



Adução potássica para alto rendimento de cereais de inverno em sistema de rotação de culturas na região Centro-Sul do Paraná

Eduardo Carniel⁽¹⁾; Renan Costa Beber Vieira⁽²⁾; Sandra Mara Vieira Fontoura⁽³⁾; Renato Paulo de Moraes⁽⁴⁾; Fernando Viero⁽⁵⁾ & Cimélio Bayer⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Estudante de graduação; Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Porto Alegre, RS; duducarniel@gmail.com; ⁽²⁾ Professor Adjunto; Universidade Federal da Fronteira Sul; ⁽³⁾ Pesquisadora; Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA); ⁽⁴⁾ Técnico Agrícola; FAPA; ⁽⁵⁾ Doutor em Ciência do solo; UFRGS & ⁽⁶⁾ Professor Associado do Departamento de Solos; UFRGS.

RESUMO: A adução potássica para o estado do Paraná é realizada por indicações técnicas obtidas em sistema de preparo convencional a mais de 30 anos. Esse estudo teve como objetivo desenvolver indicações de adução potássica para cereais de inverno trigo e cevada em sistema de plantio direto (PD) de longa duração (>30 anos) na região Centro-Sul do Paraná. No período de 2011 a 2012, foram conduzidos 23 experimentos, 12 de trigo e 11 de cevada, visando avaliar a resposta das culturas a adução de K. Os rendimentos relativos (RR), foram avaliados para obtenção de máxima eficiência técnica (MET) e econômica (MEE), em diferentes classes de disponibilidade de K no solo Média, Alta e Muito Alta. Os cereais de inverno responderam positivamente à adução potássica, mesmo em solos com K acima do teor crítico, apresentando doses de rendimentos de MET superiores a 100 kg ha⁻¹ de K₂O para ambas as culturas e em todas as classes de disponibilidade avaliadas (Média, Alta e Muito Alta). Os maiores retornos econômicos foram verificados na classe de disponibilidade de K Média, porém também ocorreram nas classes Alta e Muito Alta com RR de MEE acima de 96%. As doses encontradas nesse estudo foram superiores as doses recomendadas atualmente para o estado do Paraná. Portanto, solos que apresentam Alta e Muito Alta disponibilidade de K possuem uma resposta positiva a adução potássica mesmo em doses maiores que as necessárias para suprir a exportação de grãos.

Termos de indexação: Plantio direto, Adução potássica, trigo e cevada.

INTRODUÇÃO

O estado do Paraná é um grande produtor de grãos brasileiro, cultivando cerca de 7,6 milhões de hectares em plantio direto (PD) (Agrosoft, 2009). O PD modifica a dinâmica de disponibilidade de nutrientes no solo, como o K, bem como os teores de carbono orgânico (Bayer & Mielniczuk, 1997) e a exigência de maiores teores de K disponível ocasionados pelo incremento na capacidade de troca de cátions (Mielniczuk, 2005). Além disso, o PD

favorece a estratificação dos nutrientes em camadas, apresentando maiores acúmulos de K nas camadas superficiais (0-5 cm) (Almeida et al., 2005; Pauletti et al., 2009).

A recomendação de adução potássica no Paraná é baseada em indicações técnicas para as culturas individuais (Embrapa, 2011; 2013) desenvolvidas em sistema de preparo convencional há mais de 30 anos, não havendo um sistema de recomendação que englobe plantio direto em sistema de rotação de culturas. Como alternativa, utiliza-se também recomendações de outros estados como RS e SC (Cqfs-Rs/Sc, 2004) e de SP (Raij et al., 1997), as quais também foram geradas em sistema de preparo convencional, porém, com algumas adaptações para o sistema de PD.

O objetivo deste estudo foi avaliar a resposta das culturas de trigo e cevada à adução potássica, visando obter a máxima eficiência técnica (MET) e a máxima eficiência econômica (MEE) em sistema de rotação de culturas cultivados em Latossolos por mais de 30 anos em PD na região Centro-Sul do PR.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido em parceria entre o Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, da Cooperativa Agrária Agroindustrial de Guarapuava, PR. Os resultados utilizados foram obtidos de 23 experimentos, em diferentes municípios na Região Centro-Sul do Paraná, localizados na área de abrangência da Cooperativa Agrária. Os solos predominantes da região são classificados como Latossolos, com teores médios de argila superior a 600 g kg⁻¹, matéria orgânica de 54 g kg⁻¹ e capacidade de troca de cátions a pH 7,0 de 15 cmol_c dm⁻³.

Nas safras de inverno 2011 e 2012 foram conduzidos experimentos de resposta a K, sendo 12 com trigo e 11 com cevada, em áreas com teores de K disponível (Mehlich-1) já conhecidos, visando abranger diferentes classes de disponibilidade e de maior representatividade na região, que foram a "Média" (RR 68 a 90 %; K: 0,12 a 0,23 cmol_c dm⁻³), "Alta" (RR 90 a 99 %; K: 0,23 a 0,46 cmol_c dm⁻³) e "Muito Alta" (RR >99 %; K: >0,46 cmol_c dm⁻³), tendo



como base os resultados obtidos previamente por Vieira (2010). O delineamento dos experimentos de resposta a K foi em blocos casualizados com três repetições, sendo aplicadas doses de 0, 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio na linha de semeadura das culturas. As culturas de trigo e cevada foram semeadas utilizando 6 linhas, espaçadas de 0,17 m e 5,0 m de comprimento.

O manejo da adubação dos demais nutrientes em todos os experimentos foi realizado conforme a recomendação para as culturas (Embrapa, 2009; 2011).

As amostras de solo foram coletadas de 0-20 cm de profundidade, anteriormente à instalação dos experimentos de resposta à adubação potássica e à semeadura das culturas. Os teores de K disponíveis no solo foram determinados pelo método Mehlich-1 (Tedesco et al., 1995). A avaliação do rendimento de grãos foi realizada em uma área útil de 2,7 m², os quais foram expressos em 13 % de umidade. O RR de grãos, foi calculado em relação ao rendimento máximo, sendo este a partir das relações entre o rendimento das culturas e às doses de K aplicados, chegando a equação [RR = (rend. sem K/rend. máximo) x 100].

Para a análise econômica, calculou-se a dose e o rendimento da MET e da MEE em cada experimento, relacionando ao teor de K disponível no solo na camada de 0-20 cm. No cálculo da dose de MEE utilizou-se os preços médios do trigo (R\$ t⁻¹ 522,49), cevada (R\$ t⁻¹ 496,00) e do cloreto de potássio (R\$ t⁻¹ 754,70) de outubro de 2008 a setembro de 2013.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os 23 experimentos de resposta a adubação, 19 apresentaram teores de K inferior ao teor médio dos solos agrícolas da região de Guarapuava (0,30 cmol_c dm⁻³) (Fontoura et al., 2004) e também teor crítico previamente estabelecido por Vieira (2010), o qual foi reavaliado por Vieira (2014) e reajustado para 0,23 cmol_c dm⁻³.

Os cereais de inverno, trigo e cevada, responderam positivamente à adubação potássica, principalmente na classe de disponibilidade "Média", conforme verificado pelos RR de 87 % de trigo e 84 % de cevada (Tabela 1). Nas classes de disponibilidade Alta e Muito Alta, apesar dos teores de K no solo estarem acima do teor crítico (0,23 cmol_c dm⁻³), houve resposta positiva da aplicação de K nestas classes, incrementando em 8 e 12 % o rendimento de grãos de trigo e cevada, respectivamente (Tabela 1).

Os rendimentos de MET das culturas de trigo e cevada corresponderam às doses de K₂O altas,

acima de 100 kg ha⁻¹ de K₂O para ambas as culturas e em todas as classes de disponibilidade avaliadas (Média, Alta e Muito Alta). Entretanto, quando avaliado os custos do fertilizante e o valor das commodities, observou-se que as doses de MEE foram em média 70 % inferiores às doses de MET na cultura de trigo e 50 % na cultura da cevada (Tabela 1).

Os cereais de inverno apresentaram a dose de MEE positiva em 67 % dos experimentos nas classes de disponibilidade Média e Alta (dados não apresentados). Considerando que a dose média de MEE (76 kg ha⁻¹) na classe de disponibilidade de K Média, esta foi muito semelhante à quantidade de K exportado por grãos acrescida da dose de correção da classe Média para as culturas de trigo e cevada, de 75 e 80 kg ha⁻¹, respectivamente (Vieira, 2014).

Na classe de disponibilidade de K Alta para cultura do trigo a dose de MEE (25 kg K₂O ha⁻¹), foi semelhante a adubação de reposição, diferente da cultura de cevada que apresentou uma elevada dose de MEE (64 kg K₂O ha⁻¹) com retorno favorável muito superior a dose de reposição. A resposta positiva com doses acima das doses de reposição também observada em trigo e cevada nas classes de disponibilidade Alta e Muito Alta podem estar condicionadas a rendimentos relativos de MEE médios acima de 96 %.

A adubação potássica para as culturas de trigo (Embrapa, 2011) e cevada (Embrapa, 2013) utilizadas no estado do Paraná são idênticas entre si e derivam da indicação de adubação para a cultura do trigo (Oliveira, 2003). Estas recomendações propõem a aplicação de 40-60 kg K₂O ha⁻¹ para solos com teores de K entre 0,11 e 0,30 cmol_c dm⁻³. Entretanto, nesse estudo, as doses de MEE apresentaram amplitude de 25 a 80 kg K₂O ha⁻¹ para trigo, mas para cultura de cevada foram verificadas doses de MEE de 67 a 72 kg K₂O ha⁻¹, para os mesmos teores de K disponível. Em relação a recomendação para os estados do RS e SC, as doses obtidas foram semelhantes, com exceção da indicada para solos com teor de K abaixo de 0,12 cmol_c dm⁻³ (classe Baixa), a qual foi 20 kg ha⁻¹ superior ao recomendado pela (CQFS-RS/SC, 2004).

As doses de MEE obtidas neste estudo que foram superiores às utilizadas no PR, podem ser explicadas em função das atuais indicação de doses (EMBRAPA 2011, 2013) terem sido realizadas com base em sistemas de preparo convencional do solo e na exportação de K inferior à atual. Na condição de Alta e Muito Alta disponibilidade de K no solo, o manejo da adubação potássica deixa de ser direcionado às culturas individuais e sua máxima eficiência econômica na safra, e sim, passa a ter



como objetivo manter a ciclagem de nutrientes dentro do sistema de rotação de culturas e os níveis de K no solo através de adubações equivalentes à remoção via exportação pelos grãos.

Com relação à avaliação econômica da aplicação de 50 kg ha⁻¹ de K₂O na semeadura das culturas, os maiores retornos econômicos foram observados na classe de disponibilidade Média de K no solo (Figura 1), onde que os cereais de inverno resultaram em um incremento de R\$ 80,00 ha⁻¹, sendo a única classe a obter um retorno positivo de R\$ 36,00 ha⁻¹ mesmo com uma cotação de grãos 30% inferior à atual. As classes de disponibilidade Alta e Muito Alta resultaram em um retorno de R\$ 26,00 ha⁻¹ e R\$ 12,00 ha⁻¹, sendo na cotação de grãos 30 % inferior um retorno econômico negativo médio de R\$ 1,00 e R\$ 10,00, respectivamente.

CONCLUSÕES

1. A adubação potássica aumenta o rendimento das culturas de trigo e cevada mesmo em solos com teores de potássio acima do teor crítico.
2. Doses acima das necessárias para reposição, mesmo em solos de disponibilidade de K elevado, obtém retorno econômico favorável, com MEE médio de 96%.

REFERÊNCIAS

AGROSOFT. **Paraná vai estimular a retomada do sistema de plantio direto na palha.** Disponível em: <<http://www.agrosoft.org.br/agropag/103907.htm>>. Acesso em 11 dez. 2009

ALMEIDA, J. M.;BERTOL, I.;LEITE, D.;AMARAL, A. J.; ZOLDAN JR., W. A. Propriedades químicas de um cambissolo húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:437-445, 2005.

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

CQFS-RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.

EMBRAPA. Indicações técnicas para produção de cevada cervejeira nas safras 2009 e 2010. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2009. 100p. (Sistemas de Produção, 5)

EMBRAPA. Informações Técnicas para Trigo e Triticale - Safra 2012. Dourados, Embrapa

Agropecuária Oeste, 2011. 204p. (Sistemas de Produção, 9)

EMBRAPA. Indicações Técnicas para a Produção de Cevada Cervejeira nas Safras 2013 e 2014. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2013. 105p. (Sistemas de Produção, 7)

FONTOURA, S. M. V.;BACK, S. P.;ZIMMER, C. R.; MORAES, R. P. Evolução e fertilidade atual do solo da região Centro-Sul do Estado do Paraná, sob plantio direto. *FERTBIO 2004*. Lages: UDESC, 2004. p.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T. et al. Potássio na Agricultura Brasileira. Piracicaba, POTAFOS, 2005. p.165-178.

OLIVEIRA, E. L. Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná. Londrina, IAPAR, 2003. 30p. (Circular 128)

PAULETTI, V.;MOTTA, A. C. V.;SERRAT, B. M.;FAVARETTO, N.; ANJOS, A. D. Atributos químicos de um latossolo bruno sob sistema plantio direto em função da estratégia de adubação e do método de amostragem de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:581-590, 2009.

RAIJ, B. V.;CANTARELLA, H.;QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100)

TEDESCO, M. J.;GIANELLO, C.;BISSANI, C. A.;BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, UFRGS, 1995. 174p.

VIEIRA, R. C. B. **Camada diagnóstica, critérios de calagem e teores críticos de fósforo e potássio em solos sob plantio direto no centro-sul do Paraná.** 2010. 70f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

VIEIRA, R. C. B. **Recomendação de adubação fosfatada e potássica para retação de culturas em latossolos em plantio direto de longa duração no centro-sul do Paraná.** 2014. 81f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Tabela 1. Classe de disponibilidade de K, dose e rendimento de máxima eficiência técnica (MET) e econômica (MEE) e rendimento relativo da MEE de trigo e cevada, em função das doses de K₂O nos experimentos de resposta à adubação

(1)Classe	Locais	K solo Mehlich-1 cmol _c dm ⁻³	----- Sem K -----		----- MET -----		----- MEE -----		
			Rend kg ha ⁻¹	RR %	Dose	Rend. kg ha ⁻¹	Dose	Rend.	RR
Trigo									
Média	2	0,22	3088	87	183	3442	80	3318	96
Alta	6	0,29	3536	93	190	3832	25	3666	96
Muito alta	4	0,57	3711	94	168	3974	49	3880	98
Cevada									
Média	2	0,22	3613	84	111	4106	72	4057	99
Alta	5	0,27	3709	89	138	4151	67	4062	98
Muito alta	4	0,57	4266	89	205	4747	82	4591	97

¹ A classe de disponibilidade de K foi definida com base no teor médio de K da análise de solo da camada de 0-20 cm.

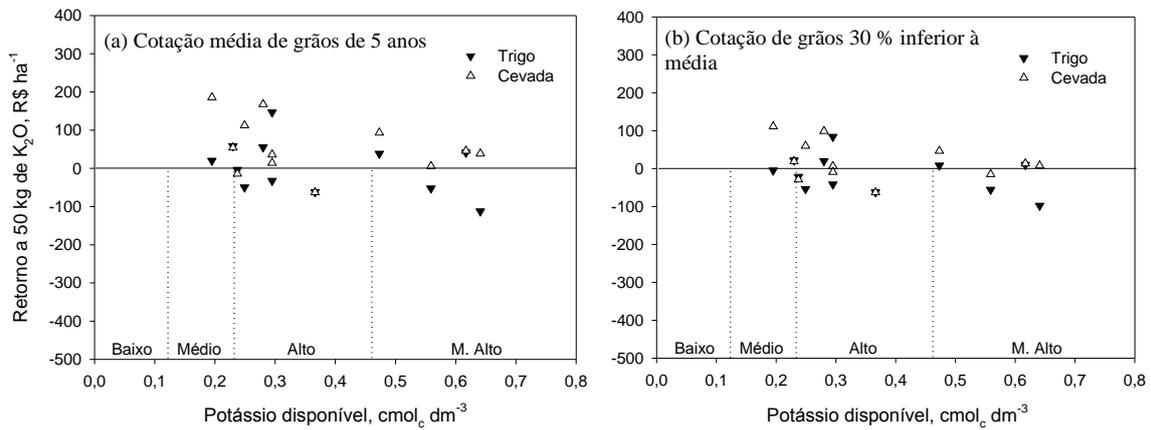


Figura 1. Retorno líquido da adubação potássica em diferentes teores de K disponível e preços de grãos. Cotação de trigo e cevada de R\$ 522 e R\$ 496 t⁻¹ (a), e de R\$ 366 e R\$ 347 t⁻¹ (b), respectivamente. Cotação do fertilizante potássico de R\$ 1258 t⁻¹ de K₂O.