor de S varia, geralmente, entre 1% e 10%. Nestes fertilizantes, quanto menor for a concentração de nitrogênio (N), P e potássio (K), maior a possibilidade de aumento do teor de S nas fórmulas. Fertilizantes com baixa concentração de NPK tendem a conter, em grandes quantidades, como fonte de P, o superfosfato simples, o que aumenta o teor de S. Fórmulas mais concentradas em NPK tendem a conter como fontes de P o monoamônio fosfato (MAP), diamônio fosfato (DAP) e o superfosfato triplo, que têm baixas concentrações de S (Stipp & Casarin, 2010). Desta forma, o uso de fertilizantes concentrados com ausência de S, associados às exportações deste elemento pelas colheitas reduzem a disponibilidade de S no solo (Osório Filho et al., 2007), aumentando a probabilidade de resposta das culturas à adubação sulfatada.

O uso de fertilizantes nos sistemas agrícolas inovou a produção de alimentos no mundo moderno e proporcionou aumentos de produtividade inatingíveis sem o uso desse recurso. Diversos produtos fertilizantes são ofertados no mercado, com diferentes nutrientes, formas químicas, granulometria e eficiência (Hansel et al., 2014). A Mosaic Fertilizantes do Brasil oferece ao mercado a linha MicroEssentials (S9 e S15). Os fertilizantes MicroEssentials® apresenta boa qualidade física, elevada concentração de P, N amoniacal, duas fontes de S, alta solubilidade e disponibilidade para as culturas.

Aliar o aspecto operacional, agrônomo e econômico também exige estudos dos métodos de aplicação dos fertilizantes. Neste contexto o estudo tem como objetivo avaliar a eficiência de fontes de fertilizantes e de métodos de aplicação na cultura da soja.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido nos anos agrícolas de 2012/2013 e 2013/2014, com a cultura da soja, sob sistema plantio direto, na área experimental do Convênio CCGL e UNICRUZ, em Cruz Alta, RS.

O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico com textura argilosa (Embrapa, 2013). As características químicas nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade, para a caracterização da condição inicial da área experimental, são apresentadas na Tabela 1. O clima da região é subtropical, tipo Cfa segundo a classificação de Köppen. A temperatura média do ar na região é de 18,7°C, com uma mínima média de 9,2°C em julho e a média máxima de 30,8°C em janeiro (Pes et al., 2011).

Os tratamentos foram constituídos de quatro diferentes fontes de fertilizantes MicroEssentials® S9 puro (09.46.00) + KCl; MicroEssentials® S9 misturado (07.34.12) + KCl; MAP + KCl; Fórmula 00.20.20 e dois métodos de aplicação (linha; lanço). A descrição dos tratamentos encontra-se na Tabela 2, e na Tabela 3 as doses de nutrientes aplicados em cada tratamento. As garantias químicas dos fertilizantes utilizados são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 1. Características químicas nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm, na condição inicial da área experimental

Camada (cm)	Argila (%)	pH (H ₂ O)	Índice SMP	P ⁽¹⁾	K ⁽²⁾	MO ⁽³⁾	Al ⁽⁴⁾	Ca ⁽⁵⁾	Mg ⁽⁶⁾	CTC ⁽⁷⁾	S ⁽⁸⁾	Zn ⁽⁹⁾	Cu ⁽¹⁰⁾	Mn ⁽¹¹⁾	B ⁽¹²⁾
				(mg dm ⁻³)	(%)	(%)	(cmol _c dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)							
0 a 20	46	5,3	6,0	6,6	190	3,2	0,2	5,5	1,2	11,6	8,6	5,3	8,8	106	0,6
20 a 40	54	5,4	6,0	1,4	44	1,8	0,2	5,0	1,1	10,6	7,4	2,3	9,9	63	0,5

⁽¹⁾P, Fósforo. ⁽²⁾K, Potássio. ⁽³⁾MO, Matéria Orgânica. ⁽⁴⁾Al, Alumínio. ⁽⁵⁾Ca, Cálcio. ⁽⁶⁾Mg, Magnésio. ⁽⁷⁾CTC, Capacidade de Troca de Cátions. ⁽⁸⁾S, Enxofre. ⁽⁹⁾Zn, Zinco. ⁽¹⁰⁾Cu, Cobre. ⁽¹¹⁾Mn, Manganês. ⁽¹²⁾B, Boro.

Tabela 2. Descrição das diferentes fontes que compõe os tratamentos aplicados na linha de semeadura e à lanço na superfície do solo

Tratamentos	Métodos de aplicação	09.46.00 ⁽¹⁾	07.34.12 ⁽²⁾	MAP ⁽³⁾	00.20.20	KCl ⁽⁴⁾
		(kg ha ⁻¹)				
1	Linha	200				153
2	Linha		249			104
3	Linha			170		153
4	Linha				460	
5	Lanço	200				153
6	Lanço		249			104
7	Lanço			170		153
8	Lanço				460	

⁽¹⁾09.46.00, MicroEssentials® S9 puro. ⁽²⁾07.34.12, MicroEssentials® S9 misturado. ⁽³⁾MAP, Fosfato Monoamônio. ⁽⁴⁾KCl, Cloreto de Potássio.

Tabela 3. Teores de nutrientes aplicados em cada tratamento

Tratamentos	N ⁽¹⁾	P ₂ O ₅ ⁽²⁾	K ₂ O ⁽³⁾ semeadura	K ₂ O ⁽³⁾ cobertura	K ₂ O ⁽³⁾ total	S ⁽⁴⁾
	(kg ha ⁻¹)					
1 e 5	18,0	92,0	0,00	92,00	92,0	18,00
2 e 6	17,4	92,0	29,88	62,12	92,0	17,43
3 e 7	17,0	92,0	0,00	92,00	92,0	0,00
4 e 8	0,0	92,0	92,00	0,00	92,0	18,40

⁽¹⁾N, Nitrogênio. ⁽²⁾P₂O₅, Fósforo. ⁽³⁾K₂O, Potássio. ⁽⁴⁾S, Enxofre.

Tabela 4. Garantias químicas das fontes de fertilizantes

Fonte de fertilizante	N ⁽¹⁾	P ₂ O ₅ ⁽²⁾	K ₂ O ⁽³⁾	Ca ⁽⁴⁾	S ⁽⁵⁾
	(%)				
S9 09.46.00 ⁽⁶⁾	9,00	46,0			9,0
S9 07.34.12 ⁽⁷⁾	7,00	34,0	12,0	2,0	7,0
MAP ⁽⁸⁾	10,00	54,0			
NPK 00.20.20		20,0	20,0	10,0	4,0
KCl ⁽⁹⁾			60,0		

⁽¹⁾N, Nitrogênio. ⁽²⁾P₂O₅, Fósforo. ⁽³⁾K₂O, Potássio. ⁽⁴⁾Ca, Cálcio. ⁽⁵⁾S, Enxofre. ⁽⁶⁾09.46.00, MicroEssentials® S9 puro. ⁽⁷⁾07.34.12, MicroEssentials® S9 misturado. ⁽⁸⁾MAP, Fosfato Monoamônio. ⁽⁹⁾KCl, Cloreto de Potássio.

A forma de aplicação dos tratamentos na linha foi realizada no momento da semeadura, regulando a semeadora em cada fonte objetivando atingir a dose desejada. A forma de aplicação dos tratamentos à lanço, foi realizada manualmente, aplicando em cada fonte a quantidade correspondente à área da parcela, na superfície do solo, imediatamente antes da semeadura. Em todos os tratamentos que receberam KCl, nas quantidades descritas na Tabela 2, foi aplicado de forma manual na área correspondente à cada parcela, à lanço na superfície do solo, imediatamente antes da semeadura.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com os tratamentos em esquema fatorial (quatro fontes e dois métodos de aplicação) e quatro repetições. As parcelas foram constituídas por sete fileiras espaçadas de 0,50m e com comprimento de 10 metros (35 m²).

Foi realizada no estádio R2 (florescimento pleno) a análise de tecido foliar, coletando-se o 3º trifólio na haste principal de cima para baixo, em 30 plantas por parcela, visando à determinação dos teores de S no tecido vegetal conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). A avaliação da produtividade de grãos da soja foi realizada colhendo-se uma

área útil de cinco linhas de 5,0 m de comprimento em cada parcela (12,5 m²), expressada em kg ha⁻¹ a 13% de umidade.

Para a caracterização do efeito residual dos tratamentos sobre os teores de nutrientes no solo, após a colheita da soja, o solo foi amostrado na camada 0 a 20 cm de profundidade. A amostragem foi realizada com pá de corte, a partir de trincheira aberta transversalmente em relação à linha de semeadura, do centro de uma entre-linha ao centro da outra.

Os resultados foram submetidos à análise da variância e quando os valores de F (Tratamento) foram significativos ao nível de 5% de probabilidade, submeteu-se ao Teste de Scott-Knott (p < 0,05).

Resultados e Discussão

No ano agrícola 2012/2013 (Tabela 5), na média dos métodos de aplicação, as maiores produtividades de soja estão associadas à utilização de MicroEssentials® S9 (T1 e T2) que não diferiu da utilização do MAP (T3). As menores produtividades de grãos de soja estão associadas à utilização da Fórmula 00.20.20 (T4), inferior, provavelmente associado ao efeito salino do K na linha de semeadura.

Considerando a média das fontes de fertilizantes, a aplicação na linha de semeadura mostrou-se semelhante à aplicação à lanço na superfície do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Nunes et al. (2011), trabalhando em um experimento de longa duração (14 anos), em um solo com teor inicial de P muito baixo, com diferentes formas de manejo de fertilizante em dois sistemas de preparo do solo, o convencional e o plantio direto.

Nas condições do ano agrícola 2013/2014 (Tabela 5), houve interação entre os fatores estudados para a variável

Tabela 5. Produtividade de grãos e massa de 100 sementes em resposta às diferentes fontes de fertilizantes e métodos de aplicação na cultura da soja ano agrícola 2012/2013 (1º cultivo) e ano agrícola 2013/2014 (2º cultivo)

Fonte de fertilizante	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)			Massa 100 sementes (g)		
	Método de aplicação					
	Linha	Lanço	Média	Linha	Lanço	Média
Ano Agrícola 2012/2013 (1º cultivo)						
1. S9 09.46.00 ⁽¹⁾	2465	2267	2366 a	16,90	16,30	16,60 ^{ns}
2. S9 07.34.12 ⁽²⁾	2415	2313	2364 a	16,90	17,10	17,00
3. MAP ⁽³⁾	2407	2192	2300 a	17,30	16,80	17,10
4. Fórmula 00.20.20	1984	2044	2014 b	16,70	16,30	16,50
Média	2318	2204 ^{ns}		17,00	16,60 ^{ns}	
Ano Agrícola 2013/2014 (2º cultivo)						
1. S9 09.46.00 ⁽¹⁾	3094 bA	3022 aA	3058	17,73	17,89	17,81a
2. S9 07.34.12 ⁽²⁾	3276 aA	3050 aA	3163	17,48	17,40	17,44 a
3. MAP ⁽³⁾	2993 bA	2933 aA	2963	17,71	17,81	17,76 a
4. Fórmula 00.20.20	2753 cB	2940 aA	2847	16,92	16,96	16,94 b
Média	3029	2986		17,46	17,51 ^{ns}	

⁽¹⁾09.46.00, MicroEssentials® S9 puro. ⁽²⁾07.34.12, MicroEssentials® S9 misturado. ⁽³⁾MAP, Fosfato Monoamônio. ^{ns} não significativo ao nível de 5 % de probabilidade. Médias seguidas por letras diferentes, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem pelo Teste de Scott-Knott (p<0,05).

produtividade de grãos. Observa-se efeito significativo das diferentes fontes de fertilizantes somente quando aplicado na linha de semeadura. A maior produtividade de soja está associada tanto à utilização de MicroEssentials® S9 07.34.12 (T2) na linha de semeadura ou a lanço na superfície.

Neste fertilizante, a dose utilizada fornece quantidade de nutrientes diferenciada, em especial, quanto ao K, com aproximadamente 30 kg ha⁻¹ de K₂O na linha de semeadura. O comportamento de superioridade do MicroEssentials®, quando associado ao uso de quantidade mínima de K na linha de semeadura (S9 07.34.12), foi verificado em algumas situações à nível de produtor. É provável que isto esteja associado à dinâmica do K, principalmente, em anos com limitação de disponibilidade hídrica na fase do desenvolvimento inicial da soja. Este enfoque é amplamente discutido por Escosteguy (2012), que aborda a ocorrência frequente de sintomas visuais de deficiência de K em lavouras no plantio direto, na região do Planalto do RS, na fase inicial do desenvolvimento da soja.

A menor produtividade de grãos está associada à utilização da Fórmula 00.20.20 (T4), aplicada na linha de adubação (Tabela 5). As fontes fertilizantes constituídas de MicroEssentials® puro (S9 09.46.00) e MAP, quando aplicados na linha, indicam respostas intermediárias na produtividade de grãos. No entanto, quando a aplicação foi realizada a lanço, não foram observados efeitos significativos das fontes de fertilizantes utilizados.

Várias pesquisas com adubação fosfatada em solos com teores médios de P, semelhante à condição desta pesquisa, mostram que a aplicação na linha de semeadura foi eficiente na produtividade (Moterle et al., 2009). Sá et al. (2013), investigando o efeito do modo de aplicação do fertilizante nitrogenado e fosfatado na cultura do milho sob plantio direto, encontraram melhor resposta na fertilização a lanço de P. Motomiya et al. (2004) sugerem que a fonte utilizada influencia a eficiência da fertilização, apresentando resultados distintos dependendo da fonte e manejo adotados. Neste sentido, alguns pesquisadores têm sugerido que a nitrificação do NH₄⁺-N, presente em fontes como o MAP e DAP, para NO₃⁻-N (acarretando na diminuição do pH em volta do grânulo fertilizante no solo) e a absorção de NH₄⁺-N (a qual aumenta a acidez da rizosfera) poderia aumentar a dissolução

de precipitados compostos Ca-P (Chien et al., 2011). Desta forma ocorrerá aumento da disponibilidade de P às plantas e consequente aumento da eficiência fertilizante. Barbosa et al. (2015) estudando a adubação fosfatada com a utilização de MAP associando adubação em 75% a lanço e 25% na linha, mostrou insuficiência para suprir toda necessidade das plantas.

Este comportamento de superioridade pela utilização dos fertilizantes MicroEssentials® S9 sobre a produtividade de grãos de soja, tanto em mistura à outras matérias-primas (S9 07.34.12) como quando puro (S9 09.46.00), respondeu de forma semelhante na massa de 100 sementes (Tabela 5). Os menores valores de massa de 100 sementes de soja são observados quando da utilização da Fórmula 00.20.20 (T4), associado também ao efeito salino devido às altas doses de K na linha de semeadura. Nesta Fórmula, a quantidade de K utilizada na linha de semeadura é de aproximadamente 92 kg ha⁻¹ de K₂O.

Considerando o elevado grau de salinidade do cloreto de K (KCl), principal fonte de K utilizada na agricultura (Bevilaqua et al., 1996), métodos de aplicação da adubação potássica são de grande importância no manejo de alta produtividade de grãos das culturas. No entanto, em muitos casos, aplicações a lanço podem não fornecer a quantidade de nutriente necessária ao desenvolvimento inicial das plantas ao passo que aplicações na linha, em doses elevadas, podem resultar em danos ao sistema radicular.

No ano agrícola 2012/2013 não houve diferença significativa entre os fertilizantes MicroEssentials® S9, enquanto produto puro (S9 09.46.00) ou em mistura (S9 07.34.12). A maior eficiência destas fontes de fertilizantes na produtividade deve-se ao efeito combinado da superioridade das fontes de P amoniacais, que também adicionam uma quantidade mínima de N na semeadura, associado aos métodos de aplicação, que minimizam o efeito salino na linha de semeadura, e que podem, quando em misturas com outras matérias primas (S9 07.34.12), garantirem uma quantidade mínima de K na linha de semeadura. Esta superioridade, também observada em algumas condições à nível de produtor, demonstra que a retirada de toda adubação potássica da linha de semeadura, poderá estimular a ocorrência de sintomas visuais de deficiência de K, especialmente na fase inicial do

Tabela 6. Teores de enxofre no solo e no tecido vegetal em resposta às diferentes fontes de fertilizantes e métodos de aplicação na cultura da soja ano agrícola 2012/2013 (1º cultivo) e ano agrícola 2013/2014 (2º cultivo)

Fonte de fertilizante	Teor de enxofre foliar (%)			Teor de enxofre no solo (mg dm ⁻³)		
	Método de aplicação					
	Linha	Laço	Média	Linha	Laço	Média
Ano Agrícola 2012/2013 (1º cultivo)						
1. S9 09.46.00 ⁽¹⁾	0,198	0,205	0,201 b	9,60	8,90	9,30 ^{ns}
2. S9 07.34.12 ⁽²⁾	0,188	0,200	0,194 b	9,10	8,50	8,80
3. MAP ⁽³⁾	0,200	0,210	0,205 b	7,70	9,10	8,40
4. NPK 00.20.20	0,223	0,215	0,219 a	9,60	9,50	9,60
Média	0,202	0,208 ^{ns}		9,00	9,00 ^{ns}	
Ano Agrícola 2013/2014 (2º cultivo)						
1. S9 09.46.00 ⁽¹⁾	0,250	0,278	0,264	10,10	8,00	9,00 a
2. S9 07.34.12 ⁽²⁾	0,240	0,233	0,236	9,50	8,60	9,00 a
3. MAP ⁽³⁾	0,238	0,243	0,240	7,30	7,00	7,10 b
4. NPK 00.20.20	0,228	0,203	0,215	9,60	10,30	10,00 a
Média	0,239	0,239 ^{ns}		9,10	8,50 ^{ns}	

⁽¹⁾09.46.00, MicroEssentials® S9 puro. ⁽²⁾07.34.12, MicroEssentials® S9 misturado. ⁽³⁾MAP, Fosfato Monoamônio. ^{ns} não significativo ao nível de 5 % de probabilidade. Médias seguidas por letras diferentes, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem pelo Teste de Scott-Knott (p<0,05).

desenvolvimento da soja (Escosteguy, 2012). Considerando à aplicação de N na semeadura, tem sido abordada como positiva por acelerar a produção de raízes e estimular um arranque no desenvolvimento inicial da soja (Pereira et al., 2010).

Com relação aos teores de S foliar, foi observado efeito significativo das diferentes fontes de fertilizantes (Tabela 6). Na média dos métodos de aplicação, percebe-se maior teor de S foliar na utilização da Fórmula 00.20.20. Isto está associado ao fornecimento de 18,4 kg ha⁻¹ de S, na forma de S-SO₄⁻², prontamente disponível para a cultura da soja. É oportuno informar, que os fertilizantes MicroEssentials® (T1 e T2) adicionam, respectivamente, 18,0 e 17,4 kg ha⁻¹ de S, no entanto, 80% deste, encontra-se na forma elementar. Para que o S elementar possa se tornar disponível para as plantas ele deve ser oxidado a S-SO₄⁻² (Janzen & Bettany, 1987), que é a forma que as plantas absorvem este nutriente.

A oxidação do S elementar é catalisada por enzimas produzidas principalmente por microrganismos do gênero *Thiobacillus* presentes no solo (Horowitz & Meurer, 2006). Isto demanda um maior período de tempo, o que tornou, provavelmente, o S aplicado na forma elementar ainda não totalmente disponível para este cultivo.

Houve efeito residual das fontes de fertilizantes utilizadas nos parâmetros relacionados à fertilidade do solo somente para os teores de S no ano agrícola 2013/2014 (Tabela 6). Na média dos métodos de aplicação, os maiores teores de S são observados nos fertilizantes MicroEssentials®, tanto em mistura à outras matérias-primas (S9 07.34.12) como quando puro (S9 09.46.00), e na Fórmula 00.20.20 (T4). Este comportamento sobre os teores de S no solo, provavelmente esteja associado às doses de S aplicadas junto as Fórmulas (S9 09.46.00 e S9 07.34.12), MAP e Fórmula 00.20.20, acumulados nos dois cultivos, que foram, respectivamente, 36,0; 34,86; zero; 36,8 kg ha⁻¹ de S. Convém ressaltar que os teores de S no solo na condição inicial e após a colheita da soja, em ambos os anos agrícolas, situam-se próximo e/ou abaixo do teor crítico de S no solo adotado no RS e SC, equivalente a 10 mg dm⁻³ (CQFS, 2004). A utilização dos fertilizantes MicroEssentials® S9 que contemplam o fornecimento de S, sendo parte na forma de forma de sulfato (SO₄⁻²) e parte S elementar (S⁰), garante o suprimento imediato e residual do nutriente, respectivamente.

Conclusão

As maiores produtividades de soja estão associadas à utilização das fontes de fertilizantes MicroEssentials®, tanto em mistura à outras matérias-primas (S9 07.34.12) como quando puro (S9 09.46.00), tanto aplicados na linha de semeadura como à lanço na superfície do solo.

Literatura Citada

- Barbosa, N. C.; Arruda, E. M.; Brod, E.; Pereira, H. S. Distribuição vertical do fósforo no solo em função dos modos de aplicação. *Bioscience Journal*, v.31, n.1, p.87-95, 2015. <<http://dx.doi.org/10.14393/BJ-v31n1a2015-18196>>.
- Bevilaqua, G. A. P.; Broch, D. L.; Possenti, J. C.; Villela, F. A. Posição do fósforo e potássio na adubação da semente e no crescimento de plântulas de milho. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.2, n.2, p.87-92, 1996. <<http://www2.ufpel.edu.br/faem/agrociencia/v2n2/artigo03.pdf>>. 01 Dez. 2015.
- Caione, G.; Teixeira, M. T. R.; Lange, A.; Silva, A. F.; Fernandes, F. M. Modos de aplicação e doses de fósforo em cana-de-açúcar forrageira cultivada em latossolo vermelho amarelo. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, v.9, n.1, p.12-22, 2011. <http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol9/artigo1_v9_n1_2011.pdf>. 18 Out. 2015.
- Chien, S. H.; Prochnow, L. I.; Tu, S.; Snyder, C. S. Agronomic and environmental aspects of phosphate fertilizers varying in source and solubility: an update review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.89, n.2, p.229-255, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1007%2Fs10705-010-9390-4>>.
- Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC - CQFS-RS/SC. Manual de adubação e de calagem para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre: SBCS/ Núcleo Regional Sul, UFRGS, 2004. 400p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- Escosteguy, P. A. V. Deficiência de potássio em lavouras de soja do Planalto do Rio Grande do Sul. *Revista Plantio Direto*, n.127, p.1-16, 2012. <http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=1096>. 04 Dez 2015.

- Hansel, F. D.; Amado, T. J. C.; Bortolotto, R. P.; Trindade, B. S.; Hansel, D. S. S. Influence of different phosphorus sources on fertilization efficiency. *Applied Research & Agrotecnology*, v.7, n.1, p.103-111, 2014. <<http://dx.doi.org/10.5935/PAeT.V7.N1.12>>.
- Horowitz, N.; Meurer, E. J. Oxidação do enxofre elementar em solos tropicais. *Ciência Rural*, v.36, n.3, p.822-828, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782006000300015>>.
- Janzen, H. H.; Bettany, J. R. The effect of temperature and water potential on sulfur oxidation in soils. *Soil Science*, v.144, n.2, p.81-89, 1987. <<http://dx.doi.org/10.1097/00010694-198708000-00001>>.
- Martins, I. S.; Cazetta, J. O.; Fukuda, A. J. F. Condições, modos de aplicação e doses de ureia revestida por polímeros na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.44, n.3, p.271-279, 2014. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632014000300010>>.
- Moterle, L. M. Santos, R. F.; Braccini, A. L.; Scapim, C. A.; Lana, M. C. Influência da adubação com fósforo e potássio na emergência das plântulas e produtividade da cultura da soja. *Revista Ciência Agronômica*, v.40, n.2, p.256-265, 2009. <<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/519/337>>. 23 Out. 2015.
- Motomiya, W. R.; Fabrício, A. C.; Marchetti, M. E.; Gonçalves, M. C.; Robaina, A. D.; Novelino, J. O. Métodos de aplicação de fosfato na soja em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.4, p.307-312, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000400002>>.
- Nunes, R. S.; Sousa, D. M. G.; Goedert, W. J.; Vivaldi, L. J. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, n.3, p.877-888, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000300022>>.
- Osório Filho, B. D.; Rheinheimer, D. S.; Silva L. S.; Kaminski J.; Dias, G. F. Deposição do enxofre atmosférico no solo pelas precipitações pluviais e respostas de culturas à adubação sulfatada em sistema plantio direto. *Ciência Rural*, v.37, n.3, p.712-719, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000300017>>.
- Pereira, V. J.; Rodrigues, J. F.; Gomes Filho, R. R.; Reis, J. M. R. Comportamento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) submetida à Adubação nitrogenada de plantio. *Enciclopédia Biosfera*, v.6, n.10, p.1-5, 2010. <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010b/Comportamento%20da%20soja.pdf>>. 16 Jun.2015.
- Pes, L. Z.; Amado, T. J. C.; La Scala, N.; Bayer, C.; Fiorin, J. E. The primary sources of carbon loss during the crop-establishment period in a subtropical Oxisol under contrasting tillage systems. *Soil & Tillage Research*, v.117, p.163-171, 2011. <<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.still.2011.10.002>>.
- Resende, J. T.; Morales, R. G. F.; Resende, F. V.; Carminatti, R.; Bertuzzo, L. L. C.; Figueiredo, A. S. T. Aplicação complementar de enxofre em diferentes doses na cultura do alho. *Horticultura Brasileira*, v.29, n.2, p.217-221, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362011000200014>>.
- Rheinheimer, D. S.; Anghinoni, I.; Conte, E.; Kaminski, J.; Gatiboni, L. C. Dessorção de fósforo avaliada por extrações sucessivas em amostras de solos provenientes dos sistemas plantio direto e convencional. *Ciência Rural*, v.33, n.6, p.1053-1059, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782003000600009>>.
- Sá, J. C. M.; Briedis, C.; Ferreira, A. O. No-till corn performance in response to P and fertilization modes. *Revista Ceres*, v.60, n.1, p.96-101, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2013000100014>>.
- Salton, J. C.; Fabrício, A. C.; Tirioni, C.; Gancedo, M. Cloreto de potássio na linha de semeadura pode causar danos à soja. *Dourados: Embrapa*, 2002. 5p.
- Silva, M. A. G.; Muniz, A. S.; Bull, L. T.; Mannigel, A. R.; Marchetti, M. E.; Nolla, A. Manejo da adubação com sulfato de amônio no desempenho produtivo do milho cultivado após aveia e trigo. *Semina: Ciências Agrárias*, v.35, n.2, p.577-588, 2014. <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n2p577>>.
- Stipp, S. R.; Casarin, V.A importância do enxofre na agricultura brasileira. *Informações Agronômicas*, v.129, p.14-20, 2010.
- Tedesco, M. J.; Gianello, C.; Bissani, C. A.; Bohnen, H.; Volkweiss, S. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. *Porto Alegre: UFRGS/Departamento de Solos*, 1995. 174p.
- Tiecher, T.; Santos, D. R.; Alvarez, J. W. R.; Mallmann, F. J. K. Piccin, R.; Brunetto, G. Respostas de culturas à adubação sulfatada e deposição de enxofre atmosférico. *Revista Ceres*, v.60, n.3, p.420-427, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2013000300016>>.
- Tiecher, T.; Santos, D. R.; Rasche, J. W.A; Brunetto, G.; Mallmann, F. J. K.; Piccin, R. Resposta de culturas e disponibilidade de enxofre em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica submetidos à adubação sulfatada. *Bragantia*, v.71, n.4, p.518-527, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052013005000010>>.