

Produção de biomassa e acúmulo de fósforo em aveia adubada com fertilizantes fosfatados

Tiago Zoz¹, Maria do Carmo Lana¹, Fábio Steiner², Jucenei Fernando Frandoloso¹ e Viviane Ruppenthal¹

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Centro de Ciências Agrárias – Curso de Agronomia. Rua Pernambuco, 1777, CEP 85.960-000, Marechal Cândido Rondon – PR – Brasil.

² Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA, Departamento de Produção Vegetal, Rua José Barbosa de Barros, 1780, CEP 18.610-307, Botucatu – SP – Brasil.

tiago_zoz@hotmail.com, mclana@unioeste.br, fsteiner@fca.unesp.br, neiff@bol.com.br, viviruppenthal@hotmail.com

Resumo: Este estudo teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação de fertilizantes fosfatados sobre a produção de biomassa e o acúmulo de fósforo pela aveia branca cultivada em Latossolo Vermelho eutroférico (LVef) de textura argilosa, em condições de casa de vegetação. O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela aplicação de 300 mg dm⁻³ de P com cinco fontes fosfatadas (superfosfato simples - SS; superfosfato triplo - ST; fosfato monoamônico – MAP; Umstart Super Zn – UMT e fosfato natural de Gafsa - GAFSA) e um tratamento sem P. A produção de biomassa e o P absorvido pela aveia foram realizados em dois cortes, o primeiro realizado aos 40 dias após a emergência e o segundo e 20 dias após o rebrote. O índice de eficiência agrônômica para os fertilizantes fosfatados foi calculado com base no superfosfato triplo, em ambos os cortes e total. O fosfato monoamônico proporcionou maior produção de biomassa seca no primeiro corte, já no segundo corte o superfosfato triplo apresentou resultado semelhante. A maior absorção de P ocorreu com a aplicação de MAP e ST, atribuído a maior solubilidade destas fontes. Quanto à eficiência agrônômica e o equivalente em ST as fontes de maior solubilidade no caso fosfato monoamônico e superfosfato simples apresentaram os melhores resultados.

Palavras-Chave: *Avena sativa*, solubilidade de fósforo, fontes de fósforo.

Biomass production and phosphorus accumulation in oat fertilized with phosphate fertilizers

Abstract: This study aimed to evaluate the effect of phosphate fertilizer on biomass production and phosphorus accumulation by oat grown in Oxisol of texture clay, under conditions of greenhouse. The experimental design was randomized blocks with four replications. The treatments were a combination of 300 mg dm⁻³ P with five sources of phosphorus (simple superphosphate - SS; triple superphosphate - ST; monoammonium phosphate - MAP; Umstart Super Zn - UMT and phosphate Gafsa - Gafsa) and a treatment without P. Biomass production and P uptake by oats were performed in two sections, the first done 40 days after emergence and the second and 20 days after the regrowth. The agronomic efficiency for phosphate fertilizers was calculated on the basis of triple superphosphate in both cuts and total. Monoammonium phosphate produced higher biomass in the first cut, since the second cut Superphosphate similar result. The highest P uptake occurred with the application of MAP and ST, attributed to higher solubility of these sources. As for the agronomic efficiency and the equivalent ST sources of higher solubility in the case phosphate and superphosphate showed the best results.

Key words: *Avena sativa*, solubility phosphorus, phosphorus sources.

Introdução

O fósforo (P) é um nutriente essencial às plantas, mas encontra-se em baixa disponibilidade em solos tropicais. A baixa disponibilidade desse elemento para as plantas é devida à grande reatividade e à alta taxa de retenção de seus íons, relacionados a numerosos constituintes dos solos. Por isso são necessárias grandes doses de fertilizantes fosfatados, para que as culturas obtenham alta produtividade, sendo comum o uso de fertilizantes de baixa solubilidade, para reduzir o custo de implantação de lavouras perenes. Os solos tropicais, de maneira geral, apresentam alta capacidade de fixação de P, em virtude da abundância de (hidr)óxidos de Fe e Al (Eijk, 1997; Silva Filho *et al.*, 2002), que formam fosfatos estáveis. Segundo Novais & Smyth (1999) cerca de 90% do fósforo aplicado ao solo é rapidamente adsorvido pelos oxidróxidos de Fe e Al.

A demanda de P nas adubações depende da textura do solo, uma vez que o tamponamento, diretamente relacionado ao teor de argila, vai modular a fração de P que permanecerá disponível para a planta (Costa *et al.*, 2008). Devido a isso, os solos argilosos requerem maiores quantidades de fosfato em relação aos solos arenosos para atender à demanda de uma dada cultura (Souza *et al.*, 2004).

A fonte de fosfato a ser utilizada é de grande importância devido as suas características de solubilidade e reatividade. Segundo Sousa *et al.* (2003), conhecendo-se o produto e suas solubilidades, pode-se, de maneira geral, prever sua eficiência agrônômica (capacidade de fornecimento de P para as culturas) e a melhor forma de utilização. Os adubos fosfatados mais utilizados na agricultura brasileira são os fosfatos solúveis, termofosfatos, multifosfatos e fosfatos naturais e ainda os fertilizantes fosfatados parcialmente acidulados (Lana *et al.*, 2004).

Dentre as fontes, comumente tem sido recomendado o superfosfato triplo e superfosfato simples como fontes de P (Lana *et al.*, 2004). Outra opção que tem sido utilizada é o emprego de fosfatos naturais a baixo custo de produção como alternativa viável para o suprimento da necessidade de P nos solos brasileiros. Guimarães *et al.* (1993) relatam baixa eficiência das adubações fosfatadas tornando-se necessários novos métodos de adubação no que diz respeito a fontes. Goedert *et al.* (1985), ressalta que a escolha de uma fonte de P se baseia tanto na sua eficiência para suprir as plantas com P, como na sua relação custo benefício.

A eficiência dos fertilizantes fosfatados depende de diversos fatores relacionados com suas características intrínsecas, propriedades do solo, práticas de manejo do solo e características vegetais (Chien & Menon, 1995; Rajan *et al.*, 1996). Uma das classificações

comerciais dos fertilizantes fosfatos é sua solubilidade em água. Por exemplo, superfosfato triplo (SFT) apresenta alta solubilidade, ao passo que os fosfatos naturais (FN) apresentam baixa solubilidade em água. Estas diferenças podem afetar a absorção do P pela planta (Goedert et al., 1985).

Este estudo teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação de fertilizantes fosfatados sobre a produção de biomassa e o acúmulo de fósforo pela aveia branca cultivada em Latossolo Vermelho eutrófico (LVef) de textura argilosa, assim como calcular a eficiência das diferentes fontes de fosfato.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em vasos, em casa de vegetação, na Estação de Cultivo Protegido da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Campus de Marechal Cândido Rondon – PR, durante os meses de abril e julho de 2009. A casa de vegetação é dotada de nebulização intermitente de modo a manter a umidade relativa (UR) do ar próximo a 80% e possui dupla camada plástica. A temperatura ambiente observada durante o experimento foi de 25 ± 3 °C.

O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho eutrófico (LVef) de textura argilosa, coletado na camada superficial de 0 a 20 cm de profundidade, apresentando as seguintes características físico-químicas: 580 g kg⁻¹ de argila; pH (CaCl₂) = 5,00; P (Mehlich-1) = 2,9 mg dm⁻¹; matéria orgânica = 14,8 g dm⁻³; H + Al = 46 mmol_c dm⁻³; K = 3,7 mmol_c dm⁻³; Ca = 52 mmol_c dm⁻³; Mg = 10 mmol_c dm⁻³; CTC = 112 mmol_c dm⁻³ e V = 59%.

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se da aplicação de 300 mg dm⁻³ de P sob cinco fontes de P (superfosfato simples - SFS, superfosfato triplo - SFT, fosfato monoamônico - MAP, fosfato natural reativo de Gafsa - GAFSA e Umostart[®] Super N - UMOSTART) e ausência de fósforo. As principais características químicas dos fertilizantes fosfatados utilizados no experimento são apresentadas na Tabela 1. Os fertilizantes foram incorporados ao solo no momento da semeadura. Cada parcela experimental foi constituída de um vaso com volume de 18 dm³.

Na semeadura da aveia branca utilizou-se a cultivar IPR 126 que após o desbaste deixou-se oito plantas por vaso. As irrigações foram realizadas duas vezes ao dia, de modo a manter a umidade do solo em torno de 80% da capacidade de campo.

Tabela 1. Principais características dos fertilizantes fosfatados utilizados no experimento

Fertilizante	P ₂ O ₅ total	Fração solúvel em água	Outros elementos
		----- % -----	
Superfosfato simples (SS)	18	≈ 85	20% de Ca + 12% de S
Superfosfato triplo (ST)	45	≈ 87	14% de Ca
Fosfato monoamônico (MAP)	48	≈ 100	9% de N
Fosfato Natural de Gafsa (GAFSA)	28	< 1	32 % de Ca
Umostart [®] super Zn (UMOSTART)	46	-	11% de N + 2% de Zn

As avaliações foram realizadas aos 40 dias após a emergência e 20 dias após o primeiro corte, determinando-se a produção de biomassa seca (g por vaso), cortando-se todas as plantas rente ao solo e colocando o material para secar em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 72 h, então procedeu-se a pesagem. O material vegetal seco da parte aérea foi submetido à digestão sulfúrica para determinação do teor de P (g kg^{-1}) e então determinou-se o conteúdo de P absorvido (g por vaso) (BRAGA; DEFELIPO, 1974).

A partir dos resultados obtidos também calculou-se o Índice de Eficiência Agronômica (IEA) para a biomassa seca da aveia nos dois cortes conforme sugerido por Novais e Smyth (1999), tomando-se o SFT como 100%, e o equivalente em superfosfato triplo.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Utilizou-se o programa computacional SISVAR versão 5.1 para processamento dos dados.

Resultados e Discussão

O fosfato monoamônico proporcionou maior produção de biomassa seca de aveia em ambos os cortes, sendo que no segundo corte o superfosfato triplo apresentou resultado semelhante (Tabela 2). Esse resultado pode ser atribuído a maior solubilidade do fosfato monoamônico e do superfosfato triplo, proporcionando incrementos maiores e de forma mais rápida de P lábil ao solo em relação às demais fontes avaliadas, podendo então suprir a necessidade de fósforo da aveia durante o seu desenvolvimento inicial. Resultados esses que concordam com os resultados encontrados por Ramos et al. (2009) que avaliou a produção de biomassa de gramíneas forrageiras em dois solos em função de duas fontes de fosfato, sendo as maiores produtividades de biomassa obtidas com a fonte de fosfato de maior solubilidade, nesse caso superfosfato triplo.

Tabela 2. Produção de biomassa seca e P absorvido pelas plantas de aveia cultivada em Latossolo Vermelho, em função da fonte de fósforo. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon, PR. 2009

Fonte	Biomassa seca		Teor de P		Conteúdo de P	
	1º Corte	2º Corte	1º Corte	2º Corte	1º Corte	2º Corte
	----- g/vaso -----		----- g kg ⁻¹ -----		----- mg/vaso -----	
Testemunha	14,14 d	8,19 c	2,10 b	1,87 c	29,69 d	15,32 d
Superfosfato simples	31,13 ab	16,71 ab	5,26 a	4,72 a	163,74 a	78,87 a
Superfosfato triplo	30,65 ab	18,51 a	4,98 a	4,56 a	152,64 a	84,41 a
Fosfato monoamônico	33,01 a	17,48 a	5,11 a	4,93 a	168,68 a	86,18 a
Fosfato natural de Gafsa	20,44 c	10,45 c	3,89 b	3,64 b	79,51 c	38,04 c
Umostart® Super Zn	27,45 b	15,41 b	4,82 a	4,31 a	132,31 b	66,42 b
Média	26,14	14,46	4,36	4,02	121,10	61,54
CV (%)	6,63	7,99	9,60	7,84	11,34	7,26

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Outro fator que contribuiu para os resultados obtidos pelo fosfato monoamônico é a presença de nitrogênio em sua composição. A maioria dos trabalhos realizados com aplicação de N sob diferentes fontes em aveia tem apresentados resultados positivos Amado *et al.* (2003); Marques (2005); Aita *et al.* (2006).

O fertilizante Umostart® Super Zn demonstrou possuir solubilidade maior que o fosfato natural de Gafsa, porém menor que as demais fontes, e com isso apresentando a segunda maior média para as variáveis analisadas em relação às fontes. Um fator importante a ser levado em consideração é a presença de nitrogênio na formulação do Umostart, de maneira semelhante ao que foi apresentado pelo fosfato monoamônico.

O fosfato natural de Gafsa possui menor solubilidade que as demais fontes avaliadas, o que refletiu na menor biomassa seca de planta, e menor teor e conteúdo de P. Entretanto, Franco (2003) relatam que os fosfatos naturais têm demonstrado baixa eficiência inicial, em relação às fontes solúveis em água, porém, melhorando com o passar dos anos.

Na ausência de fósforo observou-se significativa redução de biomassa seca, e do teor e conteúdo de P em ambos os cortes, evidenciando dessa forma a elevada exigência de fósforo pela aveia. O baixo teor de fósforo presente no solo não foi suficiente para suprir a elevada demanda de fósforo pela cultura, promovendo dessa forma, significativa diferença entre a testemunha e as fontes.

O fósforo possibilita melhor vigor de rebrota, aumento do perfilhamento, produção de massa seca e persistência da pastagem no ecossistema (Barrim, 2004).

Os parâmetros de eficiência agronômica para a produção de biomassa seca e o equivalente em superfosfato triplo (Tabela 3) acompanharam os resultados de biomassa seca, e teor e conteúdo de P, sendo que a eficiência agronômica e o equivalente em superfosfato triplo das fontes de fosfato aumentaram de acordo com o aumento da solubilidade das fontes utilizadas.

Tabela 3. Eficiência agronômica (EA) e equivalente superfosfato triplo (Eq. ST) de fontes de fósforo, durante dois cortes de aveia preta cultivada em Latossolo Vermelho, em condições de casa de vegetação UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon, PR. 2009

Fonte	Dose de P total	EA ⁽¹⁾			Eq. ST ⁽¹⁾ Total
		1º Corte	2º Corte	Total	
	mg dm ⁻³	----- % -----			
Superfosfato simples	300	109	92	101	100
Fosfato monoamônico (MAP)	300	113	103	108	> 100
Fosfato natural de Gafsa	300	41	33	37	49
Umostart® Super Zn	300	83	74	79	83

⁽¹⁾ Tomando como base a absorção de P.

O MAP e o SFS apresentaram resultados de eficiência agronômica e equivalente em superfosfato triplo semelhantes e superiores as demais fontes. Reforçando assim o fato de que essas fontes forneceram P disponível para a aveia em maior quantidade e de forma mais rápida, durante o desenvolvimento inicial da cultura. Por outro lado o fertilizante organomineral Umostart e o fosfato de Gafsa, que possuem menor solubilidade, e dessa forma incrementando o teor de P lábil no solo de forma mais lenta, não forneceram P suficiente para o suprimento da demanda da cultura durante o seu desenvolvimento inicial, sendo os resultados refletidos na menor produção de biomassa seca de aveia.

É necessário salientar que se o experimento fosse conduzido por um período de tempo maior, e por mais ciclos, as fontes de menor solubilidade provavelmente obteriam resultados semelhantes às fontes de maior solubilidade, devido ao maior tempo para ocorrência de liberação de P lábil no solo, o que já foi verificado por mais autores Franco (2003) e Resende *et al.*, (2006).

Conclusões

As fontes de fósforo influenciaram a produção de biomassa seca e o teor e conteúdo de fósforo da aveia. O fosfato monoamônico que possui maior solubilidade foi superior às outras fontes de fósforo avaliadas.

O fosfato monoamônico e o superfosfato simples foram superiores as demais fontes de fósforo quanto à eficiência agronômica e equivalente em superfosfato triplo.

Referências

AITA, C.; PORT, O.; GIACOMINI, S.J. Dinâmica do nitrogênio no solo e produção de fitomassa por plantas de cobertura no outono/inverno com o uso de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.901-910, 2006.

AMADO, T.J.C.; SANTI, A.; ACOSTA, J.A.A. Adubação nitrogenada na aveia I: Influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p. 1085-1096, 2003.

BARRIM, G.M. **Efeito de fontes de fósforo no rendimento de massa seca e na produção animal em capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça)**. 2004. 71f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, v. 21, p. 73-85, 1974.

CHIEN, S.H.; MENON, R.G. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. **Fertilizer Research**, v.41, p.227-234, 1995

COSTA, S.E.V.G.A.; NETO, A.E.F.; RESENDE, A.V.; SILVA, T.O.; SILVA, T.R. Crescimento e nutrição da braquiária em função de fontes de fósforo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n. 5, p. 1419-142, 2008.

FRANCO, H.C.J. **Avaliação agronômica de fontes e doses de fósforo para o capim Tifton 85**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2003. 80p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, 2003.

GOEDERT, W.J. SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Fósforo. In: GOEDERT, W.J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologia e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel, 1985. p.129-163.

GUIMARÃES, T.G. et al. Eficiência de um fosfato parcialmente acidulado na produção de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1993, Goiânia. **Resumos...** Goiânia, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p.215-216.

LANA, R.M.Q.; JUNIOR, L.A.Z.; LUZ, J.M.; SILVA, J.C. Produção da alface em função do uso de diferentes fontes de fósforo em solo de Cerrado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p.525-528, 2004.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 638p. 2006

MARQUES, M.G. **Transformações do carbono e do nitrogênio no solo e produção de aveia com o uso de dejetos de suínos em plantio direto**. Santa Maria, UFSM, 2005. 83p. (Dissertação de mestrado).

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV/DPS, 1999. 399p.

RAJAN, S.S.S.; WATKINSON, J.H.; SINCLAIR, A.G. Phosphate rocks for direct application to soils. **Advance and Agronomy**, v.57, 78-159, 1996.

RAMOS, S.J.; FAUIN, V.; RODRIGUES, C.R.; SILVA, C.A.; BOLDRIN, P.F. Biomass production and phosphorus use of forage grasses fertilized with two phosphorus sources. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.2 p 335-343, 2009.

RESENDE, A.V. et al. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.453-466, 2006.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 147-168.

Recebido em: 13/08/2010

Aceito para publicação em: 15/09/2010