

Rendimento de matéria seca de azevém anual na integração lavoura-pecuária sob plantio direto, submetido a doses e fontes de fertilização fosfatada¹

Annual ryegrass dry matter yield in crop-livestock integration under no-tillage rates and sources of phosphorus fertilizer

Rafael Martins Barbosa², Adriel Ferreira da Fonseca³, Hendrik Ivan Reifur⁴, Silvano Harkatin⁵ e Igor Quirrenbach de Carvalho⁶.

¹Trabalho de Conclusão de Curso do primeiro Autor.

²Curso de Graduação em Zootecnia - UEPG, Ponta Grossa - PR.

³Professor Adjunto do Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola - UEPG, Ponta Grossa - PR.

⁴Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Curso de Mestrado) - UEPG, Ponta Grossa - PR, bolsista da CAPES.

⁵Curso de Graduação em Zootecnia - UEPG, Ponta Grossa - PR, Bolsista de Iniciação Científica da Fundação Araucária.

⁶Coordenador da Seção de Forragicultura da Fundação ABC, Pesquisa e Desenvolvimento Agropecuário.

Resumo

No Brasil, tem sido aumentado o uso do sistema de plantio direto (SPD), aliado a integração lavoura pecuária (ILP), visando maximizar a produção das áreas e aumentar a lucratividade do agronegócio. Porém, os rendimentos agropecuários brasileiros têm sido limitados, devido aos baixos teores de fósforo (P) disponível no solo e/ou a baixa eficiência do uso de fertilizantes fosfatados. Os objetivos deste trabalho foram (i) avaliar os efeitos de doses (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total) e fontes (solúveis e insolúveis em água) de fertilizantes fosfatados sobre o rendimento de MS do azevém anual na ILP sob SPD; (ii) comparar o uso de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (nas formas de

SFT, FNR e TFM), aplicados no verão, sobre o rendimento de MS do azevém anual. O experimento foi conduzido na Fazenda Capão do Cipó, no município de Castro, PR, no período de abril a setembro de 2010. O delineamento experimental foi o de blocos completos ao acaso, com quatro repetições e 13 tratamentos, T1: controle (sem aplicação de P); T2 - T4: 60, 120, 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total, respectivamente, na forma de superfosfato triplo (SFT); T5 - T7: 60, 120, 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total, respectivamente, na forma de fosfato natural reativo (FNR); T8 - T10: 60, 120, 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total, respectivamente, na forma de termofosfato magnésiano (TFM) e T11 - T13: aplicação de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total na forma de SFT, FNR e TFM, respectivamente, aplicado na cultura anterior (milho). Foi avaliado o rendimento de matéria seca do azevém anual em dois pastejos. Não houve diferença no rendimento de MS entre adubação fosfatada antecipada (por ocasião da semeadura do milho) e adubação fosfatada por ocasião da semeadura do azevém anual. No primeiro pastejo, o rendimento de MS do azevém aumentou linearmente com o uso de fosfato natural reativo (FNR) e quadraticamente para superfosfato triplo (SFT) e termofosfato magnésiano (TFM). No segundo pastejo, foi observado um aumento linear no rendimento de MS mediante uso de SFT e FNR, e aumento quadrático para o TFM. Portanto a época de adubação não influenciou o rendimento de MS do azevém anual e as diferentes doses e fontes aumentaram positivamente o rendimento de MS.

Termos de indexação: *Lolium multiflorum* Lam, adubação de sistema, fosfato insolúvel em água.

Abstract

In Brazil, there has been increased use of no-tillage (NT), combined with crop livestock (CL) in order to maximize the production areas and increase the profitability of agribusiness. However, the Brazilian agricultural income has been limited due to low soil phosphorus (P) availability in the soil and low efficiency of the use of phosphate fertilizers. Our objectives were (i) evaluate the effects of doses (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ P₂O₅ total) and sources (soluble and insoluble) phosphate fertilizer on forage yield of annual ryegrass in ILP under NT, (ii) compare the use of 90 kg P₂O₅ ha⁻¹ (in the form of TSP, PR and FMP), applied in the summer on the DM yield of

ryegrass. The experiment was conducted at the Capão do Cipo farm in the municipality of Castro, PR, during April-September 2010. The experimental design was a randomized complete block with four replication and 13 treatments, as follow T1: control (no P application); T2-T4: 60,120,180 kg P_2O_5 ha⁻¹ total, respectively in the form of triple superphosphate (TSP), T5 - T7: 60, 120, 180 kg P_2O_5 ha⁻¹ total, respectively, in the form of phosphate rock (PR), T8 - T10: 60, 120, 180 kg ha⁻¹ of total P_2O_5 , respectively, in the form of fused magnesium phosphate (FMP) and T11 - T13: application of 90 kg P_2O_5 ha⁻¹ total in the form of TSP, PR and FMP, respectively, applied on the previous crop (maize). We evaluated the dry matter yield of annual ryegrass in two grazings. There was no difference in DM yield between phosphorus early (before sowing of corn) and phosphorus at seeding of annual ryegrass. In the first grazing, forage yield of ryegrass increased with the use of phosphate rock (PR) and quadratically for triple superphosphate (TSP) and fused magnesium phosphate (FMP). In the second grazing, there was a linear increase in DM yield by using TSP and PR, and quadratic increase for the FMP. Therefore that the time of fertilization did not affect the DM yield of ryegrass and different doses and sources increased the positive yield.

Index terms: *Lolium multiflorum* Lam, fertilization of agricultural system, phosphate insoluble in water

Introdução

Atualmente mais de 25,5 milhões de há no Brasil, são cultivados em SPD, sendo 5 milhões só no Parana (MAPA, 2010; FEBRAPDP, 2010). O SPD é um sistema diferenciado de manejo do solo, visando diminuir o impacto da agricultura e das máquinas agrícolas, além de não revolver o solo, mantém os resíduos vegetais na superfície, aumenta o teor de matéria orgânica (BAYER & MIELNICZUK, 1997), a estabilidade dos agregados (CAMPOS et al, 1995) e preserva a qualidade da estrutura do solo (CARPENEDO & MIELNICZUK, 1990), com reflexo na redução da erosão hídrica e da poluição do ambiente. Porém, boa parte dessas áreas agrícolas para cultivo de grãos, no verão, ficam ociosas durante o período de inverno. A ILP implica no uso conservacionista dos recursos naturais e energia, verticalização da produção e diminuição da necessidade de transformar

áreas de vegetação natural em áreas agrícolas para atender às necessidades humanas (ASSMANN et al., 2003).

Adequado uso e manejo do solo não tem sido o suficiente para manter altas produtividades em longo prazo, devido à baixa fertilidade natural dos solos brasileiros em fósforo (P) e à exportação deste nutriente pelas colheitas (grãos, fibras, carnes, leite, etc.).

O P é o nutriente mais limitante para a produtividade de biomassa em solos tropicais e devido à baixa reversibilidade da adsorção deste elemento no solo, diminui a eficiência no seu aproveitamento pelas plantas em solos altamente intemperizados (FAGERIA, 1998). Desse modo, torna-se crucial o desenvolvimento de estratégias de fertilização fosfatada e aplicação deste nutriente em doses adequadas para manter a qualidade do solo sob sistemas integrados de produção agropecuários. Todavia, persistem dúvidas quanto à eficiência da fertilização fosfatada antecipada para os diferentes tipos de solos e sistemas de produção (CHIEN & MENON, 1995). Tem sido observado incremento no rendimento de grãos mediante a antecipação da fertilização fosfatada, quando esta é aplicada por ocasião da semeadura de cobertura vegetal (BOHAC et al., 2007). Isso indica que pode ser interessante a antecipação da fertilização fosfatada nos sistemas integrados, uma vez que a ciclagem de nutrientes tem sido incrementada na ILP (ASSMANN et al., 2007).

Espera-se que o rendimento de MS do azevém anual, seja superior em resposta a adubação fosfatada de base, quando comparada a antecipada no plantio do milho. Em relação as fontes espera-se melhor rendimento inicial com uso de SFT e com o passar do tempo, as fontes menos solúveis (TFM, FNR), devem proporcionar rendimentos semelhantes ao do SFT.

Os objetivos deste trabalho foram (i) avaliar os efeitos de doses (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total) e fontes (solúveis e insolúveis em água) de fertilizantes fosfatados sobre o rendimento de MS do azevém anual na ILP sob SPD; (ii) comparar o uso de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (nas formas de SFT, FNR e TFM), aplicados no verão, sobre o rendimento de MS do azevém anual.

Material e métodos

O experimento foi instalado na Fazenda Capão do Cipó (latitude: 24°51'49"S; longitude: 49°56'61"W; altitude média: 1.020 m), no município de Castro (PR). A área experimental está localizada na região geograficamente denominada de Primeiro Planalto Paranaense, onde o clima regional, segundo a classificação de KÖPPEN, é temperado do tipo Cfb de verões frescos, com ocorrência de geadas severas frequentes, não apresentando estação seca. A média das temperaturas dos meses mais quentes é inferior a 22°C e a dos meses mais frios é inferior a 18°C (IAPAR, 2010).

O solo da área experimental é um Cambissolo Háplico, na ocasião da implantação do experimento, o solo possuía na camada de 0-20 cm os seguintes atributos: pH (CaCl₂) de 4,78; saturação por bases (V) e por alumínio (m) de 38 e 11%, respectivamente; 4,35 mg dm⁻³ de P-disponível (Mehlich-1); 29,9 g dm⁻³ de carbono orgânico total e 154,27 mmol_c dm⁻³ de CTC. Os últimos cultivos da área incluíram as seguintes culturas manejadas no SPD: aveia preta (2007) milho (2007/2008), azevém anual (2008) soja (2008/2009) e aveia preta (2009) milho (2009/2010). Cerca de 30 dias após a colheita do milho, foi instalado o experimento (abril/2010).

O delineamento experimental empregado foi o de blocos completos ao acaso com quatro repetições e 13 tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1: Descrição dos tratamentos.

Tratamento	Fonte	Dose	Época de Aplicação
		(kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅ Total)	
T1	-	-	-
T2	SFT ¹	60	Semeadura do Azevém
T3	SFT	120	Semeadura do Azevém
T4	SFT	180	Semeadura do Azevém
T5	FNR ²	60	Semeadura do Azevém
T6	FNR	120	Semeadura do Azevém
T7	FNR	180	Semeadura do Azevém
T8	TFM ³	60	Semeadura do Azevém
T9	TFM	120	Semeadura do Azevém
T10	TFM	180	Semeadura do Azevém
T11	SFT	90	Semeadura do Milho
T12	FNR	90	Semeadura do Milho
T13	TFM	90	Semeadura do Milho

¹Superfosfato Triplo

²Fosfato Natural Reativo

³Termofosfato Magnésiano

Os fertilizantes dos T2–T10 foram aplicados manualmente na superfície do solo, sobre a palhada, por ocasião da semeadura do azevém anual. Já os fertilizantes dos T11–T13 foram aplicados de modo similar, porém, por ocasião da semeadura da cultura anterior (milho 2009/10). Ainda, a dose e fonte de P empregada no T11 simulou a prática comum realizada pelos agricultores da região. Cada parcela possuía área total de 425 m² área (17 x 25 m). Desprezando-se 2,0 m de bordadura, a área útil de cada parcela foi de 273 m².

As adubações fosfatadas foram feitas no dia 10 de abril, antes do plantio do azevém. A semeadura do azevém anual cv. Barjumbo e ABC-1 foi realizada 23 dias após a adubação (situação de melhor umidade do solo). Foram utilizados espaçamento de 17 cm entrelinhas e densidade de 400-500 sementes (puras viáveis) m⁻², equivalente a 45 kg de sementes (30 e 15 kg ha⁻¹ dos cultivares ABC-1 e Barjumbo, respectivamente). Por ocasião da semeadura, foi aplicado 200 kg ha⁻¹ do formulado 25-00-25 e, após cada pastejo, procedeu-se aplicação de nitrogênio mineral na dose de 50 kg ha⁻¹ (na forma de uréia, 450 g kg⁻¹ de N).

A altura das forrageiras foi medida através do bastão graduado (sward stick), conforme metodologia descrita por (BARTHURAM, 1985). Foi adotado o sistema de pastejo rotacionado, sendo que os animais permaneceram na área cerca de cinco a sete dias. O pastejo foi feito por 15 animais de duas diferentes raças (cinco da raça Canchim, cinco Red Angus e outros cinco mestiços Red Angus/Canchim), com peso médio, no início do pastejo, de 384 (± 45) kg e, no final do experimento, seriam abatidos com 500 (± 35) kg. Foi utilizada uma taxa média de lotação de 4,64 (± 0,45) unidades animal (UA) ha⁻¹. O pastejo das forrageiras foi iniciado quando estas se encontravam com aproximadamente 25 cm de altura e finalizado quando apresentavam 10 cm de altura.

Para fins de amostragem, foram utilizadas duas gaiolas de exclusão de 0,36 m² por piquete. As gaiolas foram fabricadas de ferro de ½ polegada de diâmetro e fechadas com tela de arame de malha 5,0 cm. O procedimento para amostragem consistiu na escolha, ao acaso, de áreas para alocação das gaiolas dentro do piquete. (MORAES et al., 1990). As coletas eram feitas após a saída

dos animais da área, coletando-se o conteúdo de massa verde do interior das gaiolas, considerando como área útil 0,50 m² por parcela. Os mesmos procedimentos foram empregados tanto no primeiro (4 de agosto/ 25 de agosto), quanto no segundo pastejo (28 de agosto/18 de setembro). Salienta-se que foram avaliadas as quantidades de fitomassa nas ocasiões de entrada e saída dos animais.

Depois de coletadas, as amostras foram pesadas, colocadas em sacos plásticos e encaminhadas para o laboratório, onde foram secas em estufa a 65°C com circulação forçada de ar até atingir massa constante. Após secagem, as amostras foram pesadas em balança de precisão para obtenção da quantidade de matéria seca.

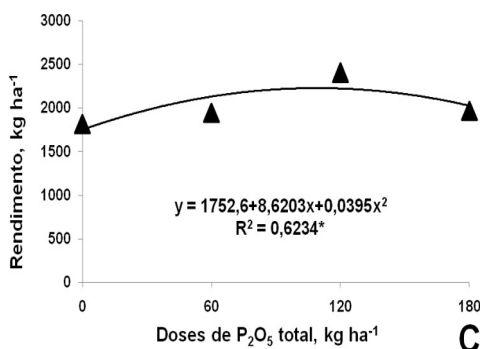
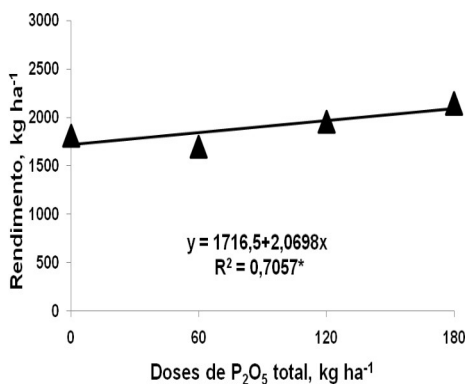
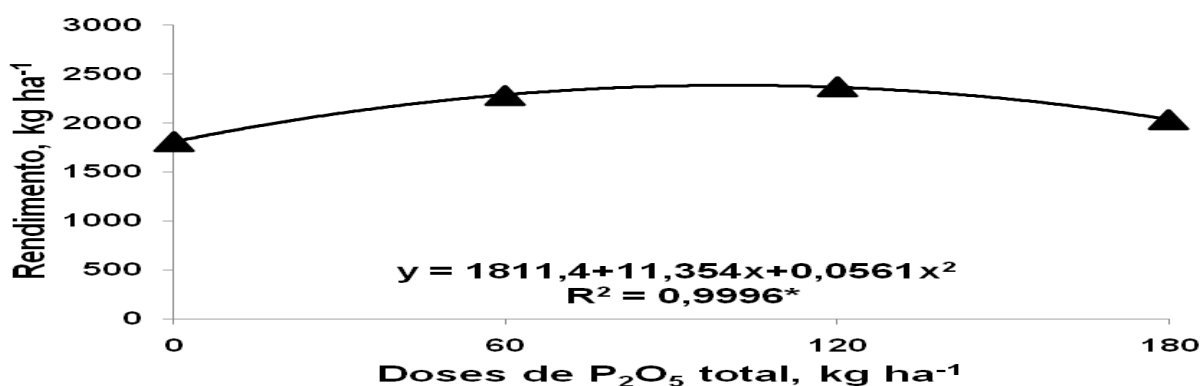
Os resultados foram submetidos à análise estatística univariada de acordo com o modelo de experimento em blocos completos casualizados. Foram ajustados ao modelo linear ou quadrático os efeitos das variáveis preditoras (dose de P para as diferentes fontes) na variável resposta rendimento forrageiro. Todas as análises estatísticas foram realizadas mediante uso do pacote estatístico, SISVAR versão 5.3 (Build 74) (FERREIRA, 2006).

Resultados e Discussão

Primeiro pastejo

O azevém, por se encontrar em fase inicial de ciclo, produziu menor quantidade de MS no primeiro quando comparado ao segundo pastejo. Comparando-se as fontes de P (na dose de 90 kg ha⁻¹), aplicadas junto à semeadura da cultura anterior (milho), não foram observadas diferenças para o rendimento de MS e ainda, a antecipação da fertilização de P não diferiu da aplicação deste nutriente por ocasião da semeadura do azevém. Isso pode ter ocorrido devido a concentração de P, no início do experimento, ser de 4,35 mg dm⁻³ (teor médio para forrageiras) e também, o azevém, apesar de ser uma forrageira exigente em fertilidade do solo, possui menor requerimento de P quando comparado às culturas anuais produtoras de grãos (IAPAR, 2003). Além do mais, o alto teor de carbono no solo pode ter diminuído a adsorção específica do P e melhorado a disponibilidade deste nutriente às plantas (VAN RAIJ, 1991). Comparando fontes e doses de P houve diferença significativa como mostra, (F = 2,218; P > 0,0324).

Mediante análise de regressão, foi observado aumento linear, para a adição de doses de FNR (Figura 1B) e quadráticos, para o uso de doses de SFT (Figura 1A) e TFM (Figura 1C). O aumento quadrático do SFT pode ter ocorrido devido à interação do P no solo com outros nutrientes, principalmente, micronutrientes, diminuindo as suas disponibilidades para as plantas, assim reduzindo o seu rendimento (MALAVOLTA, 2006). A dose estimada que proporcionaria maior rendimento de MS, para o SFT seria a de 101 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total. Quanto ao TFM, estimada a dose de 109 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total proporcionaria máximo rendimento de MS.



C

Figura 1: Efeito de doses de P_2O_5 total nas formas de superfosfato triplo (A), fosfato natural reativo (B) e termofosfato magnésiano (C) no rendimento do azevém anual, primeiro pastejo agosto de 2010. * $P < 0,05$.

Segundo pastejo

Por ocasião do segundo pastejo, devido ao fato do azevém anual estar em estágio de desenvolvimento vegetativo mais avançado, os rendimentos de MS foram superiores aos do observados no primeiro pastejo. O rendimento de MS de azevém anual, aumenta linearmente com a adição de doses de P nas formas de SFT (Figura 2A) e FNR (Figura 2B), por ocasião de sua semeadura. Apesar destes fosfatos terem ocasionado efeitos positivos lineares no rendimento de MS de azevém, o coeficiente angular para o uso do SFT foi bem superior ao do FNR. Isso se deve, provavelmente a maior solubilidade do SFT, refletindo em maior produção de MS.

Quanto ao TFM (Figura 2C), apresentou comportamento similar ao primeiro pastejo, quadrático, mas rendimentos de MS superiores. Esse comportamento quadrático do rendimento de MS do azevém devido a adição de doses de TFM, pode ser devido a diminuição na disponibilidade e absorção de micronutrientes. Doses elevadas de termofosfatos proporcionam aumento de pH (devido a adsorção específica do silicato), diminuindo a disponibilidade e absorção de micronutrientes catiônicos (BALDEON, 1995).

Devido à solubilidade do TFM (baixa solubilidade em água e alta em ácido cítrico) (MALAVOLTA, 1981), altas doses de P pode ter inibido (ou diminuído) a absorção de zinco devido a vários fatores, como insolubilização do zinco na superfície da raiz, inibição não competitiva, precipitação no xilema e menor transporte, devido ao aumento de MS (LOPES, 1972).

Por outro lado, devido a sua baixa solubilidade em ácido cítrico (e insolúvel em água), o FNR pode ter sido liberado bem mais lentamente que os demais fosfatos, justificando rendimento

relativamente menor, e resposta linear positiva (até 180 kg há⁻¹ de P₂O₅ total), para o rendimento de MS.

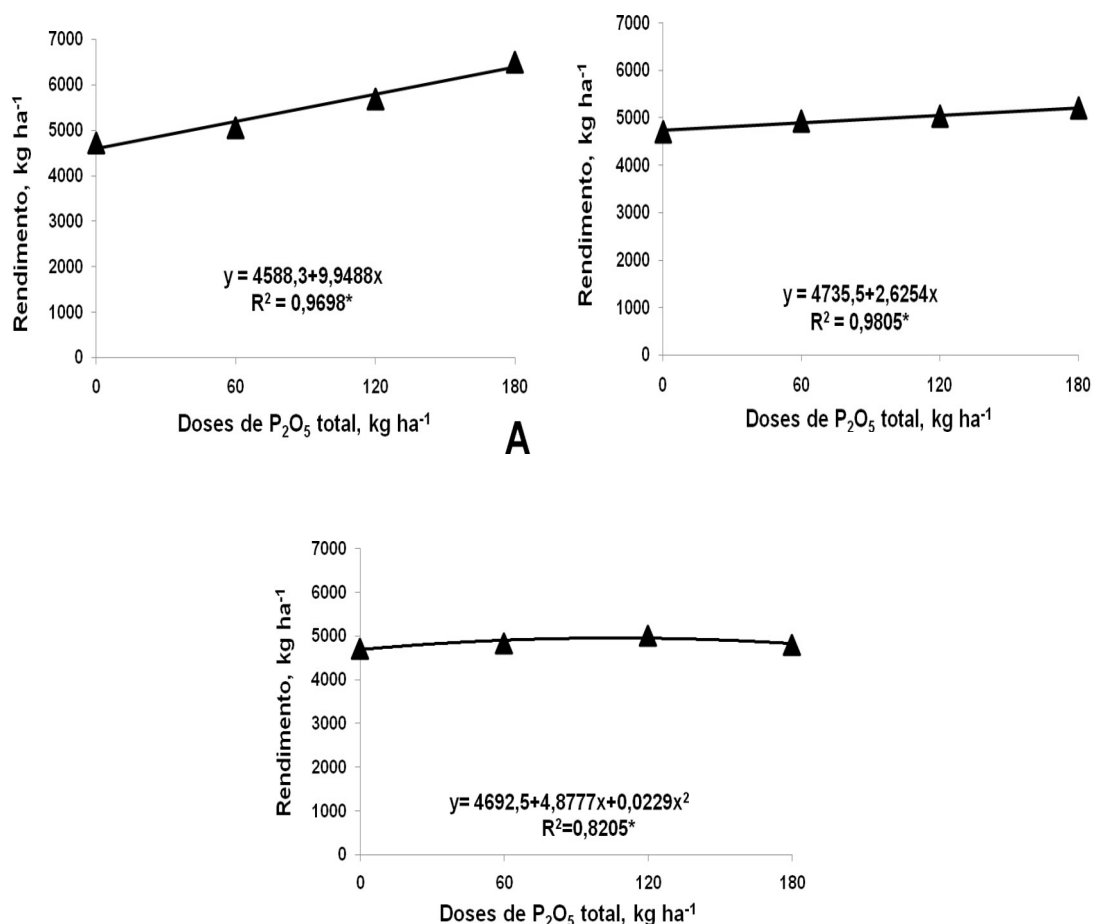


Figura 2: efeito de doses de P₂O₅ total nas formas de superfosfato triplo (A), fosfato natural reativo (B) e termofosfato magnésiano (C) no rendimento do azevém anual, segundo pastejo agosto de 2010. * P < 0,05.

Conclusões

Considerando o rendimento de MS do azevém anual, na ILP sob SPD, em solos com teores médios de P disponível, o fornecimento de P pode ser realizado tanto na semeadura do azevém anual (adubação de base) quanto na semeadura da cultura anterior (milho), sem afetar os rendimentos de MS do azevém.

Em solos com médio teor de P, o rendimento de MS do azevém anual foi, tanto para o primeiro quanto para o segundo pastejo, incrementado pelo uso de fertilizantes fosfatados. De modo geral maiores rendimentos de MS do azevém anual foram obtidos com o uso de doses de SFT, seguidos pelas doses de TFM e FNR.

Agradecimentos

As instituições, Fundação ABC, Yoorin Fertilizantes Indústria e Comércio Ltda e International Plant Nutrition Institute (IPNI), e as pessoas Engenheiro Agrônomo Me. Igor Quirrenbach de Carvalho, Zootecnista Hendrik Ivan Reifur, acadêmico Silvano Harkatin e ao Professor Dr. Adriel Ferreira da Fonseca.

Referências

ASSMANN, T.S.; RONZELLI JÚNIOR, P.; MORAES, A.; ASSMANN, A.L.; KOEHLER, H.S.; SANDINI, I. **Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio.** R. Bras. Ci. Solo, 27: 675-683, 2003.

ASSMANN, T.S.; ASSMANN, J.M.; CASSOL, L.C.; DIEHL, R.C.; MANTELI, J.M.; MAGIERO, E.C.; **Desempenho da mistura forrageira de aveia-preta mais azevém e atributos químicos do solo em função da aplicação de esterco líquido de suínos.** R. Bras. Ci. Solo. v.31, p.1515-1523, 2007.

BARTHAM, G.T.; **Experimental techniques: the HFRO swardstick.** Penicuik: Hill Farming Research Organization, 1986. p.29-30. Biennial Report 1984-1985.

BALDEÓN, J.R.M.; **Efeito da ação alcalinizante e do silício na eficiência do termofosfato magnesiano em solos ácidos.** Piracicaba, 1995. 92p.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; **Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultivo.** R. Bras. Ci. Solo, 21:105-112, 1997.

BOHAC, E.A.F.; CÂMARA, D.S.G.M.; SEGATELLI, C.R.; **Estado nutricional e produção do capim-pé-de-galinha e da soja cultivada em sucessão em sistema antecipado de adubação.** *Bragantia*, v.66, n.02, p.259-266, 2007.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J. & PETRERE, C.; **Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo.** *R. Bras. Ci. Solo*, 19:121-126, 1995.

CARPENEDO, V., MIELNICZUK, J.; **Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos submetidos a diferentes sistemas de manejo.** *R. Bras. Ci. Solo*, 14:99-105, 1990.

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.

FAGERIA, N.K.; **Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas.** *R. Bras. Eng. Agrí. Amb.*, v.1, p.259-266, 1998.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA (FEBRAPDP); **Evolução da área cultivada em plantio direto.** Disponível em:

<http://www.febrapdp.org.br/download/informativo>>. Acesso em: 10 set. 2010.

FERREIRA, D. F.; **SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística.** *R. Symposium (Lavras)*, v.6, p.36-41, 2008.

INTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR); Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>. Acesso em 06 dez. 2010.

INTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR); **Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná.**; 2003, p.25-26.

LOPES, O. G.; **Contribuição ao estudo das relações entre o zinco e o fósforo das plantas.** 44p. 1972.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO (MAPA).; Disponível em:
<https://www2.cead.ufv.br/espacoProdutor>. Acesso em 30 jul. 2010.

MALAVOLTA, E.; **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. São Paulo, Ceres, 1981.
596p.

MALAVOLTA, E.; **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Ceres, 2006. p.631.

MORAES, A.; MOOJEN, E.L.; MARASCHIN, G.E. **Comparação de métodos de taxas de crescimento em uma pastagem submetida a diferentes pressões de pastejo**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, S. Bras. Zoo.; 1990. p.332.

RAIJ, B. V.; **Fertilidade do solo e adubação**., 1991. 343 p.