

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E ECONÔMICA DO USO DE FERTILIZANTES POTÁSSICOS NA CULTURA DO MILHO

Thais Francini Sokal¹, Eliete de Fátima Ferreira da Rosa², Jéssica Fernandes Kaseker³, Samuel Strege Carlos¹, Samuel Freguglia Bereta⁴, Mikael Cardoso dos Santos⁴, Marcos André Nohatto²

RESUMO – A utilização de cloreto de potássio revestido pode proporcionar maior absorção deste elemento resultando na alteração dos componentes de rendimento e produtividade. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência agronômica e econômica da utilização de cloreto de potássio convencional (KCl), cloreto de potássio revestido com polímeros (KRP) e a combinação de ambos, na produtividade da cultura do milho. O experimento foi conduzido em Santa Rosa do Sul - SC, num delineamento experimental em blocos casualizados com três repetições. Os tratamentos avaliados foram: Testemunha (sem adubação potássica); 100% da dose recomendada de K na forma de KCl; 100% da dose recomendada de K na forma de KRP; Combinação de 80% de KCl e 20% de KRP; Combinação 60% de KCl e 40% de KRP; Combinação de 40% de KCl e 60% de KRP. Os fertilizantes assim como suas combinações não afetaram o teor de clorofila foliar, diâmetro de colmo, altura de inserção de espiga, componentes de rendimento, produtividade ou eficiência de uso do nutriente na cultura do milho. Entretanto, verificou-se que a combinação de 60% de KCl e 40% de KRP resultou em maior margem bruta de lucro.

Palavras chave: custo operacional total, KCl, produtos encapsulados, *Zea mays*.

AGRONOMIC AND ECONOMIC EVALUATION OF POTASSIUM FERTILIZERS USE IN CORN CULTURE

ABSTRACT – The use of coated potassium chloride may provide greater absorption of this element resulting in the alteration of yield and productivity components. The objective of this study was to evaluate the agronomic and economic efficiency of the use of conventional potassium chloride (KCl), potassium chloride coated with polymers (KRP) and the combination of both, in maize crop productivity. The experiment was carried out in Santa Rosa do Sul - SC, in a randomized block design with three replicates. The evaluated treatments were: Control (without potassium fertilization); 100% of the recommended dose of K as KCl; 100% of the recommended dose of K as KRP; Combination of 80% KCl and 20% KRP; Combination 60% KCl and 40% KRP; Combination of 40% KCl and 60% KRP. Fertilizers as well as their combinations did not affect leaf chlorophyll content, stem diameter, ear insertion height, yield components, yield or nutrient use efficiency in corn crop. However, it was found that the combination of 60% KCl and 40% KRP resulted in a higher gross profit margin.

Keywords: encapsulated products, KCl, total operational cost, *Zea mays*.

¹ Eng.-Agrônomo, Instituto Federal Catarinense Campus Santa Rosa do Sul, e-mails: thaisfrancinisokal@hotmail.com; samuelstrege@hotmail.com

² Eng.-Agrônomo, Professor Doutor, Instituto Federal Catarinense Campus Santa Rosa do Sul, e-mails: eliete.rosa@ifc.edu.br; marcos.nohatto@ifc.edu.br

³ Eng.-Agrônoma, Doutora, e-mail: jessikaseker@hotmail.com

⁴ Estudantes de Agronomia, Instituto Federal Catarinense Campus Santa Rosa do Sul, e-mails: samuelbereta@hotmail.com; mikaelsantos@outlook.com



INTRODUÇÃO

A cultura do milho é considerada uma das mais importantes para a economia do Brasil, tendo grande utilização tanto na alimentação animal quanto humana (Guareschi et al., 2011). O aumento da produtividade da cultura está atrelado à aplicação de altas doses de fertilizantes, especialmente nitrogênio (N) e potássio (K).

Dentre os fertilizantes potássicos, o cloreto de potássio (KCl) é o mais utilizado no Brasil. O KCl é um sal altamente solúvel em água (58% de solubilidade), e sua rápida solubilização facilita a lixiviação (Bley et al., 2017). Em solos de baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e textura arenosa as perdas desse nutriente são intensificadas (Raij, 2011; Bley et al., 2017), podendo chegar a 70% da dose aplicada (Rodrigues et al., 2014).

Dentre as estratégias para reduzir as perdas de K, tem-se os fertilizantes revestidos com polímeros que se enquadram no grupo dos fertilizantes de liberação lenta e no subgrupo dos produtos encapsulados ou recobertos. Estes fertilizantes permitem reduzir as perdas do nutriente, que frequentemente ocorrem diante da aplicação de KCl, fazendo com que haja uma barreira física das formas solúveis, contra a exposição do nutriente para o meio, diminuindo assim, a atuação dos mecanismos de perdas (Fu et al., 2018). Com a absorção da água do solo, ocorre a liberação gradativa dos nutrientes solubilizados no interior da capsula, através de sua estrutura porosa, conforme a necessidade das plantas, assim garantindo maior eficiência (Rodrigues et al., 2014).

Estudos demonstraram que os fertilizantes de liberação lenta apresentam vantagens sobre fertilizantes convencionais, como nos trabalhos de Guareschi et al. (2011) e Leal et al. (2015), onde os produtos revestidos proporcionaram maior produtividade da soja em comparação ao KCl convencional. Este incremento está relacionado com a melhoria da absorção dos nutrientes através da liberação sincronizada com a demanda da planta, e em consequência disso diminuindo as chances de perdas por lixiviação, aumentando a eficiência de uso (Guareschi et al., 2011), além de possibilitar a aplicação de maior quantidade de fertilizantes de uma única vez sem causar estresse salino, visando a adubação de sistemas (Trenkel, 2010). Porém, em regiões com altas temperaturas e com solos argilosos, que retêm umidade, não são observadas diferenças entre o uso de fertilizante revestido e o convencional, evidenciando que as condições edafoclimáticas influenciam na eficiência da liberação gradativa do K de acordo com o tipo de polímero (Valderrama et al., 2011). Isso ressalta a importância da

realização de experimentos em diversos locais para avaliar o comportamento e garantir a melhor recomendação.

A liberação do K no KCl convencional é rápida, atingindo 85% em 48 horas, enquanto nos fertilizantes recobertos a liberação de 75% do nutriente pode levar mais de 300 dias (Bley et al., 2017). Assim, na prática, este produto é aplicado em uma mistura com fertilizantes convencionais para fornecer parte dos nutrientes imediatamente e ainda reduzir as perdas por lixiviação (Bley et al., 2017). Dessa forma, evitando que não haja quantidades suficientes do nutriente para suprir as necessidades da planta durante o seu crescimento inicial.

Apesar do esperado aumento da eficiência da adubação potássica com a utilização de fertilizantes revestidos, deve-se considerar que estes produtos apresentam maior custo, já que os processos de produção requerem maior tempo, mão de obra e equipamentos em relação aos fertilizantes convencionais, sendo essencial avaliar a relação custo-benefício para a sua recomendação (Leal et al., 2015). Embora muitos estudos com fertilizantes revestidos comprovem a sua eficácia, esta análise econômica não é apresentada. Assim, não fica claro se o incremento da produtividade compensa o aumento dos custos, o que é um fator determinante para a escolha do produtor, por isso deve ser avaliado.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo é determinar a eficiência agrônômica e econômica da utilização de cloreto de potássio convencional (KCl), cloreto de potássio revestido com polímeros (KRP) e a combinação de ambos, na produtividade da cultura do milho, no Sul de Santa Catarina.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo no período de novembro de 2017 a abril de 2018, no município de Santa Rosa do Sul, SC, em um solo classificado como Argissolo Vermelho Distrófico, cuja caracterização está apresentada na Tabela 1.

O clima da região é classificado por Köppen como Cfa, Clima subtropical úmido, mesotérmico com inverno e verão bem definidos e precipitação anual média de 1600 mm. Os dados diários de precipitação e temperatura (Figura 1) durante o período de execução do experimento foram obtidos junto a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina (Epagri) na estação de Araranguá-SC.

Tabela 1 - Atributos químicos e teor de argila na profundidade de 0-20 cm em Argissolo Vermelho previamente a instalação do experimento

Argila	Silte	pH H ₂ O ⁽¹⁾	MO	P	K	Al	Ca	Mg	CTC pH7,0
----- % -----			g kg ⁻¹	----- mg dm ³ -----		----- cmolc dm ³ -----			
7,5	30,0	6,7	50	35,9	64,9	0	6,7	5,4	15,6

⁽¹⁾pH em água. P e K: extrator Mehlich-1. Ca, Mg e Al: extrator KCl 1 mol L⁻¹. CTC_{pH7,0}: capacidade de troca de cátions a pH 7,0. M.O.: Matéria orgânica = C.org x 1,724.

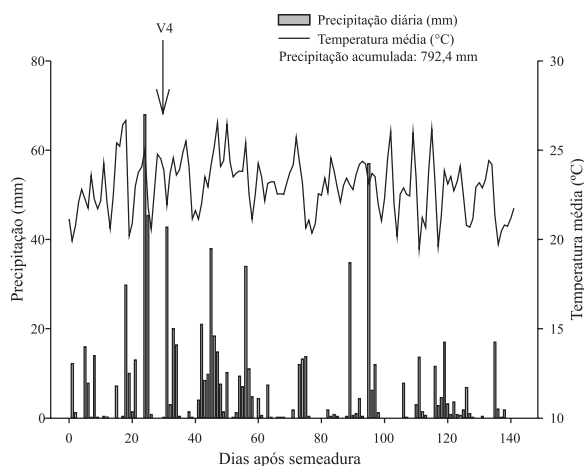


Figura 1 - Valores diários e acumulado de precipitação e temperatura média registrados durante o período de condução do experimento (29/11/2017 a 19/04/2018) na estação experimental da EPAGRI Araranguá – SC.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com seis tratamentos e três repetições, totalizando 18 parcelas. A unidade experimental foi composta por seis linhas de plantas, de 5 metros de comprimento cada, com espaçamento de 0,65 m entrelinhas e 6 plantas por metro linear, totalizando uma área de 19,5 m². A área útil considerada foi constituída de três linhas centrais com 3 m de comprimento, totalizando 5,85 m². Dentro da área útil de cada parcela, foram avaliadas seis plantas selecionadas aleatoriamente no estágio R1 (Ritchie et al., 1993), 67 dias após o plantio (DAS).

A adubação foi realizada para expectativa de rendimentos de 6 a 8 t ha⁻¹, conforme recomendação de adubação para os Estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS, 2016). Foram aplicados 112,5 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia (45% de N), dos quais aplicou-se 33,75 kg ha⁻¹ no sulco de semeadura e 78,75 kg ha⁻¹ em

cobertura superficial a lanço, de forma manual, no estágio fenológico de V4 (15 DAS); 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo (41% P₂O₅), aplicados em dose única no sulco de semeadura a 6 cm de profundidade, em todas as parcelas; e 190 kg ha⁻¹ de K₂O, sendo que 100 kg ha⁻¹ foram aplicados no sulco de semeadura e 90 kg ha⁻¹ em cobertura, no estágio fenológico de V4 (15 DAS), com as misturas referentes aos tratamentos sendo aplicadas tanto na semeadura quanto em cobertura. O KCl convencional possui 57,8% de K₂O (48% de K) e o KCl revestido com polímeros possui 55,4% de K₂O (KRP-46% de K), de acordo com cada tratamento. O KRP é baseado na complexação de duas moléculas (ACP complex e AZAL5) que permitem reduzir o processo de salinização, promovendo mais raízes e maior segurança para a lavoura reduzir a lixiviação de potássio (Agro, 2016).

Os tratamentos avaliados foram: 1) Testemunha, sem adubação potássica (0K); 2) 100% da dose recomendada de K₂O na forma de KCl (KCl100%); 3) 100% da dose recomendada de K₂O na forma de KRP (KRP100%); 4) combinação de 80% de KCl e 20% de KRP (KRP20%); 5) combinação 60% de KCl e 40% de KRP (KRP40%); 6) combinação de 40% de KCl e 60% de KRP (KRP60%).

A semeadura do milho foi realizada no dia 29 de novembro de 2017, por meio de semeadora mecanizada com profundidade de 4 centímetros, visando população final de 65.000 plantas por hectare. Foi utilizada a cultivar híbrido Agroeste 1551 VT PRO 2 resistente ao herbicida glifosato, no sistema de plantio direto sob palhada de aveia (*Avena sativa*), em sistema implantado há três anos. Para o controle das plantas daninhas foi utilizado o herbicida glifosato em pós emergência, em duas aplicações, sendo uma realizada no estágio V2 (9 DAS) e outra em estágio no V9 (30 DAS).

Para análise da altura da inserção de espiga foi considerada a altura da superfície solo até a base da espiga principal com o colmo; o diâmetro do colmo foi mensurado a 20 cm de altura do solo; e teor de clorofila, medido no centro da folha de inserção da espiga com auxílio de clorofilômetro digital (Clorofilog).



Em laboratório foram realizadas as avaliações dos seguintes componentes de rendimento, em todas as espigas coletadas na área útil: comprimento da espiga, medido com régua; diâmetro da espiga, realizado com auxílio de paquímetro, sendo o ponto considerado na avaliação o correspondente ao centro da espiga; número de fileiras por espiga; e números de grãos por fileira, obtido pela contagem das fileiras.

A produtividade de grãos foi determinada a partir da massa de 1.000 grãos e expressa na unidade padrão de 130 g kg⁻¹. A massa de 1.000 grãos foi discriminada a partir da separação de uma amostra de 100 grãos, convertida para 130 g kg⁻¹ e multiplicada por 10. O número de grãos por espiga foi obtido por meio de relações entre a massa de 1.000 grãos, a massa total de grãos e o número de espigas colhidas na área útil de cada unidade experimental (Mota et al., 2015).

A eficiência agrônômica do uso do potássio foi determinada através da seguinte equação adaptada (Fageria & Baligar, 2005):

$$EA = \frac{(PGcf - PGsf)}{QNa}$$

em que: EA é a eficiência agrônômica (kg kg⁻¹); PGcf, a produção em grãos com fertilizante potássico (kg); PGsf, a produção de grãos sem fertilizante potássico (kg); QNa, a quantidade de potássio aplicado (kg).

Para determinação do Custo Operacional Total (COT) foi utilizada a planilha denominada “Custo direto de produção por hectare de cultivo: Safra 2016/17 de milho com alta utilização de tecnologia” (Epagri, 2017), para a região onde foi realizado o experimento. Essa metodologia considera as despesas com insumos (sementes, fertilizantes e defensivos), os serviços com operações (manuais e mecanizadas) e os custos totais de produção (terra, maquinário, equipamentos e depreciação). Assim, foram coletados os dados das atividades realizadas durante o ciclo da cultura e registrada em planilha para determinação das estimativas de custos e obtenção dos coeficientes técnicos do campo para cada tratamento.

Os dados foram submetidos ao teste F ($p < 0,05$), e quando constatada significância, os dados foram analisados pelo teste de comparação de médias de Tukey $p < 0,05$ utilizando programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso das diferentes fontes de K e suas combinações não influenciaram significativamente as

variáveis analisadas, tanto nos atributos medidos a campo quanto nos componentes de rendimento, produtividade e eficiência agrônômica do uso do potássio pela cultura (Tabela 2). Esses resultados indicam que o solo na condição natural foi eficiente em fornecer o potássio necessário para o cultivo, já que mesmo a testemunha não diferiu dos tratamentos que receberam adubação potássica. Porém, é importante ressaltar que mesmo sem incrementos na produtividade, a realização ou não da adubação deve ser recomendada por profissional técnico, pois com a continuidade dos cultivos as reservas são consumidas, e a supressão da adubação pode levar ao esgotamento do solo e manifestação de sintomas de deficiência nutricional.

Resultados semelhantes foram obtidos em trabalhos realizados no Cerrado brasileiro, onde não houve diferenças nas variáveis de crescimento de planta, componentes de rendimento e produtividade do milho, quando comparada a resposta à adubação potássica com KCl convencional e revestido (Rodrigues et al., 2014). Na cultura da soja, o uso de KCl revestido promoveu maior produção de matéria seca, de número de vagens por planta e maior produtividade de grãos somente quando este foi aplicado a lanço 15 dias antes da semeadura, não havendo diferença para o uso de KCl convencional quando ambos foram aplicados no plantio (Guareschi et al., 2011). Nos trabalhos citados anteriormente houve resposta à aplicação ou não de potássio, e ao aumento de doses em algumas variáveis, o que não se observou no presente estudo.

Em solos com teores muito altos de potássio, acima de 120 mg dm⁻³, não se observa incrementos na produtividade do milho em resposta à adubação (Takasu et al., 2014). O teor de potássio inicial do solo (64,9 mg dm⁻³) é considerado baixo para a cultura segundo a recomendação de adubação (CQFS, 2016), porém está acima do nível crítico, indicado no estudo de Vieira et al. (2013), que seria em torno de 62 mg dm⁻³. Essa pode ser a razão pela qual não foi observada resposta à adubação, independentemente da fonte utilizada.

Considerando que o experimento foi conduzido em semeadura direta, é possível que a palhada de aveia dessecada sobre o solo tenha contribuído com o fornecimento de K para o milho. A aveia pode ser considerada uma cultura eficiente em liberar K para a cultura seguinte, pois disponibiliza maior quantidade do nutriente logo após o manejo, no início da senescência (Rosolem et al., 2003; Calonego et al., 2005). Apesar da alta relação C/N, que dificulta a decomposição da aveia e faz com que a meia vida da matéria seca seja alta (Acosta et al., 2014), mais da metade do K presente no tecido pode ser liberado em 15 dias (Giacomini et al., 2003).

Tabela 2 - Parâmetros morfológicos, de produtividade, nutricionais e de eficiência agrônômica em função da aplicação de diferentes fontes de K e suas combinações na cultura do milho. Safra 2017/18

	Altura de inserção de espiga cm	Diâmetro de colmo -----mm-----	Diâmetro da espiga -----mm-----	Comprimento de espiga -----mm-----
Testemunha	42,4 ^{ns}	20,0 ^{ns}	45,3 ^{ns}	127,1 ^{ns}
KCl100%	50,3	23,1	45,6	138,7
KRP100%	48,1	21,1	45,1	127,6
KRP20%	56,9	19,9	45,9	134,8
KRP40%	55,3	21,5	45,8	137,3
KRP60%	44,6	22,2	45,7	140,6
Média	49,6	21,3	45,6	134,4

	Grãos fileira ⁻¹	Fileiras espiga ⁻¹	Grãos espiga ⁻¹	Teor de Clorofila Foliar
Testemunha	28,8 ^{ns}	14,3 ^{ns}	411,4 ^{ns}	58,5 ^{ns}
KCl100%	31,5	14,4	454,4	59,2
KRP100%	29,1	14,5	422,0	57,9
KRP20%	30,8	14,6	441,0	57,9
KRP40%	30,7	14,5	444,8	57,9
KRP60%	31,5	14,5	455,1	57,9
Média	30,4	14,5	438,1	58,2

	Peso de 1000 grãos g	Produtividade kg ha ⁻¹	EA %
Testemunha	298,6 ^{ns}	7563,4 ^{ns}	-
KCl100%	297,1	8069,2	6,0 ^{ns}
KRP100%	286,5	7927,0	9,3
KRP20%	200,4	5307,0	4,6
KRP40%	299,6	9132,4	14,3
KRP60%	310,1	8268,5	10,4
Média	282,1	7711,3	9,7

^{ns} não significativo (p<0,05). Testemunha = sem adubação potássica; KCl100% = 100% da dose recomendada de K na forma de KCl convencional; KRP100% = 100% da dose recomendada de K na forma de KCl revestido por polímeros (KRP); KRP20% = combinação de 80% de KCl e 20% de KRP; KRP40% = combinação 60% de KCl e 40% de KRP; KRP60% = combinação de 40% de KCl e 60% de KRP.

Como o K não é um componente estrutural da planta e se encontra na forma livre, pode ser lixiviado sem que ocorra decomposição biológica, e a quantidade removida depende do teor foliar e do volume de chuvas

(Calonego et al., 2005). A aveia pode liberar mais de 600 g ha⁻¹ de K (723 g ha⁻¹ de K₂O) por milímetro de chuva no início da senescência, atingindo a máxima liberação com lâminas de até 20 mm pluviosidade, onde pode contribuir



com mais de 21 kg ha⁻¹ de K₂O em um evento de chuva (Rosolem et al., 2003) e chegar a mais de 108 kg ha⁻¹ de K₂O liberado no período de seis meses (Giacomini et al., 2003). A boa distribuição de chuvas no decorrer do estudo, conforme Figura 1, corrobora com a possibilidade da contribuição da palhada no fornecimento de K e ausência de resposta à adubação.

Além da palhada, a própria fração mineral do solo pode ter contribuído com o fornecimento de K para as plantas. Em alguns casos, quando os solos apresentam minerais ilíticos na fração argila e K em formas não trocáveis, é possível obter altos rendimentos mesmo com baixos teores de K. Entretanto, mais estudos são necessários para comprovar essa possibilidade, uma vez que não foi realizada a análise mineralógica na área.

O estudo de Brunetto et al. (2005) mostrou que em um Argissolo arênico, com 11% de argila, o nível crítico de K evidenciado para cultura de grãos, inclusive o milho, seria de apenas 42 mg dm⁻³, pela contribuição das formas não trocáveis e estruturais do nutriente. Em alguns casos, os teores não trocáveis do nutriente no solo apresentam correlações com os teores do nutriente na planta, mesmo com pequena presença de minerais micáceos nas diferentes

frações de solos bastante intemperizados (Alves et al., 2013). Contudo, ressalta-se a importância da adubação para reposição do nutriente, evitando o esgotamento do solo.

O solo apresenta elevados teores de matéria orgânica (Tabela 1), o que pode ter contribuído para o fornecimento do nutriente. Porém, a contribuição dessa fração no fornecimento de K é pequeno, pois devido a essa característica de ser rapidamente liberado dos tecidos vegetais, a presença de K na composição da matéria orgânica é baixo (Linkens et al., 1994). Assim, a relação entre a matéria orgânica e o K está mais ligada à adsorção do nutriente aos componentes orgânicos.

O custo operacional total foi obtido por meio da avaliação econômica dos insumos utilizados (Tabela 3) e dos custos variáveis (Tabela 4), e a síntese está apresentada na Tabela 5. Os resultados indicam que a escolha entre fertilizantes convencionais ou com alta tecnologia empregada irá influenciar diretamente na rentabilidade final. Verifica-se que à medida em que se aumentou a proporção de KCl revestido na adubação, ocorreu aumento no custo total de produção (Tabela 5), visto que o fertilizante revestido possui custo maior em relação ao fertilizante convencional (Leal et al., 2015).

Tabela 3 - Avaliação econômica de insumos para a cultura do milho em função da aplicação de diferentes fontes de K e suas combinações. Safra 2017/2018

Componentes do custo	Unidade de Referência	Qtd	Valor Un (R\$)	Valor Total ¹ (R\$)	Valor Total ² (R\$)	Valor Total ³ (R\$)	Valor Total ⁴ (R\$)	Valor Total ⁵ (R\$)	Valor Total ⁶ (R\$)
Semente de milho híbrido	60.000 sementes	1,30	530,05	689,07	689,07	689,07	689,07	689,07	689,07
Ureia em semeadura e cobertura	kg	250	1,17	292,50	292,50	292,50	292,50	292,50	292,50
SFT	kg	365	1,22	445,30	445,30	445,30	445,30	445,30	445,30
KCl convencional	kg	-	1,22	-	176,90	118,34	235,46	295,24	-
KCl revestido	kg	-	2,40	-	240,00	360,00	120,00	-	600,00
Herbicida dessecante	kg	1,50	24,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00
Herbicida pós emergente	L	0,25	379,92	94,98	94,98	94,98	94,98	94,98	94,98
Herbicida pós emergente	L	4	18,41	73,64	73,64	73,64	73,64	73,64	73,64
1 - TOTAL DE GASTOS COM INSUMOS				1.631,49	2048,38	2109,82	1986,94	1.926,73	2.231,49

¹ Testemunha = sem adubação potássica; ²KCl100% = 100% da dose recomendada de K na forma de KCl convencional; ³KRP100% = 100% da dose recomendada de K na forma de KCl revestido por polímeros (KRP); ⁴KRP20% = combinação de 80% de KCl e 20% de KRP; ⁵KRP40% = combinação 60% de KCl e 40% de KRP; ⁶KRP60% = combinação de 40% de KCl e 60% de KRP; Qtd: Quantidade.

Tabela 4 - Avaliação econômica dos custos variáveis e obtenção dos valores de margem bruta e receita bruta para a cultura do milho em função da aplicação de diferentes fontes de K e suas combinações. Safra 2017/2018

Componentes do custo	Especificação	% a.a	Valor Total ¹ (R\$)	Valor Total ² (R\$)	Valor Total ³ (R\$)	Valor Total ⁴ (R\$)	Valor Total ⁵ (R\$)	Valor Total ⁶ (R\$)
2 - Serviços mão-de-obra	-	-	140,18	140,18	140,18	140,18	140,18	140,18
3 - Serviços mecânicos	-	-	535,19	535,19	535,19	535,19	535,19	535,19
4 - Despesas gerais	*3,0%	3,0%	69,21	81,71	83,56	79,87	78,06	87,21
5 - Assistência técnica	*2,0%	2,0%	47,52	56,11	57,38	54,84	53,60	59,88
6 - Seguro da produção (Proagro)	*3,0%	3,0%	71,28	84,16	86,06	82,27	80,40	89,82
7 - Custos financeiros	7,75%	7,75%	193,35	228,30	233,44	223,15	218,10	243,64
8 - Despesas de comercialização	2,3% da receita bruta	0,023	86,94	104,88	95,22	60,72	93,15	91,08
TOTAL DE GASTOS R\$ (itens 2 a 8)			1143,67	1230,53	1231,03	1176,22	1198,68	1247,00
CUSTOS TOTAIS ⁷			2.775,16	3.278,92	3.340,86	3.163,16	3.125,42	3.478,49

¹ Testemunha = sem adubação potássica; ² KCl100% = 100% da dose recomendada de K na forma de KCl convencional; ³ KRP100% = 100% da dose recomendada de K na forma de KCl revestido por polímeros (KRP); ⁴ KRP20% = combinação de 80% de KCl e 20% de KRP; ⁵ KRP40% = combinação 60% de KCl e 40% de KRP; ⁶ KRP60% = combinação de 40% de KCl e 60% de KRP; Qtd: Quantidade; ⁷ Os custos totais são obtidos por meio do somatório entre o total de gastos com insumos (Tabela 3) e total de gastos dos itens 2 a 8 (Tabela 4); *Porcentagem dos seguintes componentes: insumos (Tabela 3), serviços de mão-de-obra, serviços mecânicos e despesas gerais.

Tabela 5 - Avaliação econômica da cultura do milho em função da aplicação de diferentes fontes de K e suas combinações. Safra 2017/2018

Tratamentos	Custos totais	Receita bruta ⁷ R\$	Margem Bruta ⁸
¹ Testemunha	2.775,16	3.780,00	1.004,84
² KCl100%	3.125,42	4.035,00	924,58
³ KRP100%	3.478,49	3.960,00	481,51
⁴ KRP20%	3.163,16	2.640,00	-523,16 ⁹
⁵ KRP40%	3.278,92	4.560,00	1.281,08
⁶ KRP60%	3.340,86	4.140,00	799,14

¹ Testemunha = sem adubação potássica; ² KCl100% = 100% da dose recomendada de K na forma de KCl convencional; ³ KRP100% = 100% da dose recomendada de K na forma de KCl revestido por polímeros (KRP); ⁴ KRP20% = combinação de 80% de KCl e 20% de KRP; ⁵ KRP40% = combinação 60% de KCl e 40% de KRP; ⁶ KRP60% = combinação de 40% de KCl e 60% de KRP; ⁷ Receita Bruta (obtida por meio da produtividade em sacas de 60 kg x R\$ 30,00 a saca de 60 kg); ⁸ Margem Bruta (obtida por meio da Receita Bruta subtraída dos Custos Totais); ⁹ não obteve lucro.

Embora não existam diferenças estatísticas na produtividade alcançada em cada tratamento, os valores absolutos resultaram em diferenças sobre a receita obtida (Tabela 2). Assim, o tratamento que atingiu maior rentabilidade

foi o com 40% do KCl revestido por polímeros (KRP40%), devido a maior produtividade obtida em valores absolutos. Na testemunha, sem adubação potássica, foi obtida a segunda maior margem, pois não houve o custo com a adubação e



a produtividade alcançada foi adequada para não levar a prejuízos econômicos, considerando o suprimento de potássio fornecido pelo solo, pela palhada e pela matéria orgânica. Já no tratamento com 20% de KCl revestido (KRP20%), a utilização dessas proporções não alcançou produtividade necessária para cobrir os custos de produção.

Cabe salientar que esses resultados podem ser modificados de acordo com o valor pago por saca bem como alteração no custo dos fertilizantes. Por isso, em situações com valores menores do que R\$ 30,00 por saca de milho, a utilização das misturas de fertilizantes pode não ser interessante devido aos altos custos no emprego dessa tecnologia.

É importante ressaltar que a escolha de uma combinação de fertilizantes que não aumente a produtividade, mas aumente os custos, pode gerar prejuízos, como se observa no tratamento com 20% de KCl revestido. Esses resultados demonstram o que o que se recomenda na prática, que a combinação adequada de fontes concilia a produtividade com custos, propiciando maior lucro da produção.

Estudos indicam que essas tecnologias seriam mais interessantes para culturas com alto valor agregado, porém também pode ser rentável em cultivos como milho, arroz, trigo e batata (Trenkel, 2010). Em trabalho realizado na cultura da soja, Leal et al. (2015) observaram que o produto que apresentou maior eficiência agrônômica nas menores doses foi o KCl revestido com três camadas de polímero. O uso de KCl convencional resultou em maiores produtividades em doses mais altas, onde as perdas seriam compensadas pela maior adição, entretanto resultando em elevação dos custos de produção.

CONCLUSÕES

O fertilizante potássico revestido com polímero e suas combinações não garantiram aumento de produtividade em relação ao potássio convencional, em sistema de plantio direto e em condições climáticas onde houve boa distribuição das chuvas.

A combinação de 40% de cloreto de potássio convencional com 60% de potássio revestido com polímeros, no cenário econômico apresentado na safra 2017/18, propiciou a maior margem bruta de lucro com a produção da cultura.

LITERATURA CITADA

ACOSTA, J.A.A.; AMADO, T.J.C.; SILVA, L.S. et al. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e

liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. *Ciência Rural*, v.44, n.5, p.801-809, 2014.

AGRO, Timac. Tecnologias fertilizantes sólidos. Porto Alegre, 2016. Disponível em: www.timacagro.com.br. Acesso em: 14 out. 2020.

ALVES, M.J.F.; MELO, V.F.; REISSMANN, C.B. et al. Reserva mineral de potássio em Latossolo cultivado com *Pinus taeda* L. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.37, n.6, p.1599-1610, 2013.

BLEY, H.; GIANELLO, C.; SANTOS, L.S. et al. Nutrient release, plant nutrition, and potassium leaching from polymer-coated fertilizer. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.41, p.1-11, 2017.

BRUNETTO, G.; GATIBONI, L.C.; SANTOS, D.R. et al. Nível crítico e resposta das culturas ao potássio em um Argissolo sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.4, p.565-571, 2005.

CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S.; ROSOLEM, C.A. Lixiviação de potássio da palha de plantas de cobertura em diferentes estádios de senescência após a dessecação química. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.1, p.99-108, 2005.

CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. *Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 11. ed. Porto Alegre: SBCS, 2016. 375p.

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. *Custo direto de produção por hectare de cultivo: Safra 2016/17 de milho com alta utilização de tecnologia*. 2017. In: docweb.epagri.sc.gov.br/website_cep/custos/.../Custo_Milho_alta_tec_ago_2017.xls (acessado em 15 de Abril 2018).

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*, v.88, p.97-185, 2005.

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

FU, J.; WANG, C.; CHEN, X. et al. Classification research and types of slow controlled release fertilizers (SRFs) used - a review. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.49, n.17, p.2219-2230, 2018.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; HUBNER, A.P. et al. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n.9, p.1097-1104, 2003.

- GUARESCHI, R.F.; GAZOLLA, P.R.; PERIN, A. et al. Adubação antecipada na cultura da soja com superfosfato triplo e cloreto de potássio revestidos por polímeros. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.4, p.643-648, 2011.
- LEAL, A.J.F.; VALDERRAMA, M.; KANEKO, F.H. et al. Produtividade da soja de acordo com diferentes doses de cloreto de potássio revestido ou não com polímeros. *Global Science and Technology*, v.8, n.1, p.19-30, 2015.
- LINKENS, G.E.; DRISCOLL, C.T.; BUSO, D.C.; THOMAS, G.S.; JOHNSON, C.E.; LOVETT, G.M.; RYAN, D.F.; FAHEY, T.; REINERS, W.A. The biogeochemistry of potassium at Hubbard Brook. *Biogeochemistry*, v.25, p.61-125, 1994.
- MOTA, M.R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D.E. et al. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.39, n.2, p.512-522, 2015.
- RAIJ, B. V. *Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes*. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.
- RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. *How a corn plant develops?* Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 21p. (Special Reportn. 48).
- RODRIGUES, M.A.C.; BUZZETTI, S.; FILHO, M.C.M.T. et al. Adubação com KCl revestido na cultura do milho no Cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.2, p.127-133, 2014.
- ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solos de acordo com a quantidade de chuva aplicada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.2, 2003.
- TAKASU, A.T.; HAGA, K.I.; RODRIGUES, R.A.F. et al. Produtividade da cultura do milho em resposta à adubação potássica. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.13, n.2, p.154-161, 2014.
- TRENKEL, M.E. *Slow- and controlled-release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture*. Paris: IFA, 2010. 160p.
- VALDERRAMA, M.; BUZZETTI, S.; BENETT, C.G.S. et al. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.41, n.2, p.254-263, 2011.
- VIEIRA, R.C.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V. et al. Critérios de calagem e teores críticos de fósforo e potássio em Latossolos sob plantio direto no Centro-Sul do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.37, n.1, p.188-198, 2013.

Recebido para publicação em 16/06/2020 e aprovado em 26/10/2020.

