

Adubação com organominerais em solos com fertilidade construída para fósforo ⁽¹⁾.

Agostinho Rebellatto ^{(2)*}; Juliano Corulli Corrêa ⁽³⁾; Paulo Cezar Cassol ⁽⁴⁾; Paulo Hentz ⁽²⁾; Rodrigo da Silveira Nicoloso ⁽³⁾; Roberto Grave ⁽²⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Embrapa (vinculado a Rede FertBrasil);

⁽²⁾ Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia; Concórdia-SC-Brasil; *a.rebellatto@hotmail.com ;

⁽³⁾ Embrapa Suínos e Aves, Concórdia-SC-Brasil; ⁽⁴⁾ Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Lages-SC-Brasil.

RESUMO: Diante do desafio para produzir fertilizantes com maior eficiência em relação a formas sólidas com fontes solúveis de P, encontra-se a tecnologia dos organominerais nas formas sólida e fluida, sendo que a forma sólida vem ganhando mercado, em razão de seus bons resultados agrônômicos. O presente trabalho objetivou caracterizar a disponibilidade do fósforo no solo, em razão da adoção de tecnologias com fertilizantes organominerais e minerais nas formas sólidas e fluidas em sistema de produção plantio direto, durante os anos de 2010 a 2012, com as culturas do milho e aveia preta. O delineamento foi realizado em grupos de experimento com blocos casualizados no esquema fatorial 2x5, com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos de dois tipos de solos (NITOSSOLO e CAMBISSOLO) em interação com quatro diferentes tipos de fertilizantes, sendo dois organominerais e dois minerais ambos nas formas sólidas e fluídas, na fórmula 03-12-06, mais o controle constituído da ausência de adubação. As tecnologias envolvendo os fertilizantes organominerais nas formas sólidas e fluidas e mineral fluido proporcionam teores de P disponível no solo, iguais ou superiores à forma solúvel sólida tradicional na cultura onde foi adotada a prática de adubação. Já quanto ao efeito residual dos fertilizantes organominerais para disponibilidade de P no solo na cultura subsequente há a liberação gradativa deste nutriente e seu fornecimento ocorre ao longo do perfil do solo. A aplicação de fertilizantes organominerais e minerais nas formas sólidas e fluidas permitem a construção da fertilidade para P no solo, com especial destaque para OF até 40 cm em ambos os solos; MS até 60 cm em ambos os solos; MF até 40 cm em Nitossolo; e OS até 60 cm, também para Nitossolo. A diferença dos teores de P entre os solos está relacionada às práticas agrícolas de aplicação das referidas tecnologias que regem a dinâmica do P no solo.

Termos de indexação: Milho, Trigo, Plantio Direto.

INTRODUÇÃO

Nas cadeias produtivas de aves e suínos, são abatidos atualmente 8 bilhões de aves corte e 42 milhões de cabeças de suínos ao ano. A visão prospectiva para esses agronegócios prevê taxa de

crescimento de 1,7 e 3,2% ao ano até 2020 (AGE/MAPA 2010). Diante deste eminente crescimento da produção de carne existe a responsabilidade de reutilizar seus co-produtos, com a finalidade de preservar a qualidade ambiental, bem como obter maiores produtividades. Diante deste desafio, a alternativa tecnológica que vêm ganhando mercado, em razão de seus bons resultados agrônômicos, são os fertilizantes organominerais tanto na forma sólida, quanto fluida.

Os diferentes sistemas de produção associado as suas práticas agrícolas ocasionam grandes alterações na dinâmica de nutrientes no solo e quando manejados inadequadamente pode resultar na diminuição da fertilidade do solo, por micronutrientes (P, N, K, Ca e Mg), bem como podem trazer a presença de elementos fitotóxicos, tais como Al e Mn solúvel. E entre as práticas agrícolas que podem manter ou elevar a fertilidade do solo, vale destaque para a reutilização de resíduos orgânicos como alternativa sustentável que pode contribuir para restaurar o equilíbrio ambiental quando utilizados com critérios técnicos, com especial ênfase para os organominerais.

O presente trabalho objetivou avaliar a disponibilidade do fósforo no sistema de produção plantio direto em razão do uso da tecnologia de produção de fertilizantes organominerais e minerais nas formas sólidas e fluidas em dois tipos de solos (Cambissolo e Nitossolo) durante as culturas do milho e aveia preta, entre os anos de 2010 a 2012.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condição de campo, durante os anos de 2010, 2011 e 2012 no Instituto Federal Catarinense, Campus de Concórdia, com altitude de 569 m, precipitação média acima de 1500 mm, segundo a classificação de Köppen, o clima predominante desta região é do tipo Cfa. Durante a execução do experimento foram monitoradas as condições de temperaturas máximas, mínimas e a precipitação.

Para o delineamento experimental foi utilizado grupos de experimento em blocos casualizados no esquema fatorial 2x5, com quatro repetições, nos dois solos, (NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico e CAMBISSOLO HÁPLICO Eutroférico



léptico), em interação com cinco tratamentos, sendo quatro diferentes tipos de fertilizantes, dois organominerais e dois minerais ambos nas formas sólidas e fluidas, constituídos da formulação 03-12-06, (sendo organomineral sólido, a base cama de aves, ureia, fosforita e cloreto de potássio; o mineral sólido a base de ureia, MAP e cloreto de potássio; o organomineral fluido a base de dejetos de suínos, uréia, MAP e cloreto de potássio; e o mineral fluido em água, com uréia, MAP e cloreto de potássio) e o tratamento controle sem adubação. A unidade experimental foi constituída com dimensões de 7x6 m e espaçamento de 3 m entre parcelas.

A dose recomendada para a cultura do milho levou em consideração à extração do nutriente N para obtenção de alta produtividade (10 t ha⁻¹), de acordo com as recomendações da CQFS (2004). A cultura da aveia preta não recebeu fertilização, sendo avaliado o efeito residual dos fertilizantes.

A aplicação do fertilizante foi realizada em superfície e posteriormente incorporada manualmente, ao lado da linha de semeadura, apenas na cultura do milho. Foram realizadas amostragens estratificadas do solo no final de cada ciclo da cultura tanto de verão como de inverno, nas camadas de 0,0-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40, 0,40-0,60 cm de profundidade. Foram retiradas aleatoriamente três amostras simples para cada camada constituindo uma amostra composta, sempre na entrelinha da cultura presente na área, com a utilização de trado tipo sonda. As amostras compostas foram secas ao ar e peneiradas (malha 2 mm). Posteriormente foram submetidas à análise para determinação do pH em (água), carbono orgânico, acidez potencial (H+Al), Al, Ca, Mg, P e K trocáveis e, calculada a saturação por bases (V%), conforme metodologia proposta por Raij et al. (2001)

As médias de tratamentos foram comparadas pelo t de student, protegido pela significância do teste f global. Foi adotado o nível de 5 % de probabilidade como taxa de erro para tomada de decisão. Para realizar essa análise foi usado o procedimento GLM do (SAS, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a safra de milho no ano de 2011 os fertilizantes que apresentaram maior contribuição para o teor de P disponível no solo foram OF e MF, para Nitossolo na profundidade de 0-10 cm; e OF em Nitossolo para 10-20, 20-40 e 40-60 cm; e novamente o OF para Cambissolo nas profundidades de 20-40 e 40-60 cm (**Tabela 1**). Este resultado denota a eficiência dos fertilizantes fluidos em disponibilizar maior quantidade de P no solo em relação aos sólidos, na camada superficial e com

especial ênfase para o organomineral fluido nas maiores profundidades, bem como permite inferir sobre deslocamento do P ao longo do perfil do solo, quando se aplica este nutriente na forma fluida. Uma vantagem potencial da aplicação de ortofontes de polifosfato fluido, em vez de fontes de P sólidas está relacionada ao aumento da concentração de P disponível em profundidade (Kovar 2006).

Na cultura do milho no ano de 2012 pode-se observar que os maiores teores de P em Cambissolo foram demonstrados no tratamento MS na profundidade de 0-10 cm; para MF nas profundidades de 10-20 e 20-40 cm; e semelhança entre os tratamentos que receberam adubação fosfatada em detrimento ao controle para profundidade de 40-60 cm (**Tabela 1**). Para Nitossolo pode-se verificar significância entre os fertilizantes apenas nas camadas superficiais de 0-10 e 10-20, sendo que os melhores tratamentos corresponderam ao OF e MS na primeira camada e o MS na segunda. Vale ressaltar que em todas as profundidades, tanto no Nitossolo como no Cambissolo os teores de P no solo estiveram com valores considerados como muito altos, de acordo com a CQFS (2004), condição que permitiu a planta do milho explorar todo o seu potencial genético de produção em razão da cultura ter sido irrigada neste ano.

O aumento na concentração de P no solo é importante em razão do pequeno movimento do ortofosfato por difusão, e isto se limita ainda mais quando aplicado na superfície do solo, principalmente na condição de sistema plantio direto; no entanto quando aplicado de forma localizada pode ocorrer o deslocamento em profundidades maiores, em razão da saturação dos sítios de fixação na camada em questão, esta condição permite maior exploração radicular e, conseqüentemente, maior desenvolvimento à planta.

A utilização dos ácidos orgânicos de baixo peso molecular tem sido relacionada com a mobilização de nutrientes, principalmente com P insolúvel, que, portanto, aumenta a sua biodisponibilidade (Bolan et al, 1994;.), auxiliando na dissolução de compostos de P insolúveis, ligados a Ca, Fe e Al (Geelhoed et al, 1999; Jones et al, 2003.)

No primeiro cultivo agrícola (milho 2010/11) em sistema plantio direto, os fertilizantes OF e MF apresentaram maior eficiência na disponibilidade de P disponível no solo em comparação às demais tecnologias, demonstrando a importância da forma fluida em disponibilizar este nutriente ao sistema, principalmente favorecendo o deslocamento no perfil até a profundidade de 60 cm. No ano de 2012, após a segunda aplicação de fertilizantes no sistema durante a cultura de milho, novamente pode-se demonstrar bons resultados para teor de P



disponível em MS para 0-10 cm, para MF nas profundidades de 10-20 e 20-40 cm em Cambissolo; e em Nitossolo para MS nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm e OF em 10-20 cm. Vale ressaltar que o teor de P no solo este sempre na faixa correspondente a muito alta de acordo com CQFS (2004), o que permite dizer que ambos os solos encontram-se com fertilidade construída para nutriente P.

Quanto ao efeito residual do P disponível no solo, denotado pela cultura de inverno, momento que não houve aplicação das tecnologias pode-se concluir que em 2011, durante a cultura da aveia preta, os melhores tratamentos foram MF e OF para 0-10 cm em Nitossolo; e MS, MF e OF para 20-40 cm em Cambissolo. E este mesmo efeito residual dos fertilizantes para disponibilidade de P no solo pode ser observado em 2012, com a mesma espécie para cobertura de inverno, onde os tratamentos em destaque foram MS e OF para 0-10 cm; OF, MF, MS e Controle em 10-20 cm; OF em 20-40 cm; e MS e OS em 40-60 cm para Cambissolo. Já em Nitossolo houve destaque para OF em 0-10 cm; MF, OF e Controle para 10-20 cm; OS e MF em 20-40 cm; e MS para 40-60 cm. Desta forma o efeito residual dos fertilizantes para disponibilidade de P no solo são mais pronunciados no segundo ano agrícola, com destaque para o tratamento OF até a profundidade de 40 cm em Cambissolo e até 20 cm em Nitossolo; MF até 20 cm para Cambissolo e até 40 cm para Nitossolo; OS até 60 cm para Cambissolo e até 40 cm Nitossolo. Desta forma pode-se inferir que a tecnologia com organominerais nas formas fluidas e sólidas e o mineral fluido permitem liberação gradativa de P no solo durante o sistema de produção agrícola, onde este fornecimento ocorre ao longo do perfil do solo.

Após dois anos agrícolas as tecnologias que apresentaram construção da fertilidade do solo para teor de P no solo com comportamento quadrático crescente em Cambissolo para OF na profundidade de 20-40 cm e para MS em 40-60 cm; já em Nitossolo os fertilizantes que merecem destaque são o MF e OF na profundidade até 40 cm e MS e OS até 60 cm.

CONCLUSÕES

As tecnologias envolvendo os fertilizantes organominerais nas formas sólidas e fluidas e mineral fluido proporcionam teores de P disponível no solo, iguais ou superiores à forma solúvel sólida tradicional na cultura onde foi adotada a prática de adubação. Já quanto ao efeito residual dos fertilizantes organominerais para disponibilidade de

P no solo na cultura subsequente ocorre a liberação gradativa deste nutriente, e seu fornecimento ocorre ao longo do perfil do solo. A aplicação de fertilizantes organominerais e minerais nas formas sólidas e fluidas permitem a construção da fertilidade para P no solo, com especial destaque para OF até 40 cm em ambos os solos; MS até 60 cm em ambos os solos; MF até 40 cm em Nitossolo; e OS até 60 cm, também para Nitossolo. A diferença dos teores de P entre os solos está relacionada às práticas agrícolas de aplicação das referidas tecnologias que regem a dinâmica do P no solo.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Catarinense pela área cedida para montagem do experimento.

A Embrapa em nome da rede FertBrasil pelo financiamento das análises laboratoriais para análise de solos.

A pós-graduação da Universidade do Estado de Santa Catarina UDESC, Campos Lages, pela oportunidade da realização de doutorado.

REFERÊNCIAS

- ASSESSORIA DE GESTÃO ESTRATÉGICA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (AGE/MAPA), **Projeções do Agronegócio** : Brasil 2009/2010 a 2019/2020 – Brasília, 2ª edição. Ano 2010, 76p.
- BOLAN, N.S., NAIDU, R., MAHIMAIRAJA, S., BASKARAN, S., Influence of low-molecular-weight organic acid on the solubilization of phosphates. *Biol. Fertil. Soils* 1994.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS – RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre: sbcs - comissão de química e fertilidade do solo, 2004. 394p.
- GEELHOED, J.S., VAN RIEMSDIJK, W.H., FINDENEGG, G.R., Simulation of the effect of citrate exudation from roots on the plant availability of phosphate adsorbed on goethite. *Eur. J. Soil Sci.* 1999.
- JONES, D.L., DENNIS, P.G., OWEN, A.G., VAN HEES, P.A.W., Organic acid behavior in soils – misconceptions and knowledge gaps. *Plant Soil* 2003
- KOVAR J Fall surface-applied fluid P movement into soil limits potential loss to erosion. *Fluid J* 14:14–16. 2006
- RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

Tabela 1 Teores de P (mg/dm³) para NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, e, CAMBISSOLO HÁPLICO Eutroférico léptico em razão da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólido e fluido no sistema de produção plantio direto entre 2010 a 2012.

Solos		Cultivo de verão Miho 2010/11				
	Controle	MS	OS	MF	OF	
		Profundidade de 0-10 cm				
Cambissolo	99,07	132,12 A	116,0	83,83 B	110,0	
Nitossolo	91,13 b	92,33 b B	106,0 b	153,0 Aa	117,0 ab	
		Profundidade de 10-20 cm				
Cambissolo	47,96 B	55,24 B	32,21	52,19 B	57,36 B	
Nitossolo	80,70 Ab	81,25 Ab	51,77 c	88,90 Ab	118,0 Aa	
		Profundidade de 20-40 cm				
Cambissolo	30,01 c	41,37 b	38,69 bc	40,15 bc	58,12 a	
Nitossolo	54,17 b	31,55 d	36 cd	46,32 bc	90,11 a	
		Profundidade de 40-60 cm				
Cambissolo	34,29 b	31,99 b	39,12 b	36,53 b	51,85 a	
Nitossolo	33,89 c	34,77 bc	38,31 b	29,89 c	53,03 a	
Solos		Cultivo de inverno Aveia Preta 2011				
	Controle	MS	OS	MF	OF	
		Profundidade de 0-10 cm				
Cambissolo	66,91B	79,51 B	63,71 B	63,89 B	78,57	
Nitossolo	103,0 Abc	118,0 Ab	124,0 Aab	151,0 A a	89,75 c	
		Profundidade de 10-20 cm				
Cambissolo	112,0 B	166,0 A	135,0	63,23 A	97,73	
Nitossolo	106,0 A	101,0 B	124,0	36,49 B	124,0	
		Profundidade de 20-40 cm				
Cambissolo	68,52 Aa	76,44 Aa	48,70 b	63,0 Aab	67,50 Aa	
Nitossolo	50,78 B	39,0 B	34,06	39,0 B	48,61 B	
		Profundidade de 40-60 cm				
Cambissolo	26,53	27,29	27,70	27,25	28,46	
Nitossolo	29,32	24,89	24,22	28,01	27,24	
Solos		Cultivo de verão Miho 2011/12				
	Controle	MS	OS	MF	OF	
		Profundidade de 0-10 cm				
Cambissolo	77,00 c	173,18Aa	112,0 dc	122,0 b	109,0 bc	
Nitossolo	70,10 c	109,0B ab	87,80 bc	73,40 bc	140,0 a	
		Profundidade de 10-20 cm				
Cambissolo	47,20 c	82,70 b	65,70 bc	114,0 Aa	45,60 c	
Nitossolo	51,50 b	85,40 a	61,20 b	45, Bb	51,80 b	
		Profundidade de 20-40 cm				
Cambissolo	29,93 b	39,80 b	34,40 b	73,9 Aa	31,0 b	
Nitossolo	53,90	49,50	50,60	34,9 B	51,60	
		Profundidade de 40-60 cm				
Cambissolo	20,20 Bb	32,40 a	25,90 ab	26,70 ab	28,50 a	
Nitossolo	35,30 A	29,50	30,83	30,83	32,90	
Solos		Cultivo de inverno Aveia Preta 2012				
	Controle	MS	OS	MF	OF	
		Profundidade de 0-10 cm				
Cambissolo	105,0 b	116,0 ab	91,67 b	25,0 c	139,0 a	
Nitossolo	116,0 b	99,17 b	87,81 b	41,67 c	152,0 a	
		Profundidade de 10-20 cm				
Cambissolo	142,0 a	125,0 Aa	41,67 b	124,0 Aa	128,0 a	
Nitossolo	141,0 a	65,83 Bb	28,33 c	157,0 Ba	148,0 a	
		Profundidade de 20-40 cm				
Cambissolo	63,33 b	19,17 c	80,0 Bb	56,67 Bb	131,0 Aa	
Nitossolo	61,67 bc	37,50 c	135,0 Aa	130,0 Aa	87,50 Bb	
		Profundidade de 40-60 cm				
Cambissolo	38,33 c	85,83 Ba	80,0 ab	65,0 Ab	17,50 Bd	
Nitossolo	46,67 c	138,0 Aa	90,0 b	45,0 Bc	42,50 Ac	

Letras maiúsculas representam a diferença entre solos e minúsculas entre tratamentos, pelo teste de t ($P \leq 0,05$).