

SEÇÃO IV - FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

NÍVEL CRÍTICO E RESPOSTA DAS CULTURAS AO POTÁSSIO EM UM ARGISSOLO SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO⁽¹⁾

Gustavo Brunetto⁽²⁾, Luciano Colpo Gatiboni⁽³⁾, Danilo Rheinheimer
dos Santos⁽⁴⁾, Adair Saggin⁽⁵⁾ & João Kaminski⁽⁶⁾

RESUMO

O nível crítico de potássio usado para a recomendação de adubação em solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina com CTC a pH 7,0 entre 5,1 e 15,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ é de 60 mg dm^{-3} , embora tenha sido de 80 mg dm^{-3} até 2002. Este trabalho foi realizado com o objetivo de validar o nível crítico de potássio adotado, nas culturas da soja, do milho e do sorgo. O trabalho foi composto por dois experimentos, instalados na área experimental do Departamento de Solos da UFSM sobre um Argissolo Vermelho distrófico arênico. O primeiro experimento foi instalado em 1991 e realizado até 2002, ocasião em que foram aplicadas quatro doses de potássio (0, 60, 120 e 180 kg ha^{-1} de K_2O), na parcela, a cada quatro anos, e reaplicados 60 kg ha^{-1} de K_2O , nas subparcelas, em 0, 1, 2, ou 3 anos. O segundo experimento foi realizado de 1995 a 2002 e os tratamentos constaram de cinco doses de potássio (0, 50, 100, 150, 200 $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de K_2O). Os resultados obtidos mostraram que o nível crítico de potássio extraído com Mehlich-1 no Argissolo estudado foi de 42 mg dm^{-3} . Para estes solos, com a utilização do novo nível crítico estabelecido pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, foi possível atingir mais de 95 % do rendimento máximo das culturas.

Termos de indexação: produtividade máxima relativa, adubação potássica, soja, milho, sorgo, plantas de cobertura.

⁽¹⁾ Trabalho financiado pelo PRONEX/CNPq. Recebido para publicação em março de 2004 e aprovado em abril de 2005.

⁽²⁾ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Campus Universitário, CEP 97105-900 Santa Maria (RS). Bolsista do CNPq. E-mail: gustavobrunetto@hotmail.com

⁽³⁾ Professor do Curso de Zootecnia da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Campus Chapecó, Rua Benjamin Constant 164-D, CEP 89806-070 Chapecó (SC). E-mail: gatiboni@udesc.br

⁽⁴⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos, UFSM. Bolsista do CNPq. E-mail: danilor@smail.ufsm.br

⁽⁵⁾ Mestre em Ciência do Solo, Cooperativa Cotribá. Av. João Machado Soares 1240, Bloco B2, Apto. 428, Bairro Camobi. Santa Maria (RS). E-mail: saggin@bol.com.br

⁽⁶⁾ Professor Voluntário do Departamento de Solos, UFSM. Bolsista do CNPq. E-mail: jk@smail.ufsm.br

SUMMARY: CRITICAL LEVEL AND CROP YIELD RESPONSE TO POTASSIUM IN A TYPIC HAPLUDALF UNDER NO-TILLAGE

The critical potassium level for fertilizer recommendation for soils in the State of Rio Grande do Sul (RS) and Santa Catarina (SC) with CEC from 5.1 to 15 cmol_c dm⁻³ is 60 mg dm⁻³. However, until 2002 concentrations of 80 mg dm⁻³ had been used. Two experiments were carried out on an experimental area of the Department of Soil Science of the Federal University of Santa Maria (RS-Brazil) on a Sandy Typic Hapludalf under no-tillage. The objective of the study was to evaluate critical potassium levels for fertilizer recommendations for soybean, maize and sorghum. The first experiment was set up in 1991 and carried out until 2002. The main plot treatments were the application of 0, 60, 120, and 180 kg ha⁻¹ K₂O every four years, and split-plot treatments were the reapplication of 60 kg of K₂O in 0, 1, 2, or 3 years. The second experiment was carried out from 1995 to 2002 and the treatments were 0, 50, 100, 150, and 200 kg ha⁻¹ year⁻¹ K₂O. Results showed that the critical potassium level extracted with Mehlich-1 solution is 42 mg dm⁻³. When using the critical potassium level established by the Regional Soil Chemistry and Fertility Commission in these soils it is possible to reach over 95% of the maximum crop yield.

Index terms: maximum relative yield, potassium fertilization, soybean, maize, sorghum, cover crops.

INTRODUÇÃO

No Estado do Rio Grande do Sul (RS), as primeiras recomendações de fertilizantes potássicos surgiram na década de 60, sendo sistematizadas, em 1969, no primeiro boletim técnico de recomendações de adubação e calagem (Mielniczuck et al., 1969). Nesse período, o nível crítico de potássio no solo, extraído pelo método de Mehlich-1, correspondia a 60 mg dm⁻³. Nessa recomendação, foram estabelecidas quatro faixas de teores de potássio no solo: muito baixo ≤ 20, baixo = 21–40, médio = 41–60 e alto > 60 mg dm⁻³, as quais foram utilizadas até 1986.

Em virtude da escassez de recursos financeiros, na década de 80, os agricultores passaram a utilizar fórmulas de fertilizantes com baixas concentrações de potássio. Isso diminuiu os teores de potássio disponível no solo durante as duas primeiras décadas de uso do sistema de recomendação (Tedesco et al., 1985). Com o surgimento de sintomas de deficiência de potássio na cultura da soja em algumas lavouras no Planalto do RS, o nível crítico de potássio no solo foi aumentado para 80 mg dm⁻³ pela CFS-RS/SC. Desta forma, a partir de 1987, a CFS-RS/SC estipulou seis faixas de teor de potássio no solo: limitante < 20, muito baixo = 20–40, baixo = 40–60, médio = 60–80, suficiente = 80–120 e alto > 120 mg dm⁻³.

No entanto, a elevação no nível crítico de potássio foi alicerçada mais nas observações de campo do que em pesquisas que mostrassem maior necessidade das culturas por esse nutriente. Esta mudança aumentou a quantidade de fertilizantes potássicos adicionados ao solo e, conseqüentemente, elevou os

seus teores no solo, o que foi constatado por Rheinheimer et al. (2001), em um levantamento do estado da fertilidade dos solos do RS, usando resultados de análises de solo realizadas nos laboratórios da Rede Oficial de Laboratório de Análise de Solos (ROLAS), nos anos de 1997, 1998 e 1999. Nesse levantamento, 1,3 % dos solos foi enquadrado na classe limitante (< 20 mg dm⁻³), 10,7 % na classe muito baixa (21–40 mg dm⁻³), 14,9 % na baixa (41–60 mg dm⁻³), 14,4 % na média (61–80 mg dm⁻³), 22,6 % na suficiente (81–120 mg dm⁻³) e 36,1 % na alta (> 120 mg dm⁻³).

Tendo como referência o nível crítico de potássio de 80 mg dm⁻³ (CFS-RS/SC, 1994), 58,7 % das amostras de solos do RS utilizadas no levantamento do estado de fertilidade dos solos do RS apresentaram baixa probabilidade de resposta à adubação com fertilizantes potássicos. Isto parece indicar que a recomendação da adubação potássica está desbalanceada, visto que, enquanto 73,1 % das amostras apresentaram teores acima do nível crítico de K, apenas 20,5 % mostraram-se suficientes em fósforo, contra 49,3 e 23,6 %, respectivamente, em 1981 (Rheinheimer et al., 2001).

Na Região Sul do Brasil, vários trabalhos de pesquisa estudaram a contribuição de diferentes formas de potássio do solo e suas interações na disponibilidade desse nutriente às plantas (Oliveira et al., 1971; Silva & Meurer, 1988; Meurer & Anglinoni, 1993; Melo et al., 1995; Silva et al., 1995; Meurer et al., 1996; Castilhos & Meurer, 2002; Melo et al., 2004). A estimativa das formas de potássio tem sido realizada com cultivos sucessivos de plantas (Mielniczuck & Selbach, 1978; Patella, 1980; Nachtigall & Vahl, 1991a) e com o uso de extratores

químicos (Nachtigall & Vahl, 1991b). Entretanto, são escassos os estudos em campo com experimentos de longa duração que estabelecem o nível crítico e a resposta das culturas à adição de potássio, especialmente em solos de textura arenosa.

Alguns trabalhos já realizados indicam que com valores de K disponível menores que 80 mg dm^{-3} , a resposta das culturas à adição de fertilizantes potássicos é baixa. Neste sentido, Borkert et al. (1993) apresentaram um nível crítico de 40 mg dm^{-3} de potássio para a cultura da soja nos solos do Norte do Paraná, indicando uma boa recomendação de fertilizante por meio do uso de três faixas de teor de potássio disponível no solo: baixo < 23 , médio $23\text{--}40$ e alto $> 40 \text{ mg dm}^{-3}$. Da mesma maneira, Scherer (1998) demonstrou que a aplicação anual de 60 kg ha^{-1} de K_2O na cultura da soja, nos solos do Oeste Catarinense, foi suficiente para atender à demanda da cultura e manter o teor de potássio disponível no solo próximo do nível crítico.

Assim, as baixas respostas das culturas com a elevação dos teores de potássio disponível do solo, associadas à presença de minerais primários e secundários como fonte de potássio (Silva et al., 1995; Melo et al., 1995; Meurer et al., 1996; Melo et al., 2004) desencadearam um processo de reavaliação das recomendações de fertilizantes potássicos nos solos dos Estados do RS e SC, culminando em 2004, na introdução da capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7,0 como auxiliar no enquadramento dos teores de potássio nas classes de disponibilidade. Assim, para solos com CTC a pH $7,0 \leq 5, 5,1$ a 15 e $> 15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, os níveis críticos são de $45, 60$ e 90 mg dm^{-3} , respectivamente (CQFS-RS/SC, 2004). Pelo levantamento de Rheinheimer et al. (2001), considerando o novo nível crítico de potássio de 60 mg dm^{-3} , para a maioria dos solos do RS, o percentual de solos com teor acima deste nível crítico aumentou de $58,7 \%$ para $73,1 \%$.

Este trabalho teve como objetivo validar o nível crítico de potássio adotado, nas culturas da soja, do milho e do sorgo, em um Argissolo Vermelho distrófico arênico, sob sistema plantio direto (SPD).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi composto por dois experimentos instalados na área experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, região fisiográfica da Depressão Central do Estado do RS. O clima da região é Cfa, segundo classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1.769 mm e temperatura média anual de $19,2 \text{ }^\circ\text{C}$. O solo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (Embrapa, 1999), substrato arenito.

O experimento 1 foi instalado em 1991 em campo nativo, utilizando-se o sistema cultivo convencional, e, a partir de 1996, sob sistema plantio direto. A análise do solo da camada de $0\text{--}20 \text{ cm}$ apresentava, em 1991, as seguintes características físicas e químicas: argila 110 g kg^{-1} com predomínio de esmectita-ilita e caulinita-esmectita (Bortoluzzi, 2003); matéria orgânica 17 g kg^{-1} ; pH em água $5,1$; Ca + Mg trocáveis $3,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al trocável $0,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; P disponível $3,2 \text{ mg dm}^{-3}$ e K disponível 50 mg dm^{-3} . Em julho de 1991, foi adicionado calcário dolomítico para elevar o pH do solo a $6,0$. Os tratamentos utilizados na parcela ($16 \times 6 \text{ m}$) foram quatro doses de potássio aplicadas no início do experimento ($0, 60, 120$ e 180 kg ha^{-1} de K_2O).

No segundo cultivo de verão, a parcela foi dividida em quatro subparcelas ($4 \times 6 \text{ m}$), adicionando-se 60 kg ha^{-1} de K_2O em três delas. No terceiro cultivo, aplicou-se a mesma dose em duas e, no quarto cultivo, adicionou-se potássio somente em uma. No quinto ano (1995) e no nono ano (1999), foram reaplicadas as doses iniciais na parcela e, a partir do sexto e décimo ano, a dose de 60 kg ha^{-1} de K_2O nas subparcelas. As culturas utilizadas no experimento foram: soja (*Glicine max*), nas safras 91/92, 92/93, 93/94, 94/95, 95/96, 96/97 e 97/98; milho (*Zea mais*), nas safras 99/00 e 01/02; sorgo (*Sorghum vulgare*), na safra 00/01; aveia-preta (*Avena strigosa*), no inverno de 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97 e 99; aveia + ervilhaca (*Vicia sativa*), no inverno de 2000 e 2001. O solo permaneceu em pousio no inverno de 98 e na safra 98/99. A produtividade das culturas foi avaliada numa área útil de 6 m^2 . O delineamento experimental usado foi blocos ao acaso com quatro repetições.

O experimento 2 foi instalado em 1995 em solo com as seguintes características físicas e químicas: argila 110 g kg^{-1} ; matéria orgânica 17 g kg^{-1} ; pH em água $5,1$; Ca + Mg trocáveis $3,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al trocável $0,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; P disponível $6,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e K disponível 26 mg dm^{-3} . O solo recebeu a quantidade de calcário dolomítico necessária para elevar o pH a $6,0$, com incorporação pela lavração e gradagem e, a partir deste momento, adotou-se o sistema plantio direto. Os tratamentos foram cinco doses de potássio aplicadas anualmente na semeadura da cultura de verão ($0, 50, 100, 150$ e $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K_2O), em parcelas de $8 \times 5 \text{ m}$. Os cultivos realizados foram: soja, nas safras de 95/96, 96/97, 97/98 e 98/99; milho, nas safras de 99/00, 00/01 e 01/02; aveia, nos invernos de 95, 96, 97 e 98, e aveia + ervilhaca, nos invernos de 99, 00 e 01. A produtividade das culturas foi avaliada numa área útil de 12 m^2 . O delineamento experimental usado foi blocos ao acaso, com quatro repetições.

Nos dois experimentos, as adubações de N e P para as plantas produtoras de grãos foram efetuadas com base na análise do solo e nas doses estabelecidas

pela CFS-RS/SC (1994). Foram determinadas as produções de grãos das culturas estivais e matéria seca da parte aérea das plantas de cobertura de solo. Após os cultivos de verão, foram coletadas amostras de solo na camada de 0-10 cm, e o teor de potássio disponível foi estimado pelo extrator de Mehlich-1, segundo Tedesco et al. (1995).

As produtividades acumuladas de grãos das culturas comerciais e de matéria seca da parte aérea das plantas de cobertura foram submetidas à análise de variância a 5 % de significância. Ajustaram-se regressões polinomiais às médias, considerando as doses aplicadas anualmente nas parcelas e as doses acumuladas nos três cultivos subsequentes nas subparcelas. O rendimento relativo (rr) de cada

tratamento foi obtido pela fórmula: $rr = \left(\frac{rend.trat}{rend.máx} \right) \times 100$.

Os dados de rendimento relativo foram ajustados ao modelo: $\hat{y} = a(1 - b^x)$, em que \hat{y} = rendimento relativo, a e b são constantes e x é o teor de potássio extraído do solo pelo método de Mehlich-1, usando-se as amostras coletadas após o último cultivo de cada experimento. O nível crítico de potássio do solo foi obtido com o rendimento relativo de 90 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho foram discutidos pelo rendimento acumulado de grãos e de matéria seca das plantas de cobertura. No experimento 1, tanto o rendimento acumulado de grãos, como o de matéria seca das plantas de cobertura, foi incrementado com a adição de potássio (Quadro 1). Quando não se adicionou K no solo, o rendimento acumulado de grãos foi de, apenas, 38.179 kg ha⁻¹. Por outro lado, quando foi adicionado K, foi possível obter rendimento máximo de 46.444 kg ha⁻¹. Além disso, houve interação significativa entre a aplicação na parcela e a reaplicação desse nutriente nas subparcelas (Quadro 2).

A reaplicação anual de K na parcela-testemunha aumentou o rendimento de grãos de forma quadrática, com o rendimento máximo de 42.566 kg ha⁻¹ obtido com a dose de 124,86 kg ha⁻¹ de K₂O. Considerando que essa dose é a acumulada em três cultivos de verão, acredita-se que a dose de aproximadamente 42 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O seja suficiente para atingir o rendimento máximo. Na parcela que recebeu 60 kg ha⁻¹ de K₂O a cada 4 anos, a resposta foi linear. Cada quilo de K adicionado representou um aumento de somente 17,74 kg ha⁻¹ de grãos. Com a adição de 120 e 180 kg ha⁻¹ de K₂O a cada 4 anos, não houve resposta à reaplicação de K (Quadro 3). Na última safra (01/02), foi observado sintoma severo de deficiência de K nas plantas na parcela-testemunha. A testemunha produziu

Quadro 1. Produção acumulada de grãos das culturas comerciais e de matéria seca das plantas de cobertura decorrente da aplicação de potássio no solo do experimento 1

Parcela ⁽¹⁾	Dose		Produção acumulada	
	Subparcela ⁽²⁾	Grão	Planta de cobertura	
— kg ha ⁻¹ de K ₂ O —		— kg ha ⁻¹ —		
0	0 + 0 + 0	38.179	20.947	
	60 + 0 + 0	41.086	23.821	
	60 + 60 + 0	42.832	25.252	
	60 + 60 + 60	41.604	23.845	
60	0 + 0 + 0	42.297	21.985	
	60 + 0 + 0	44.724	24.157	
	60 + 60 + 0	44.232	23.690	
	60 + 60 + 60	46.010	23.856	
120	0 + 0 + 0	43.297	22.613	
	60 + 0 + 0	45.818	25.106	
	60 + 60 + 0	45.178	22.850	
	60 + 60 + 60	44.174	24.387	
180	0 + 0 + 0	44.832	24.753	
	60 + 0 + 0	45.348	25.724	
	60 + 60 + 0	45.599	25.036	
	60 + 60 + 60	46.444	25.374	
CV (%)		3,60	3,59	

⁽¹⁾ Aplicação de potássio a cada 4 anos. ⁽²⁾ Aplicação de potássio anualmente nos 3 anos subsequentes à aplicação de K na parcela.

5.053 kg ha⁻¹ e com a adição de K foram obtidos 6.309, 6.439 e 6.752 kg ha⁻¹, nos tratamentos de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de K₂O a cada 4 anos⁻¹, respectivamente.

A produção acumulada de matéria seca das plantas de cobertura aumentou de forma quadrática com a reaplicação anual de K na parcela-testemunha, sendo o rendimento máximo de 25.043 kg ha⁻¹ obtido com a dose de 118,38 kg ha⁻¹ de K₂O. A dose anual de, aproximadamente, 40 kg ha⁻¹ de K₂O mostra-se suficiente para obter o rendimento máximo. Com a adição de 60 kg ha⁻¹ de K₂O na parcela principal a cada 4 anos, a resposta foi quadrática, com rendimento máximo de 24.181 kg ha⁻¹ obtido com a dose de 120,78 kg ha⁻¹ de K₂O. Esse rendimento pode ser obtido com a adição anual, também de 40 kg ha⁻¹ de K₂O. Quando foram adicionados 120 e 180 kg ha⁻¹ de K₂O, não foi observada resposta à reaplicação de K, mesmo comportamento encontrado no rendimento de grãos (Quadro 3).

A aplicação de K a cada 4 anos aumentou o rendimento de grãos de forma quadrática apenas no tratamento da subparcela 60 + 0 + 0 kg ha⁻¹ de K₂O, com rendimento máximo de 45.995 kg ha⁻¹,

Quadro 2. Quadro de análise de variância da produção acumulada de grãos das culturas comerciais e de matéria seca das plantas de cobertura decorrente da aplicação de potássio no solo do experimento 1

Causa de variação	GL	SQ	QM	F _{cal}
Produção acumulada de grãos das culturas comerciais				
Bloco	3	47710210	15903400	6,38*
Reaplicação ⁽¹⁾	3	62636030	20878680	8,38*
Erro 1	9	20429700	2492189	-
Dose ⁽²⁾	3	196313100	65437700	42,57*
Dose x Reaplicação	9	32710660	3634517	2,36*
Erro 2	36	55345150	1537365	-
Total	63	41714800	-	-
Produção acumulada de matéria seca das plantas de cobertura				
Bloco	3	12083200	4027733	5,44*
Reaplicação ¹	3	43130880	14376960	19,43*
Erro 1	9	6660096	740010,70	-
Dose ⁽²⁾	3	34783230	11594410	23,13*
Dose x Reaplicação	9	27066370	3007374	5,99*
Erro 2	36	18046980	501304,90	-
Total	63	141770800	-	-

⁽¹⁾ Aplicação de potássio anualmente nos 3 anos subsequentes à aplicação de potássio na parcela. ⁽²⁾ Aplicação de potássio a cada 4 anos. *: Significativo a 5% de erro.

Quadro 3. Parâmetros das regressões polinomiais ajustadas entre o rendimento de grãos e de matéria seca das plantas de cobertura acumulados e as doses de potássio aplicados no solo do experimento 1

Condição	Parâmetro da regressão				Rendimento máximo	Dose para obter o rendimento máximo	
	b ₀	b _{1x}	b _{11x²}	R ²		kg ha ⁻¹ K ₂ O	kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ de K ₂ O
kg ha ⁻¹ K ₂ O					kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹ K ₂ O	kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ de K ₂ O
Parcela ⁽¹⁾ Resposta à reaplicação de potássio anual – grãos							
0	38088	71,72	-0,2872	0,98*	42.566	124,86	41,62
60	42718	17,74	-	0,82*	-	-	-
120 ^{ns}							
180 ^{ns}							
Resposta à reaplicação de potássio anual - matéria seca							
0	20877	70,39	-0,2973	0,99*	25.043	118,38	39,46
60	22148	33,65	-0,1393	0,81*	24.181	120,78	40,26
120 ^{ns}							
180 ^{ns}							
Subparcela ⁽²⁾ Resposta à aplicação de potássio a cada 4 anos - grãos							
0 + 0 + 0	39007	34,93	-	0,90*	-	-	-
60 + 0 + 0	41135	74,48	-0,2853	0,99*	45.995	130,52	32,63
60 + 60 + 0	43073	15,41	-	0,95*	-	-	-
60 + 60 + 60	42655	21,14	-	0,55*	-	-	-
Subparcela Resposta à aplicação de potássio a cada 4 anos - matéria seca							
0 + 0 + 0	20767	20,08	-	0,94*	-	-	-
60 + 0 + 0	23703	11,10	-	0,97*	-	-	-
60 + 60 + 0 ^{ns}							
60 + 60 + 60	23597	8,53	-	0,85*	-	-	-

⁽¹⁾ Aplicação de K a cada 4 anos. ⁽²⁾ Aplicação de potássio anualmente nos 3 anos subsequentes à aplicação de K na parcela. * e ^{ns}: Significativo a 5% e ^{ns} = não-significativo a 5% de erro.

obtido com a adição de 130,52 kg ha⁻¹ de K₂O, o que equivale a aproximadamente 33 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O. Nos demais tratamentos, a resposta foi linear, similarmente ao observado para a produção acumulada de matéria seca das plantas de cobertura, exceto na subparcela 60 + 60 + 60 kg ha⁻¹ de K₂O que não foi estatisticamente significativo. Para cada quilo de K₂O adicionado, houve um rendimento de 34,93, 15,41 e 21,14 kg ha⁻¹ de grãos (Quadro 3). Esta baixa resposta das culturas comerciais de grãos e plantas de cobertura à adubação potássica é atribuída, provavelmente, à liberação de K não-trocável, pois o solo contém minerais micáceos e feldspatóides (Bortoluzzi, 2003).

No experimento 2, a produção acumulada de grãos obtida sem a adição de K foi de 21.818 e de 30.964 kg ha⁻¹ com a adição de K (média das quatro doses) (Quadro 4). O rendimento máximo foi de 32.418 kg ha⁻¹, obtido com a adição de 127,88 kg ha⁻¹ de K₂O. Da mesma forma, a produção acumulada de matéria seca das plantas de cobertura no tratamento sem adição de K foi de 19.368 e 21.800 kg ha⁻¹ com a adição desse nutriente. Nesse experimento, a produtividade de grãos no último cultivo de milho (safra 01/02), no tratamento-testemunha, foi de apenas 5.036 kg ha⁻¹ e, com a aplicação de 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O, o rendimento aumentou para 7.561, 8.050, 7.323 e 7.881 kg ha⁻¹, respectivamente. O rendimento de matéria seca no último cultivo de aveia+ervilhaca, no inverno de 2001, no tratamento-testemunha, foi de 6.200 kg ha⁻¹ e 8.430, 6.060, 7.170 e 8.660 kg ha⁻¹, com as doses de 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O, respectivamente. Pelo fato de a fração argila apresentar minerais ilíticos e K em formas não-

trocáveis, é possível obter altos rendimentos de grãos e matéria seca com baixas doses de fertilizantes potássicos (50 kg ha⁻¹ de K₂O), de modo similar ao experimento 1.

O ajuste matemático, apresentado na figura 1, entre os teores de K disponível no solo pelo método de Mehlich-1 e o rendimento relativo das culturas, dos dois experimentos, evidenciou o nível crítico (90 % rr) de 42 mg dm⁻³. Desse modo, o nível crítico de K de 60 mg dm⁻³ estabelecido pela CFS-RS/SC mostrou-se adequado e permite uma produtividade igual ou superior a 95 % do rendimento máximo.

As baixas respostas das culturas à adubação potássica na Região Sul do Brasil já tinham sido obtidas por vários autores. Dentre eles, destacam-se os trabalhos de Muzilli et al. (1976), com a cultura do trigo, e os de Borkert et al. (1993), com soja, ambos cultivados em solos do Paraná, e o de Scherer (1998), com a cultura da soja no Estado de SC. Os últimos dois autores propuseram níveis críticos de 40 e 63 mg dm⁻³, respectivamente. Da mesma maneira, Brunetto et al. (2002) constataram que a metade da dose de K₂O recomendada pela CFS-RS/SC (1994) já foi suficiente para atingir a máxima produtividade de trigo, painço, milho e soja no Planalto do RS. Esse mesmo autor relatou que a soja não respondeu à aplicação de K, quando o teor no solo era superior a 50 mg dm⁻³. Nesse sentido, as doses de reposição do K podem ser diminuídas, quando os teores de K no solo estiverem acima do nível crítico e até zeradas na classe muito alta.

Quadro 4. Produção acumulada de grãos das culturas comerciais e de matéria seca das plantas de cobertura decorrente da aplicação de doses de potássio no solo do experimento 2

Dose	Produção acumulada	
	Grão	Planta de cobertura
kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ K ₂ O	kg ha ⁻¹	
0	21.818 ¹	19.368 ^{ns}
50	32.273	22.580
100	30.843	22.052
150	30.375	21.381
200	30.368	21.190
CV (%)	10,70	8,46

$$^{(1)} \hat{y} = 23243,71 + 144,64x - 0,57x^2 \quad (R^2 = 0,74).$$

Rendimento máximo = 32.418 kg ha⁻¹ e Dose para obter o rendimento máximo = 127,88 kg ha⁻¹ de K₂O

^{ns} = não-significativo a 5% de erro.

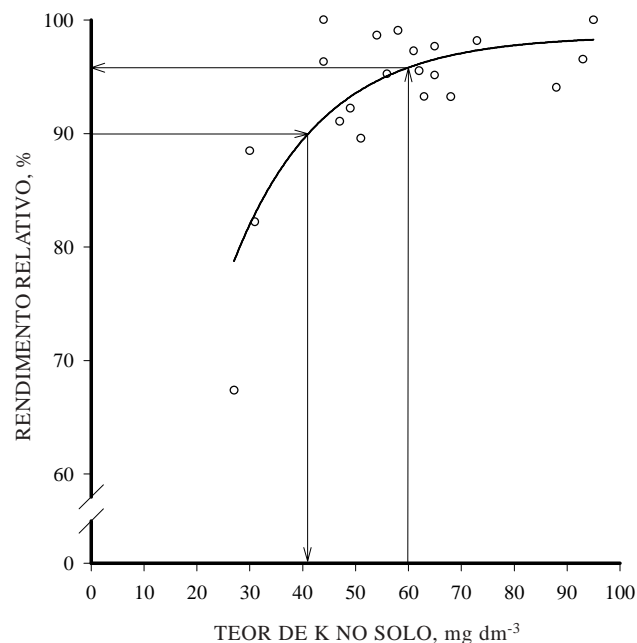


Figura 1. Rendimento relativo de grãos de soja, milho e sorgo de acordo com a disponibilidade de potássio no solo e estabelecimento do nível de suficiência.

CONCLUSÕES

1. O nível crítico de K extraído com Mehlich I no Argissolo estudado foi de 42 mg dm⁻³.
2. Com o nível crítico de 60 mg dm⁻³, estipulado pela CQFS - RS/SC (2004), foi possível produzir mais de 95% do rendimento relativo e manter os níveis de K disponíveis acima do nível crítico.

LITERATURA CITADA

- BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J. & SILVA, D.N. Calibração de potássio trocável para soja em Latossolo Roxo distrófico. R. Bras. Ci. Solo, 17:223-226, 1993.
- BORTOLLUZI, E.C. Nature des constituants, propriétés chimiques et physiques des sols. Modélisation des charges superficielles dans des sols sableux au sud du Brésil. Paris, Institut National Agronomique Paris - Grignon, 2003. 195 p. (Tese de Doutorado)
- BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; SAGGIN, A.; CASALI, C.A.; SANA, R.S. & CORSINI, A.L.M. Nível crítico e resposta das culturas ao potássio em solos do Rio Grande do Sul. In: FERTIBIO 2002, Rio de Janeiro, 2002. Anais, Rio de Janeiro, 2002. CD-ROM.
- CASTILHOS, R.M.V. & MEURER, E.J. Suprimento de potássio de solos do Rio Grande do Sul para arroz irrigado por alagamento. R. Bras. Ci. Solo, 26:977-982, 2002.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3.ed. Passo Fundo, SBCS - Núcleo Regional Sul/EMBRAPA/CNPT, 1994. 224p.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre, SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, 1999. 412 p.
- MELO, V.F.; COSTA, L.M.; BARROS, N.F.; FONTES, M.P.F. & NOVAIS, R.F. Reserva mineral e caracterização mineralógica de alguns solos do Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, 19:159-164, 1995.
- MELO, G.W.; MEURER, E.J. & PINTO, L.F.S. Fontes de potássio em solos distroférricos cauliniticos originados de basalto no Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, 28:597-603, 2004.
- MEURER, E.J. & ANGHINONI, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo. R. Bras. Ci. Solo, 17: 375-382, 1993.
- MEURER, E.J.; KAMPF, N. & ANGHINONI, I. Fontes potenciais de potássio em alguns solos do Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, 20:41-47, 1996.
- MIELNICZUK, J.; LUDWICK, A. & BOHNEN, H. Recomendação de adubo e calcário para solos e culturas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1969. 29p. (UFRGS - Boletim Técnico, 2)
- MIELNICZUK, J. & SELBACH, P.A. Efeito de cultivos sucessivos sobre os parâmetros de potássio do solo. R. Bras. Ci. Solo, 2:120-125, 1978.
- MUZZILI, O.; LANTMANN, A.F. & TORNERO, M.T. Respostas do trigo a fósforo e potássio como base de interpretação das análises do solo para a adubação da cultura no estado do Paraná. R. Bras. Ci. Solo, 3:93-96, 1976.
- NACHTIGALL, G.R. & VAHL, L.C. Dinâmica de liberação de potássio dos solos da região sul do Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, 15:43-47, 1991a.
- NACHTIGALL, G.R. & VAHL, L.C. Capacidade de suprimento de potássio dos solos da região sul do Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, 15:37-42, 1991b.
- OLIVEIRA, V.; LUDWICK, A.E. & BEATTY, M.T. Potassium removed from some Southern Brazilian soils by exhaustive cropping and chemical extraction methods. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 35:763-767, 1971.
- PATELLA, J.F. Influência de quinze anos de adubação NPK sobre o rendimento de trigo em algumas propriedades químicas do solo. R. Bras. Ci. Solo, 4:31-35, 1980.
- RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; ROBAINA, A.D.; ANGHINONI, I.; FLORES, J.P.C. & HORN, D. Situação da fertilidade dos solos no estado do Rio Grande do Sul. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2001. 32p. (Boletim Técnico, 1)
- SCHERER, E.E. Níveis críticos de potássio para a soja em Latossolo húmico de Santa Catarina. R. Bras. Ci. Solo, 22:57-62, 1998.
- SILVA, D.N.; MEURER, E.J.; KAMPF, N. & BORKERT, C.M. Mineralogia e formas de potássio em dois Latossolos do Estado do Paraná e suas relações com a disponibilidade para as plantas. R. Bras. Ci. Solo, 19:433-439, 1995.
- SILVA, J.R. T. & MEURER, E.J. Disponibilidade de potássio para as plantas em solos do Rio Grande do Sul em função da capacidade de troca de cátions. R. Bras. Ci. Solo, 12:137-142, 1988.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & GOEPFERT, C.F. Acidez e necessidade de calcário dos solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 16p. (Boletim Técnico de Solos, 3)