

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

**JÉSSICA CAROLINE COPPO**

**MANEJO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA CULTURA DA SOJA E EFEITO  
RESIDUAL NA CULTURA DO MILHO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NO  
OESTE DO PARANÁ**

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR**

**2017**

**JÉSSICA CAROLINE COPPO**

**MANEJO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA CULTURA DA SOJA E EFEITO  
RESIDUAL NA CULTURA DO MILHO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NO  
OESTE DO PARANÁ**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Orientadora: Dr. Maria do Carmo Lana

Linha de pesquisa: Manejo de culturas

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR**

**2017**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

C785m

Coppo, Jéssica Caroline

Manejo da adubação potássica na cultura da soja e efeito residual na cultura do milho em sistema plantio direto no Paraná. / Jéssica Caroline Coppo. Marechal Cândido Rondon, 2017.

58 f.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria do Carmo Lana

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2017.

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

1. Adubação potássica. I. Lana, Maria do Carmo. II. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. III. Título.

CDD 21.ed. 631.83  
CIP-NBR 12899



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



**PARANÁ**

GOVERNO DO ESTADO

## JÉSSICA CAROLINE COPPO

Manejo da adubação potássica na cultura da soja e efeito residual na cultura do milho em sistema plantio direto no Oeste do Paraná

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Sistemas de Produção Vegetal Sustentáveis, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

\_\_\_\_\_  
Orientador(a) - Maria do Carmo Lana

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon  
(UNIOESTE)

\_\_\_\_\_  
Edleusa Pereira Seidel

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon  
(UNIOESTE)

\_\_\_\_\_  
André Vinicius Zabini

Agrônomo Laboratório de Suelos y Consultoria

Marechal Cândido Rondon, 17 de fevereiro de 2017

Aos meus pais Antonio Primo Coppo e  
Ros Mary Aparecida Rodrigues Coppo,  
as minhas irmãs Nathalya Gabrieli e  
Djennefer Lurdes Coppo pela inspiração  
e força.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela conquistas, por ter me proporcionado a oportunidade de realizar um sonho e a nossa Senhora pela companhia durante todos esses anos.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná-UNIOESTE-Campus de Marechal Cândido Rondon por dar a oportunidade de me tornar um profissional.

À minha orientadora professora Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo Lana minha mais sincera gratidão pela excelente orientação e pela confiança em meu trabalho, compreensão paciência e incentivo. Além da valiosa contribuição em conhecimento na minha carreira profissional.

À minha família, principalmente aos meus pais, por terem me proporcionado a oportunidade da realização desse curso tão almejado por mim, e muitas vezes, abdicado de seu próprio conforto para a realização de meus estudos. Agradeço a meu pai, pelo amor ao campo que de forma direta me contagiou e pela credibilidade muitas vezes depositada em mim, além do suporte técnico que me proporcionou desde a disponibilização da área para a realização do experimento até a colheita, pois foi de extrema importância.

À minhas irmãs, Djenifer Lurdes Coppo e Nathalia Gabrieli Coppo.

Em especial a minhas amigas, Marilda Schmoeller, Karla Danielly Rodrigues, Érica Patrícia Figueiredo e Mayara Brambilla por muitas vezes serem meu alicerce e me aconselharem sempre que eu precisei mesmo estando longe. Além disso, estas eram as pessoas que acreditavam em mim nos momentos de minha fraqueza, o que me impulsionava a continuar.

À minha amiga Rafaela Goulart Amaral parceira de todos os momentos.

À meus tios Ana Maria Rodrigues Figueiredo e Pedro Amaro Figueiredo por ter me apoiado sempre que precisei.

À todos os professores que contribuíram para a realização deste sonho.

À todos que apoiaram de alguma forma, durante meus ensinamentos e desenvolvimento desse trabalho.

## RESUMO

COPPO, Jéssica Caroline. M.Sc. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro de 2017. **Manejo da adubação potássica na cultura da soja e milho**. Orientadora: Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo Lana

A adubação com potássio na cultura da soja tem sido realizada, na maioria das vezes no sulco de plantio, porém vem sendo adotadas técnicas de manejo da adubação potássica em solos de textura argilosa que são usualmente recomendadas em solos arenosos. O objetivo desse trabalho foi avaliar a resposta da adubação da cultura da soja com potássio em diferentes sistemas de manejo com duas fontes de potássio (K) e o efeito residual na cultura do milho, em um solo LATOSSOLO VERMELHO eutroférico. Foram testados duas fontes de K, cloreto de potássio e o KCl-polímero. O experimento foi instalado no município de Formosa do Oeste-PR. O delineamento foi em blocos ao acaso em esquema fatorial (2x5) +1 sendo duas fontes de potássio, KCl e KCl revestido por polímero (KCl-polímero) e o parcelamento da dose de K<sub>2</sub>O em cinco épocas de aplicação. No momento da semeadura todos os tratamentos receberam adubação fosfatada na forma de superfosfato simples para fornecer 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Para a soja o KCl-polímero foi mais eficiente para aplicação à lanço antes da semeadura da cultura. A aplicação de KCl foi melhor quando aplicada no estágio V3 da cultura. O maior teor de K na folha e a maior eficiência do uso do fertilizante e eficiência de recuperação indicam superioridade da fonte KCl-polímero. Em relação ao milho o maior teor residual de potássio no solo refletiu em maior teor de potássio na folha, no grão e em maior produtividade para ambas as fontes. Apenas quando se utilizou KCl-polímero no estágio V3 da cultura da soja a produtividade foi significativamente superior a testemunha. Para ambas as fontes os teores residuais de potássio no solo após a colheita do milho são considerados baixos e médios.

Palavras-chave: Parcelamento da adubação. Manejo cloreto de potássio. Efeito residual.

## ABSTRACT

COPPO, Jéssica Caroline. M.Sc. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, in February 2017. **Management of potassic fertilization in the culture of soybeans and corn.** Advisor: Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo Lana

The fertilization with potassium in the soybean crop has been carried out most of the time in the planting groove; however, potassic fertilization techniques that are usually recommended in sandy soils have been adopted in clayey soils. The aim of this work was to evaluate the response of potassium fertilization in soybean crop in different management systems with two sources of potassium (K) and the residual effect on corn cultivation in an eutroferric soil. Two sources of K, potassium chloride and KCl-polymer were tested. The experiment was installed in the municipality of Formosa do Oeste-PR. The design was a randomized complete block design in a factorial scheme (2x5) +1 with 2 sources of potassium, KCl and KCl-polymer and the K<sub>2</sub>O dose split in five application periods. At the time of sowing, all treatments received phosphate fertilization in the form of simple superphosphate to provide 60 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. For the soybean, KCl-polymer was more efficient for the haul application before sowing the crop. The application of KCl was better when applied at the V3 stage of the culture. The higher K content in the leaf and higher fertilizer use efficiency and recovery efficiency indicate superiority of the KCl-polymer source. With regard to corn, the highest residual content of potassium in the soil reflected in higher potassium content in the leaf, in the grain and higher productivity for both sources. Only when KCl-polymer was used at the V3 stage of the soybean crop that the productivity was significantly higher than the control. For both sources, the residual potassium content in the soil after corn harvesting was considered Low and medium.

Key words: Fertilization split. Potassium chloride management. Residual effect.

## LISTA DE FIGURAS

### **Capítulo 1**

Figura 1 - Precipitação diária para local do experimento durante a safra de soja 2015/2016. . 18

### **Capítulo 2**

Figura 1 – Precipitação diária para o local do experimento durante a safra de milho 2016.....45

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

Tabela 1 - Atributos químicos do solo da área experimental .....	18
Tabela 2 - Componentes utilizado no calculo de custo variável na cultura da soja .....	22
Tabela 3 - Altura de plantas, altura da inserção da primeira vagem, massa de 1000 grão e produtividade da soja em função do modo de aplicação da adubação potássica com a fonte KCl-polímero e KCl, Formosa do Oeste-PR safra 2015/2016 .....	24
Tabela 4 - Receita bruta e líquida da produção da cultura da soja em função das diferentes formas de aplicação de KCl-polímero e KCl, na safra 2015/2016.....	28
Tabela 5 - Número total de vagem por planta, número de vagem com quatro grãos (V4G), vagens cm três grãos (V3G), vagens com dois grãos (V2G), vagens com um grão(V1G) e vagens sem grãos (V0G) na cultura da soja em função das diferentes formas de aplicação de KCl-polímero e KCl, na safra 2015/2016.....	29
Tabela 6 - Teor de cálcio, magnésio e potássio na folha e no grão com as fontes KCl-polímero e KCl na cultura da soja, Formosa do Oeste-PR safra, 2015/2016 .....	33
Tabela 7 - Teor de potássio, cálcio e magnésio no solo na camada de 0-10 e 10-20 cm coletado após colheita da soja no município de Formosa do Oeste- PR, safra 2015/2016 .....	36
Tabela 8 - Médias da eficiência de uso do nutriente potássio no grão (EUKG), eficiência do uso do fertilizante (EUF) e eficiência da recuperação do nutriente (ERN) em plantas de soja, em função das diferentes formas de aplicação de KCl-polímero e KCl, município Formosa do Oeste-PR, safra 2015/2016 .....	37

### Capítulo 2

Tabela 1 - Comprimento de espiga e produtividade do milho em função do modo de aplicação da adubação potássica com a fonte KCl-polímero e KCl, Formosa do Oeste-PR safra, 2016 .....	48
Tabela 2 - Teor de potássio, cálcio e magnésio na folha e no grão com as fontes KCl-polímero e KCl na cultura do milho, Formosa do Oeste-PR safra, 2015/2016 .....	50
Tabela 3 - Teor de potássio, cálcio e magnésio no solo na camada de 0-10 e 10-20 cm coletado após colheita da soja no município de Formosa do Oeste- PR, safra 2015/2016 .....	53

**Anexo**

Tabela 1 - Quadro de análise de variância com os quadrados médios para as variáveis, produtividade, altura de planta e altura de inserção da primeira vagem. ....	57
Tabela 2 - Quadro de análise de variância com os quadrados médios para as variáveis, Teor de potássio (K), Cálcio (Ca), e magnésio (Mg) na folha e no grão. ....	57
Tabela 3 - Quadro de análise de variância com os quadrados médios para as variáveis, Teor de potássio(K), Cálcio (Ca), e magnésio(Mg) no solo na profundidade de(0-10 cm) e na profundidade de 10-20 cm. ....	57
Tabela 4 - Quadro de análise de variância com os quadrados médios para as variáveis, comprimento de espiga, produtividade.....	58
Tabela 5 - Quadro de análise de variância com os quadrados médios para as variáveis, teor de potássio (K), Cálcio (Ca), e magnésio (Mg) na folha e no grão. ....	58
Tabela 6 - Quadro de análise de variância com os quadrados médios para as variáveis, teor de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no solo na profundidade de 0-10 cm e 10-20cm. ....	58

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1	POTÁSSIO NO BRASIL .....	3
2.2	FUNÇÃO DO POTÁSSIO NA PLANTA .....	3
2.3	EXTRAÇÃO DE POTÁSSIO PELA CULTURA DA SOJA.....	5
2.4	EXTRAÇÃO DE POTÁSSIO PELA CULTURA DO MILHO .....	6
2.5	SISTEMA DE APLICAÇÃO DE POTÁSSIO .....	7
2.6	EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA .....	8
2.7	FONTES UTILIZADAS .....	9
<b>2.7.1</b>	<b>Cloreto de potássio – KCl .....</b>	<b>9</b>
<b>2.7.2</b>	<b>Cloreto de potássio revestido por polímero .....</b>	<b>10</b>
2.8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	11
	<b>CAPITULO 1- PRODUTIVIDADE E ABSORÇÃO DE NUTRIENTES PELA CULTURA DA SOJA EM RESPOSTA AO MANEJO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA .....</b>	<b>15</b>
	RESUMO .....	15
	ABSTRACT .....	15
3.1	INTRODUÇÃO.....	16
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
<b>3.2.1</b>	<b>Localização do Experimento .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Histórico da Área.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Dados Meteorológicos .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Delineamento Experimental e Tratamentos .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Tratos Culturais.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Avaliação do Experimento.....</b>	<b>19</b>
3.2.6.1	Altura de Planta .....	20
3.2.6.2	Altura da Inserção da Primeira Vagem .....	20
3.2.6.3	Número de Vagens .....	20
3.2.6.4	Massa de 1000 Grãos .....	20
3.2.6.5	Produtividade de Grãos .....	20
3.2.6.6	Determinação dos Teores de Potássio, Cálcio e Magnésio no Tecido Foliar e no Grão .....	21

3.2.6.7	Determinação dos teores de Potássio Cálcio e Magnésio Disponível no Solo .....	21
3.2.6.8	Índices de Eficiência .....	21
3.2.6.9	Análise Econômica.....	22
3.2.6.9	Análise Estatística .....	23
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
3.4	CONCLUSÕES.....	37
3.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38
	<b>CAPITULO 2- EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA COM KCI E KCI-POLÍMERO NA CULTURA DO MILHO.....</b>	<b>42</b>
	RESUMO .....	42
	ABSTRACT .....	42
4.1	INTRODUÇÃO.....	43
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	44
<b>4.2.1</b>	<b>Localização do Experimento .....</b>	<b>44</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Histórico da Área.....</b>	<b>44</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Dados Meteorológicos .....</b>	<b>44</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Delineamento Experimental .....</b>	<b>45</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Tratos Culturais .....</b>	<b>45</b>
<b>4.2.6</b>	<b>Avaliação do Experimento.....</b>	<b>45</b>
4.2.6.1	Comprimento de Espiga .....	46
4.2.6.2	Produtividade de Grãos .....	46
4.2.6.3	Determinação dos Teores de Potássio, Cálcio e Magnésio na Folha e no Grão .....	46
4.2.6.4	Determinação de Potássio Disponível no Solo.....	46
4.3	RESULTADOS .....	46
4.4	CONCLUSÕES.....	54
4.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
	<b>ANEXO.....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A eficiência da adubação assume uma importância cada vez maior, consequência da participação expressiva da adubação no custo de produção. Diante disso pesquisas envolvendo sistemas de manejo que promovam maior aproveitamento dos nutrientes para as plantas e para o solo assumem cada vez mais importância. Atualmente, os agricultores estão adotando a técnica de tirar o adubo da base, técnica essa já muito usada no Brasil em solos de textura média a arenosa onde o potássio é aplicado após a emergência da cultura da soja com a finalidade de reduzir sua lixiviação e a salinização do solo.

A aplicação de potássio à lanço está sendo uma prática cada vez mais pesquisada e adotada por produtores de regiões de solo argiloso com o objetivo principalmente de diminuir a necessidade de mão de obra, e o efeito da salinização deste na linha de semeadura, que diminui o poder germinativo da semente. Entretanto, há necessidade de avaliar se a melhor forma de aplicação de potássio para solos de textura argilosa também é à lanço depois da semeadura como tem sido feito em solos arenosos.

A disponibilidade de K, assim como a capacidade de suprimento deste nutriente pelo solo, depende da presença de minerais primários e secundários, da aplicação de fertilizantes e da CTC do solo, além da ciclagem do nutriente pelas plantas. A CTC dos solos, que varia em função do teor de matéria orgânica, do tipo e da quantidade de argila e do pH do solo, é o principal componente que determina a maior ou menor relação K trocável/K da solução, isto é, para uma mesma quantidade de K total, haverá menos K na solução em solos com alta CTC, o que refletirá em menores perdas de K por lixiviação, menor retirada desnecessária de K pelas plantas e maior capacidade de armazenamento de K no solo. No entanto, a elevação dos teores de K também favorece a lixiviação, mesmo em solos mais argilosos e com alta CTC (WERLE et al., 2008).

O manejo eficiente da fertilidade do solo, envolvendo adubação é um fator determinante da produtividade da cultura. Com a consolidação do sistema de semeadura direta, houve mudanças no manejo da adubação da cultura da soja, objetivando a disponibilização do nutriente nos períodos de maior necessidade da cultura e pela otimização da semeadura em extensas áreas, a fim de elevar a produtividade associada às práticas de manejo mais eficientes (SILVA; LAZARINI, 2014).

O potássio é extraído do solo em grande quantidade, principalmente pela cultura do milho e merece atenção maior em função da quantidade absorvida, e também por exercer grande impacto na qualidade da cultura tendo influência positiva na massa individual de grãos e no

número de grãos por espiga. Depois do N, o K é o elemento absorvido em maiores quantidades pelo milho sendo que 30% são exportados nos grãos (RODRIGUES et al., 2014).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a resposta da adubação da cultura da soja com potássio em diferentes épocas e parcelamento com duas fontes de potássio e o efeito residual na cultura do milho, em um solo Latossolo Vermelho eutroférico.

A dissertação é constituída de dois artigos de acordo com as normas da ABNT NBR 147224/2011 trabalhos acadêmicos e ABNT NBR 6028/2003.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 POTÁSSIO NO BRASIL

O Brasil ocupa a 11<sup>a</sup> colocação em termos de reservas e a 9<sup>a</sup> posição em relação à produção mundial de adubos potássicos. As reservas de sais de potássio no Brasil estão localizadas em Sergipe e no Amazonas. Em Sergipe, nas regiões de Taquari/Vassouras e Santa Rosa de Lima. As reservas de silvinita foram descobertas na década de 80 pela PETROMISA/PETROBRAS e estão localizadas nos Municípios de Nova Olinda do Norte e Itacoatiara, cerca de 140 km a sudeste de Manaus. Estes depósitos salinos localizados na parte central da Bacia Sedimentar Amazonas, estão dispostos na forma de sequência de rochas evaporíticas pertencentes às formações Monte Alegre, Itaituba, Nova Olinda e Andirá. As reservas medidas somam 1.152,545 milhões de toneladas, com teores que variam entre 14,31 a 38,69% de cloreto de potássio.

Em virtude da pequena produção interna, comparada à grande demanda interna pelo produto, o Brasil situa-se no contexto mundial como grande importador de potássio fertilizante, tendo como principais fornecedores, a Bielorrússia (28,01%), o Canadá (27,16%), a Alemanha (17,7%), Israel (14,24%) e a Rússia (6,37%). Nossas exportações de potássio são, basicamente, destinadas a países da América do Sul (BRASIL, 2012).

De acordo com Nobre et al. (2012) a quantidade de fertilizante com potássio importada em 2010, foi de 77,64% acima da verificada no ano de 2009, enquanto o valor de importação do produto foi 7,46% maior que em 2009. O consumo brasileiro de potássio fertilizante mantém-se em um patamar elevado, confirmando assim a situação do Brasil no contexto mundial, como grande consumidor e importador desse produto.

Segundo o Ministério do Desenvolvimento e Comércio Internacional (2014) no final de 2014 o Brasil superou o recorde alcançado em abril com a importação de 1,33 milhão de toneladas de cloreto de potássio. Em 2015 o Brasil consumiu 8.792,535 milhões de toneladas e importou 8.325,413 milhões de toneladas de KCl (IPNI, 2017).

### 2.2 FUNÇÃO DO POTÁSSIO NA PLANTA

Entre as várias funções do K na planta, a regulação da turgidez dos tecidos, abertura e fechamento dos estômatos e controle da transpiração são fundamentais para aumentar a eficiência de uso da água pelo vegetal.

O K é um elemento móvel no floema das plantas, redistribuindo para os tecidos meristemáticos jovens caso ocorra deficiência. Suas principais funções são: ativação enzimática, sendo responsável por ativar mais de 50 enzimas do metabolismo vegetal, esse processo está relacionado com a mudança na conformação das moléculas, a qual aumenta a exposição dos sítios ativos para ligação com o substrato (MALAVOLTA, et al 1997).

Além disso, o potássio é responsável pela regulação osmótica e controle de abertura de estômatos, regulação de energia, translocação de assimilados, absorção de N e síntese de proteínas e amido, importante para o enchimento de grãos (TAIZ; ZEIGER, 2004). Plantas deficientes em potássio apresentam acúmulo de carboidratos solúveis, decréscimo do nível de amido e acúmulo de compostos nitrogenados solúveis, como os aminoácidos.

Serafim et al. (2012) estudaram diferentes doses de potássio em solos tropicais e verificaram efeito compensatório do K e da umidade do solo entre si, onde um fator tende a reduzir o efeito da deficiência do outro fator repercutindo no rendimento de grãos.

O funcionamento adequado dos estômatos é essencial para a fotossíntese, transporte de água e nutrientes, além do sistema de regulação térmica da planta. Se a quantidade de K for inadequada, a abertura dos estômatos é lenta aumentando a perda de água, que por sua vez acentua o efeito do déficit hídrico, além disso, o potássio promove melhor difusividade do CO<sub>2</sub> nas células do mesófilo e estímulo da atividade da ribulose bifosfato carboxilase (Rupb).

O acúmulo de K nas raízes das plantas produz um gradiente de pressão osmótica que atrai a água em direção as raízes. As plantas deficientes em K são menos capazes de absorver água e estão mais sujeitas ao estresse quando o teor de água está abaixo do crítico para cultura (SERAFIM et al., 2012).

Além disso, o K é responsável por aumentar a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, melhora a eficiência de utilização da luz pela cultura do milho, relacionando-se este efeito ao aumento da área foliar proporcionado pelo potássio (BÜLL; CANTARELLA, 1993 apud GELAVIR 2006). As respostas do milho ao potássio são caracterizadas em geral, pela precocidade do aparecimento da inflorescência feminina, uniformidade de maturação, resistência do colmo e maior peso de grãos, redução do acamamento.

No entanto, o potássio não faz parte de nenhum composto orgânico, não desempenha função estrutural, o que faz com que o mesmo seja facilmente liberado (FAQUIN, 2005). A deficiência de potássio pode prejudicar severamente a síntese proteica, resultando em acúmulo de concentração de aminoácidos livres no tecido da planta de soja afetando o crescimento da planta, rendimento, o aumento da susceptibilidade a doenças e pragas. Os sintomas de

deficiência nas plantas ocorre primeiro nas folhas velhas como uma clorose seguida de necrose nas pontas e margem das folhas.

### 2.3 EXTRAÇÃO DE POTÁSSIO PELA CULTURA DA SOJA

A demanda desse nutriente pela cultura é de aproximadamente 38 kg de  $K_2O$  para cada tonelada de grãos, sendo que, desse total, 20 kg são exportados das lavouras pelos grãos. Contudo, avaliações recentes têm evidenciado que a demanda pode ser maior em algumas cultivares de soja com tipo de crescimento indeterminado, as quais atualmente compõem o principal grupo de cultivares no Brasil (OLIVEIRA JUNIOR, 2013).

Quando comparado a outras culturas que integram os sistemas de produção, como milho, trigo e até mesmo girassol, a soja mostra-se grande consumidora de potássio e eficiente no seu aproveitamento ao longo do perfil do solo, com quantidade exportada muito superior às demais culturas, alcançando mais de 50% do total absorvido (EMBRAPA, 2013).

A exigência nutricional da soja, bem como seu potencial de exportação, são determinados por fatores genéticos sob influência do clima, fertilidade do solo e manejo cultural. Essas informações são fundamentais para a indicação da adubação da cultura, pois quantificam as necessidades nutricionais mínimas que devem ser adicionadas ao solo antes de cada cultivo, visando assim a manutenção da fertilidade (OLIVEIRA et al., 2008).

Além da dose e extração/exportação de potássio pela soja, deve-se observar também o equilíbrio nutricional entre cálcio, magnésio e potássio (Ca: Mg: K), pois a disponibilidade do elemento no solo e sua absorção pelas culturas estão relacionadas também à presença de Ca e Mg (OLIVEIRA; CARMELLO; MASCARENHAS, 2001). Nesse mesmo sentido, Castro e Meneghelli (1989 apud ZAMBIAZZI, 2014) avaliando a relação K: Ca: Mg no solo e, resposta à adubação potássica, concluíram que os teores de potássio isolados não fornecem uma informação correta sobre a necessidade de adubação potássica. Desta forma, a relação entre os três elementos é a maneira mais eficaz de avaliar a necessidade, viabilidade e resposta à adubação potássica (CASTRO; MENEGHELLI, 1989 apud ZAMBIAZZI, 2014). A absorção de íons é uma das principais funções da raiz e diversos fatores estão envolvidos neste processo. O diâmetro do íon hidratado associado a valência, estabelecem uma ordem seletiva a passagem através da membrana plasmática da célula. Assim íons de maior diâmetro e de maior valência, estabelecem uma ordem seletiva a passagem através da membrana plasmática da célula. Portanto, íons monovalentes como o potássio, são preferencialmente absorvidos relativamente aos divalentes, como o magnésio. O mecanismo de absorção é altamente seletivo e está

relacionado com a atividade metabólica da planta. Para o magnésio não há mecanismo específico de transporte através da membrana plasmática. O transporte é passivo e mediado por transportadores, no qual o magnésio move-se no sentido de um gradiente eletroquímico. No transporte, a competição pode ter papel relevante e a absorção ser seriamente afetada pelo excesso de outros cátions especialmente potássio e amônio. A relação de quantidade entre potássio e magnésio observada no solo, inverte-se na planta. O conteúdo de potássio é muito mais alto. Pelo efeito depressivo exercido pelo potássio, a concentração interna de magnésio pode ficar abaixo da necessária, sobretudo em condições de baixa disponibilidade de magnésio ou alta conteúdo de potássio no solo. Em um modelo matemático criado por Mielniczuk (1978), estudando a disponibilidade de potássio para as plantas, em função da sua relação com Ca+ Mg, encontrou que a razão de atividade  $K/\sqrt{Ca+Mg}$  não melhorou a absorção de potássio e que quando essa relação for maior que 0,20  $cmol_c$  não haverá resposta a adubação potássica. E também, deve se levar em consideração a relação Ca+ Mg /K, pois, quando esta for menor que 17 a 35  $cmol_c$  haverá provável deficiência de Ca e Mg no solo (FONSECA et al., 1995).

#### 2.4 EXTRAÇÃO DE POTÁSSIO PELA CULTURA DO MILHO

Depois do nitrogênio, o potássio é o elemento absorvido em maior quantidade pela cultura do milho, sendo que 20% são exportados nos grãos. Estima-se que a necessidade de potássio para a produção de uma tonelada de grãos de milho esta em torno de 4,3 kg ha<sup>-1</sup> (BÜLL; CANTARELLA, 1993 apud GELAVIR, 2006). Respostas ao potássio têm sido observadas mesmo em solos com teores de potássio de médio a alto (> 0,2  $cmol_c dm^{-3}$ ) desde que adequadamente adubados com nitrogênio (YAMADA, 1997). Diante do exposto por Yamada (1997), é fundamental considerar a relação N : K, pois, a interação do nitrogênio e potássio obedece à Lei do Mínimo, quando o nitrogênio é aplicado em quantidade suficiente para haver elevação da produção, essa passa a ser limitada pelos baixos teores de potássio aplicados ao solo. A taxa de translocação de potássio para os tecidos na planta de milho é de aproximadamente (26 a 43 %), isso implica que a incorporação dos restos culturais do milho devolve ao solo grande parte dos nutrientes, principalmente potássio e cálcio, contidos na palhada (COELHO, 2006). Outro fato importante em reação a adubação potássica na cultura do milho é a relação Ca/K, pois, quando esta for menor que 10  $cmol_c$  indica que não haverá resposta a adubação potássica. Veloso et al. (2001) estudando relação cálcio magnésio e potássio sobre a produção de materiais seco de milho Pela análise de regressão, observou-se

que as relações ótimas de Ca/Mg no solo foi de 1,53 onde proporcionaram as produções máximas.

## 2.5 SISTEMA DE APLICAÇÃO DE POTÁSSIO

Os fertilizantes em sua grande maioria são sais, portanto, sua aplicação pode prejudicar a germinação das sementes e o desenvolvimento inicial das plântulas, caso sejam colocados no solo próximo a elas (TAVARES et al., 2013).

A influência nociva dos sais na agricultura, apesar de refletir diretamente na produção das culturas, se manifesta primeiramente na germinação das sementes (BERNARDI et al., 2015). A salinidade dos solos é considerada como um dos principais estresses abióticos, causando danos no metabolismo vegetal e provocando efeitos deletérios em muitos processos fisiológicos.

De acordo com Petter et al. (2014) em seu estudo sobre produtividade e qualidade de sementes de soja em função de doses e épocas de aplicação de potássio realizado no município de Bom Jesus-PI verificaram que as doses de potássio influenciaram a produtividade e o vigor das sementes de soja, sendo os melhores resultados verificados com a aplicação de 80 a 95 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Além dos prejuízos na germinação, o excesso de sais pode comprometer o desenvolvimento radicular e vegetativo das plantas (SOUZA et al., 2007). Normalmente, a adubação com potássio na cultura da soja tem sido realizada no sulco de plantio (BERNARDI et al., 2009). Em razão do efeito salino e da alta solubilidade dos sais potássicos comumente utilizados, essa prática tem acarretado muitas vezes redução do poder germinativo das sementes, principalmente em condições de déficit hídrico e de elevadas perdas por lixiviação, em condições de excesso de precipitação.

De acordo com Costa et al. (2009) a eficiência da utilização de K pelas plantas foi favorecida pela aplicação à lanço do adubo potássico, independente do preparo do solo.

Bernardi et al. (2009) em seu trabalho estudaram doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto no estado de Goiás. Estes autores observaram que a produtividade da soja, em função dos tratamentos envolvendo doses e época de aplicação de fertilizantes potássicos não apresentou efeito significativo. Os teores de K originais no solo, estavam acima de 80 mg dm<sup>-3</sup>, os quais, de acordo com a Comissão de Corretivos e Fertilizantes do Estado de Goiás (1998), enquadram-

se na classe alta. Dessa forma, o K trocável existente, originalmente, no solo, provavelmente foi suficiente para suprir as exigências nutricionais da cultura.

Foi avaliada por Lana et al.(2002) a resposta da cultura da soja a doses e modos de aplicação de potássio em solo de cerrado. Estes autores observaram que a resposta da aplicação de  $K_2O$  na fase de florescimento foi superior em relação a dose total aplicada na semeadura.

Outro aspecto que deve ser considerado é que a adubação tardia, em cobertura a lanço, em solos argilosos, pode não ser eficiente. Na cultura da soja, o período de maior exigência do K é no estágio de crescimento vegetativo, cuja velocidade máxima de absorção deste nutriente ocorre aos trinta dias que antecede ao florescimento (TANAKA et al.,1993). Para corroborar com este trabalho Foloni e Rosolem (2008), avaliando produtividade e acúmulo de potássio em soja constataram que os picos de acúmulo do nutriente ocorreram entre os 50 dias e 75 dias após a emergência, independentemente do modo de aplicação e das doses de adubo utilizadas.

Apesar da exigência de potássio pela cultura da soja ser elevada, são poucos os trabalhos em que se observam respostas dessa cultura à adubação potássica. Os fatores que determinam a ausência deste efeito estão relacionados ao tipo de solo, ao nível do nutriente no solo, a exigência nutricional do cultivar e o tempo de duração reduzido dos experimentos, além da aplicação inadequada do fertilizante (YAMADA; BORKERT, 1992 apud OLIVEIRA et al., 2001).

## 2.6 EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA

O efeito residual de adubação de milho safrinha sobre a massa seca de *Brachiaria ruziziensis* cultivada em consorciação e produtividade de soja em sucessão foi avaliada por Kurihara et al. (2011). Os autores concluíram que o efeito residual da adubação do milho safrinha com P e K pode se estender sobre o rendimento de grãos da soja cultivada na sucessão, proporcionando incremento de até 528 e 123 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Experimentos de longa duração são importantes para avaliar se as quantidades de adubos potássicos aplicadas anualmente estão sendo bem aproveitadas para manutenção e, melhoria da fertilidade do solo e se têm influência sobre a produtividade agrícola (WERLE et al., 2008).

Simonete et al. (2002) avaliaram o efeito residual da adubação potássica do azevém sobre o arroz subsequente em plantio direto e observaram que o efeito residual equivale a pelo menos 56 % do potássio aplicado, contido na parte aérea do azevém.

## 2.7 FONTES UTILIZADAS

### 2.7.1 Cloreto de potássio – KCl

As principais fontes de potássio para adubação mineral na agricultura são: cloreto de potássio, sulfato de potássio (48 a 50% ou 60 a 62% de  $K_2O$ ) e nitrato de potássio (16% de N e 46% de  $K_2O$ ), sendo o cloreto de potássio o mais utilizado, com cerca de 90% do volume aplicado para suprir a necessidade de potássio na agricultura brasileira. (SANTIAGO; ROSSETTO, 2010).

Por conter de 58 a 62% de  $K_2O$  solúvel em água, o cloreto de potássio é mais competitivo economicamente que os outros fertilizantes. Entretanto, devido ao alto teor de cloro, não pode ser utilizado em algumas culturas, como o abacaxi e o fumo, por prejudicar seu valor comercial.

Há restrição ao uso desse fertilizante, o fato de não ser aceito na agricultura orgânica devido à elevada solubilidade e presença do cloro (COSTA; CAMPANHOLA, 1997; MALAVOLTA et al., 2002). Apesar da existência de potássio na maioria das rochas e solos, as fontes econômicas desse nutriente estão associadas a depósitos evaporíticos sedimentares na forma de cloretos e sulfatos.

Apenas dois minerais de K (silvita e carnalita) são amplamente utilizados na produção de fertilizantes potássicos. Depósitos desses minerais (além da halita) formam-se por evaporação de águas salinas em bacias restritas. Israel e Jordânia, por exemplo, produzem fertilizantes potássicos por meio da evaporação das águas do Mar Morto, de onde obtêm halita e carnalita (ROBERTS, 2005). O cloreto de potássio (KCl) é a principal fonte de K disponível no mercado nacional. A dependência de importações, além de desfavorecer a balança comercial brasileira, implica em questões estratégicas como a necessidade de negociações com um grupo restrito de países fornecedores para a compra de um insumo essencial à produção agrícola (MARTINS et al., 2008).

Para produzir o KCl, a rocha silicática potássica passa pelo processo de calcinação. Neste processo é gerado um resíduo denominado coproduto que contém em sua composição química 3% a 4% de  $K_2O$ , Ca, Mg e Si e apresenta baixa solubilidade em água (BRAGA, 2015).

Atualmente, os minérios potássicos são beneficiados em três principais circuitos de operação: dissolução em meio aquoso e cristalização; flotação e separação eletrostática. O processo de dissolução/cristalização é um dos mais antigos enquanto que o processo de flotação de sais de potássio foi introduzido nos Estados Unidos em 1918. A separação eletrostática foi inicialmente utilizada em larga escala nas usinas da Alemanha, para separação de minerais de minério complexo (NASCIMENTO et al., 2008).

Os adubos potássicos provêm do beneficiamento de depósitos subterrâneos, na maioria das vezes, a centenas de metros de profundidade, rochas potássicas do tipo evaporito, mistura de silvita, KCl, e halita, NaCl, conhecida como silvinita. A tecnologia corrente envolve um processo de dissolução sob pressão a quente e recristalização por resfriamento e redução de pressão. A Companhia Vale do Rio Doce é a única a produzir adubo potássico no país, 12% do consumo nacional como cloreto de potássio, KCl, desde 1991 (DIAS; FERNADES, 2006).

### **2.7.2 KCl revestido por polímero**

O potássio revestido por polímero utilizado no presente experimento é um fertilizante a base de potássio que possui em sua estrutura Ca, Mg, S e o complexo de duas moléculas (ACP complex e AZAL5), a primeira tem a função de diminuir a salinidade, lixiviação e promover um maior efeito residual no solo, enquanto que a molécula AZAL 5 promove o aumento das radicelas aumentando o poder de absorção das plantas. Além disso, essa fonte é encapsulada com uma resina que protege a fonte quanto a rápida entrada de água fazendo com que quanto maior a precipitação mais esta membrana se fecha. (TIMAC AGRO, 2016). É importante salientar que este fertilizante foi introduzido no Brasil comercialmente em 2014, por isso a dificuldade de encontrar trabalhos referente a fonte.

As respostas dos adubos peletizados dependem da ação microbiana (VIEIRA; TEIXEIRA, 2004). Os adubos quimicamente alterados irão converter parte dos nutrientes em formas insolúveis a serem disponibilizadas às plantas gradativamente, enquanto que os recobertos ou encapsulados consistem em compostos solúveis envoltos por uma membrana permeável à água que irá regular o processo de fornecimento dos nutrientes, e a liberação dependerá da temperatura e da umidade do solo. Além disto, a espessura e a natureza química da membrana de recobrimento, a quantidade de microfissuras em sua superfície e o tamanho do grânulo do fertilizante, determinam a taxa de liberação de nutrientes ao longo do tempo (GIRARDI; MOURÃO FILHO, 2003).

## 2.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDI, A.C.C.; OLIVEIRA, J.P.; LEANDRO, W.M.; MESQUITA, T.G.S.; FREITAS, P.L.; CARVALHO, M.C.S. Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 158-167, abr./jun. 2009.

BRAGA, J.A. **Fonte alternativa de K obtida da produção de KCl a partir da rocha silicática potássica (verdete) na cultura de milho**. 2015. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Rio Claro, 2015.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário mineral**. Brasília: DNPM/DIPLAM, 2012. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2011>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

COELHO, A.M. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (circular técnico 78)

COSTA, M. B. B.; CAMPANHOLA, C. **A agricultura alternativa no Estado de São Paulo**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1997. 63p. (Documentos, 7).

COSTA, V. G. A.; SOUZA, E. D.; IBANOR, A.; FLORES, J. P. C.; ANDRIGUETTI, M. H. Distribuição de potássio e de raízes no solo e crescimento de milho em sistemas de manejo do solo e da adubação em longo prazo. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p. 1291-1301, set./out. 2009.

DIAS, V.P.; FERNADES, E. Fertilizante uma visão global sintética. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 24, p. 97-138, set. 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353p.

FAQUIM, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEP, 2005. 183p

FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.32, n. 4, p. 1549-1561, jul./ago. 2008.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J.C.; OLIVEIRA, V.M.R.; OLIVEIRA, I.A.; MORETI, T.C. Avaliação de atributos químicos e físicos de solos com diferentes texturas sob vegetação nativa. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, 2014. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/AVALIACAO>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

FONSECA, J.A. **Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plantas de milho**. 1995.94f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Universidade Federal de Santa Maria, Porto Alegre, 1995.

GELAVIR, A.D. **Espaçamento, adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura do milho**. 2006. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2006.

GIRARDI, E. A.; MOURÃO FILHO, F. A. A. Emprego de fertilizantes de liberação lenta na formação de pomares de citros. **Revista Laranja**, v.24, p.507-518, 2003.

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INTITUTE (IPNI). Fertilizantes. Disponível em: <<http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132>>. Acesso em: 12 jan.2017.

KURIHARA, C.; CECCON, G.; PELLIN, D.M.P.; FREITAS, L.A.; TROPALDI, L.; TSUJIGUSHI, B.P. Efeito residual de adubação de milho safrinha sobre a massa seca de *Brachiariaruziziensis* cultivada em consorciação e produtividade de soja em sucessão. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 11.,2011, Lucas do Rio Verde. **De safrinha a grande safra: anais**. Lucas do Rio Verde: Fundação Rio Verde; ABMS, 2011. p. 3355-3360.

LANA, R.M.Q.; HAMAWAKI, O.T.; LIMA, L.M.L.; JÚNIO, L.A.Z.L. Resposta da soja a dose e modos de aplicação de potássio em solo de cerrado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v.18, n.2, p. 17-23, dez 2002.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G, C.; OLIVEIRA, S.A. **avaliação do estado nutricional das plantas princípio e aplicação** 2. Ed. Associação brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato PIRACICABA-SP 1997.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES,F.; ALCARDE, J.C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200p.

MARTINS, E.S.; OLIVEIRA, C.G.; RESENDE, A.V.; MATOS, M. S. F. Agrominerais – rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio para a agricultura. In: LUZ, A.B.; LINS, F.A.F. **Rochas e minerais industriais**. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008.

MDIC sinaliza novo recorde de importação de cloreto de potássio. 16 jun. 2014. Disponível em: <<http://ruralcentro.uol.com.br/analises/mdic-sinaliza-novo-recorde-de-importacao-de-cloreto-de-potassio-4649#y=2280>>. Acesso em: 15 set. 2015.

NASCIMENTO, M.; MONTE, M.B.M.; LOUREIRO, F.E.L. Agrominerais: Potássio. In: LUIZ, A.B.L.; LINS, F. (Ed.) **Rochas e minerais industriais**. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2008.

NOBRE, L.L.S.; LEITE, J.Y.P.; DUTRA, M.F.B.; MEDEIROS, A.J.R.P.; PEREIRA, E.C. Análise do comportamento de rejeito de cerâmica vermelha como fonte de potássio no cultivo de bananeira. **Revista Holos Environment**, Rio Claro, SP, v. 5. n. 34, p.34-51, out./nov. 2012.

OLIVEIRA, F.A.; CARMELLO, Q.A.C.; MASCARENHAS, H. A.A. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa de vegetação. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 329-335, abr./jun. 2001.

OLIVEIRA, M.V.A.M; VILLAS BOAS, R.L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n. 1, p. 95-103, jan./mar. 2008.

OLIVEIRA, JUNIOR, A; CASTRO, C.OLIVEIRA, F.A; JODÃO, L.T. Adubação potássica da soja; Cuidados no balanço de nutrientes. **Informações agrônômicas**, Piracicaba, n.143, p.1-10, set 2013.

PETTER, F.A; ALVES, A.U; JODEAN, A.S; CARDOSO, E.A. Produtividade e qualidade de sementes de soja em função de doses e épocas de aplicação de potássio. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v. 35, n. 1, p. 89-100, jan./fev. 2014.

ROBERTS, T.L. World reserves and production of potash. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 2005. p. 1-20.

RODRIGUES, M.A.; BUZETTI, S.; FILHO M.C.M.; GARCIA, C.M. P.; ANDREATTI, M. Adubação com KCl revestido na cultura do milho no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n. 2, p. 127-133, fev. 2014.

SANTIAGO, A.D.; ROSSETTO, R. **Adubação Mineral**. 2010. Disponível em <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_38\\_711200516717.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_38_711200516717.html)>. Acesso em: 10 jun. 2016.

SERAFIM, E.M.; ONO, F.B.; ZEVIANI, W.M.; NOVELINO, J.O.; SILVA, V.J, Umidade do solo e doses de potássio na cultura da soja. **Revista Ciências Agrônômicas**, Fortaleza, CE, v. 43. n. 2, p. 222-227, abr./jun. 2012.

SILVA, A.F. da; LAZARINI, E. Doses e épocas de aplicação de potássio na cultura da soja em sucessão a plantas de cobertura. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 179-192, jan./fev. 2014

SIMONETE, M.A.; VAHL, L.C.; FABRES, R.T.; COUTO, J.R.R; LUNARDI, R. Efeito residual da adubação potássica do azevém sobre o arroz subsequente em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p.721-727, jul./set. 2002.

SOUZA, F.S. Desenvolvimento radicular do algodoeiro em resposta à localização do fertilizante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.31, n. 2, p.387-392, mar./abr. 2007.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BORKERT, C.M. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M. (Eds.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 105-135.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TAVARES, L.C.; TUNES, L., M BRUNES, A.P.; FONSECA, D.A.R.F.; RUFINO, C.A.; BARROS, A.C.S.A. Potássio via recobrimento de sementes de soja: efeitos na qualidade fisiológica e no rendimento. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 43, n. 7, p.1196-1202, jul. 2013.

TIMAC AGRO. **Tecnologias. Fertilizantes sólidos**. Porto Alegre, RS, 2016. Disponível em: <<http://www.br.timacagro.com/timac/Portugues/produto/index.php?acao=listar&cat=1>>. Acesso em: 12 fev. 2016.

VELOSO, C.A.; SOUZA, F.R.S.; PEREIRA W. L. M.; TENÓRIO. Relação cálcio, magnésio e potássio sobre a produção de matéria seca de milho. **Revista Acta Amazonica**, v. 31, p.193-204, 2001.

VIEIRA, B. A. R. M.; TEIXEIRA, M. M. Adubação de liberação controlada chega como solução. **Revista Campo & Negócios**, Uberlândia, MG, v.41, p.4-8, 2004.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.2297- 2305, 2008.

YAMADA, T. O nitrogênio e o potássio na adubação da cultura do milho. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, SP, n.78, p.1-4, 1997.

ZAMBIAZZI, E.V. **Aplicação da adubação potássica na cultura da soja**. 2014. 117f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

## CAPITULO 1- PRODUTIVIDADE E ABSORÇÃO DE NUTRIENTES PELA CULTURA DA SOJA EM RESPOSTA AO MANEJO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA

### RESUMO

A adubação com potássio na cultura da soja tem sido realizada no sulco de semeadura, mas em razão do efeito salino e da alta solubilidade dos sais potássicos, a aplicação de potássio à lanço está sendo uma prática cada vez mais adotada. Deste modo, o objetivo desse trabalho foi estudar a resposta da adubação com potássio na cultura da soja em diferentes épocas de aplicação e diferentes fontes de potássio em um Latossolo Vermelho eutrófico. O experimento foi instalado no município de Formosa do Oeste-PR. O delineamento foi em blocos ao acaso em esquema fatorial  $(2 \times 5) + 1$  sendo 2 fontes de potássio, KCl e KCl revestido por polímero (KCl-polímero) e o parcelamento da dose de  $K_2O$  em cinco épocas de aplicação. No primeiro tratamento a aplicação de  $K_2O$  foi nove dias antes da semeadura, no segundo tratamento a aplicação foi parcelada sendo  $\frac{1}{2}$  da dose nove dias antes da semeadura +  $\frac{1}{2}$  da dose de  $K_2O$  na semeadura, no terceiro tratamento foi realizada a aplicação da dose total de  $K_2O$  na semeadura, no quarto tratamento  $\frac{1}{2}$  da dose na semeadura +  $\frac{1}{2}$  no estágio fenológico V3 da cultura e no quinto tratamento a aplicação de  $K_2O$  foi total no estágio V3 da cultura. E uma testemunha adicional, sem aplicação de  $K_2O$ . No momento da semeadura todos os tratamentos receberam adubação fosfatada na forma de superfosfato simples para fornecer  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ . Os fertilizantes KCl e KCl-polímero apresentaram respostas diferentes quanto a época de aplicação. O KCl-polímero foi mais eficiente para aplicação à lanço antes da semeadura da cultura. A adubação com KCl foi melhor quando aplicada no estágio V3 da cultura. Quanto ao aproveitamento dos fertilizantes aplicados, o maior teor de K na folha e a maior eficiência do uso do fertilizante indicam superioridade da fonte KCl-polímero.

Palavras-chave: Parcelamento da adubação. Cloreto de potássio. K-UP®.

### ABSTRACT

Usually, the fertilization with potassium in the soybean crop has been carried out in the sowing groove; however, due to the saline effect and the high solubility of the potassium salts, the application of potassium by free sowing has been an increasingly adopted practice. Thus, the aim of this work was to study the fertilization response with potassium in the soybean crop at different times of application and different potassium sources in an Eutrophic Red Latosol. The experiment was carried out in the municipality of Formosa do Oeste - PR. The design was a randomized complete block in a factorial scheme  $(2 \times 5) + 1$ , being 2 sources of potassium, KCl and KCl-polymer and the  $K_2O$  dose split in five application periods. The first treatment refers to the control without  $K_2O$  application; in the second treatment, the application of  $K_2O$  was five days after the desiccation of the invasive plants; in the third treatment, the application was parceled out being  $\frac{1}{2}$  of the dose five days after desiccation +  $\frac{1}{2}$  of the dose of  $K_2O$  in the seeding; in the fourth treatment it was carried out the application of the total dose of  $K_2O$  at sowing; in the fifth treatment  $\frac{1}{2}$  of the dose at sowing +  $\frac{1}{2}$  at the phenological stage V3 of the soybean crop and in the sixth treatment the application of  $K_2O$  was total at the V3 stage of the culture. At the time of sowing all treatments received phosphatic fertilization in the form of

simple superphosphate to provide 60 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. KCl-polymer was more efficient for application by free sowing before sowing the crop. The application of KCl was better when applied at stage V3 of the culture. The higher K content in the leaf and greater fertilizer use efficiency indicate superiority of the K-UP<sup>®</sup> source.

key words: Fertilization parceling. Potassium chloride. KCl-polymer.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é da classe das Magnoliopsidas anuais, pertence a família Fabaceae é uma planta anual herbácea ereta autógoma. A espécie foi domesticada pelos chineses há cerca de cinco mil anos. Possui como centro de origem as proximidades dos lagos e rios da China central. No Brasil, o grão chegou com os imigrantes japoneses em 1908, mas foi introduzida oficialmente no Rio Grande do Sul em 1914 (FUNDAÇÃO MERIDIONAL, 2007).

Segundo o IBGE (2016) entre a produção de 2015 e 2016 houve um aumento na produtividade de 4,8% na cultura da soja. A expansão da cultura no Brasil se deve ao significativo aumento no preço internacional dos produtos primários na década de 70, condições favoráveis do mercado externo à comercialização da soja brasileira, adaptação das cultivares oriundas do sul dos EUA na região sul do Brasil e apoio da pesquisa e assistência técnica (GURGEL, 2007).

Os nutrientes com maior extração e reposição anual na cultura da soja são K e P. A demanda de potássio pela cultura é de aproximadamente 38 kg de K<sub>2</sub>O para cada tonelada de grãos (OLIVEIRA JUNIOR; CASTRO, 2013).

As principais fontes de potássio para adubação mineral na agricultura são: cloreto de potássio, sulfato de potássio e nitrato de potássio, sendo o cloreto de potássio o mais utilizado, com cerca de 90% do volume aplicado para suprir a necessidade de potássio na agricultura (SANTIAGO; ROSSETTO, 2010). Porém, existem atualmente no mercado os adubos peletizados, que podem ser recobertos ou encapsulados por compostos solúveis envoltos por uma resina permeável à água que irá regular o processo de fornecimento dos nutrientes (VIEIRA; TEIXEIRA, 2004)

A época e modo mais adequados de aplicação de potássio são determinados em função da exigência das plantas e da dinâmica do elemento no solo. Os fertilizantes em sua grande maioria são sais, portanto, sua aplicação pode prejudicar a germinação das sementes e o

desenvolvimento inicial das plântulas, caso sejam colocados no solo próximo a elas (TAVARES et al., 2013).

Geralmente, a adubação com potássio na cultura da soja tem sido realizada no sulco de semeadura (BERNARDI et al., 2009) e em razão do efeito salino e da alta solubilidade dos sais potássicos, esta prática tem acarretado muitas vezes redução do poder germinativo das sementes. Em virtude disso, existem vários trabalhos que demonstram a eficiência da adubação potássica à lanço. Lana et al. (2002) estudaram a aplicação de 50 kg de  $K_2O$  aos 45 e 55 dias após a emergência para as cultivares garimpo e cristalina o que resultou em aumento significativo sobre o número de vagens por planta, menor número de lóculo vazio e maior número de sementes por plantas.

Atualmente a aplicação de potássio à lanço está sendo uma prática cada vez mais pesquisada e adotada por produtores de regiões de solo argiloso com o objetivo de diminuir a necessidade de mão de obra e o efeito da salinização deste nutriente na linha de semeadura. Deste modo, é imprescindível avaliar se os melhores resultados de absorção de K pelas plantas e fornecimento deste nutriente ao solo, é a lanço antes ou após a semeadura.

O objetivo desse trabalho foi estudar a resposta da adubação com potássio na cultura da soja em diferentes épocas de aplicação e diferentes fontes de potássio em um Latossolo Vermelho eutroférico.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Localização do Experimento

O experimento foi instalado em uma propriedade do município de Formosa do Oeste, com as seguintes coordenadas geográficas: Longitude: 53° 18' 45" W e latitude: 24°17'34" S a 420 m de altitude.

### 3.2.2 Histórico da Área

A área vem sendo utilizada em sistema de plantio direto há 15 anos em sucessão de culturas, soja no verão e trigo/milho no inverno, em solo classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (EMBRAPA, 2013). As características granulométricas do solo são: 660 g  $kg^{-1}$  de argila, 130 g  $kg^{-1}$  de areia e 210 g  $kg^{-1}$  de silte.

Tabela 1 - Atributos químicos das amostras coletadas antes da instalação do experimento.

Profundidade	P	MO	H+Al	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	V
	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							%
0-10 cm	16,45	23,24	3,21	0,10	0,33	4,58	1,18	6,1	9,40	65
10-20 cm	14,12	18,12	2,80	0,30	0,30	2,30	1,30	3,90	6,70	58

### 3.2.3 Dados Meteorológicos

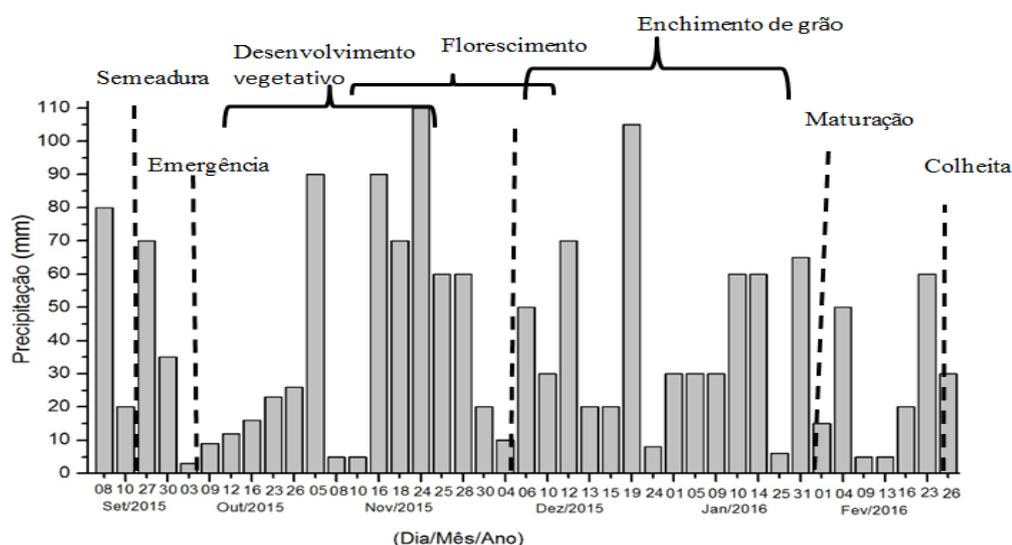


Figura 1 - Precipitação diária para local do experimento durante a safra de soja 2015/2016.

### 3.2.4 Delineamento Experimental e Tratamentos

O delineamento foi em blocos ao acaso em esquema fatorial (2x5)+1 sendo 2 fontes de potássio, KCl (60% K<sub>2</sub>O) e KCl-polímero (40% K<sub>2</sub>O, 3%Ca e 3%S) que possui em sua composição duas moléculas incorporadas ACP COMPLEX com a função de promover um potássio de baixa salinidade, lixiviação e maior residual no solo e o AZAL 5 para promover a proteção da radícula e 5 formas de parcelamento da adubação potássica.

No primeiro tratamento a 1ª aplicação de K<sub>2</sub>O foi nove dias antes da semeadura, no segundo tratamento a aplicação foi parcelada sendo ½ da dose nove dias antes da semeadura + ½ da dose de K<sub>2</sub>O na semeadura, no terceiro tratamento foi realizado a aplicação da dose total de K<sub>2</sub>O na semeadura, no quarto tratamento ½ da dose na semeadura + ½ no estágio fenológico V3 da cultura e no quinto tratamento a aplicação de K<sub>2</sub>O foi total no estágio V3 da cultura. E uma testemunha adicional sem aplicação de K<sub>2</sub>O.

A semeadura foi realizada 26/09/2015, semeando-se 13 sementes por metro da cultivar DM7166 IPRO de ciclo precoce com semeadora Planti Center com nove linhas com profundidade de 5 cm para semente. As parcelas tinham dimensões de 4 m de largura e 7 m de comprimento para otimizar a utilização dos equipamentos disponíveis. Para os tratamentos em que a adubação foi realizada no sulco de plantio abriu-se uma linha manualmente ao lado da linha de semeadura para a adição do adubo na profundidade de 5 cm abaixo da semente. No total o experimento foi constituído de 44 parcelas, sendo, todos os tratamentos adubados com 60 kg de  $P_2O_5$  na base com superfosfato simples (18% de  $P_2O_5$  e 18% a 20% de Ca) de acordo com o resultado da análise do solo e para o K aplicou-se 40 kg de  $K_2O$  (NEPAR, 2017) com ambas as fontes para suprir a necessidade da cultura, sendo, a dose de potássio e fósforo igual para todos os tratamentos envolvendo o fatorial, porém, nos tratamentos em que a aplicação de potássio era parcelada a dose de 40 kg de  $K_2O$  foi parcelada, sendo 20kg de  $K_2O$  na primeira aplicação mais 20kg de  $K_2O$  na segunda aplicação. Para a aplicação de  $K_2O$  no momento da semeadura abriu-se um sulco ao lado da semente a 5 cm de profundidade.

### 3.2.5 Tratos Culturais

Durante o desenvolvimento da cultura os tratos culturais (controle de plantas daninhas pragas e doenças) foram realizados de acordo com as recomendações oficiais e nível de dano econômico com o controle químico.

Para a cultura da soja foi aplicado os seguintes inseticidas: teflubenzurom (Nomolt<sup>®</sup>, 0,1 L ha<sup>-1</sup>), duas aplicações V4, R1 e no R3 Imidacloprido (Engeo Pleno<sup>®</sup>, 0,25 L ha<sup>-1</sup>), beta ciflutrina + imidacloprid (Connect<sup>®</sup>, 0,7 L ha<sup>-1</sup>) no estágio R1, lambdacialotrina + tiametoxan (Engeo Pleno<sup>®</sup>, 0,25 L ha<sup>-1</sup>) no estágio R3 e R5; os seguintes herbicidas: glifosato (Roundup Ready<sup>®</sup>, 2 L ha<sup>-1</sup>) V4 e V6; e os seguintes fungicidas: piraclostrobina + epoxiconazole (Opera<sup>®</sup>, 0,5 L ha<sup>-1</sup>) no estágio R1 e azoxistrobina (Priorixtra<sup>®</sup>, 0,3 L ha<sup>-1</sup>) no estágio R3 e R5.

### 3.2.6 Avaliação do Experimento

As variáveis avaliadas foram altura de planta, altura da inserção da primeira vagem teor de K, Ca e Mg no tecido foliar e no grão, número de vagens por plantas, massa de 1000 grãos, a produtividade de grãos, teor de K, Ca e Mg disponível no solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm.

### 3.2.6.1 Altura de Planta

A altura de planta foi avaliada por meio de uma régua graduada que foi disposta ao lado da planta, sendo obtido o valor (cm) do solo até o ápice da planta avaliando-se dez plantas aleatórias na parcela no momento da colheita.

### 3.2.6.2 Altura da Inserção da Primeira Vagem

A altura média da inserção da primeira vagem foi medida a partir da superfície do solo até a extremidade superior da primeira vagem característica determinada a partir de 10 plantas amostradas aleatoriamente de cada parcela no momento da colheita.

### 3.2.6.3 Número de Vagens

Para determinar o número de vagens de 0, 1, 2, 3 e 4 grãos por planta, foram coletados 10 plantas por parcela, as quais tiveram as vagens destacadas, separadas pelo número de grãos e contadas. De posse do número de vagens de 0, 1, 2, 3 e 4 grãos por planta, determinou-se o número total de vagem por planta somando-se todas as vagens independentemente do número de grãos.

### 3.2.6.4 Massa de 1000 Grãos

Para obter o peso médio de 1000 grãos foram separadas por um tabuleiro contador oito repetições de 100 grãos e pesados em balança de precisão em cada parcela. A produtividade média de grãos foi avaliada na maturidade final, após a colheita e beneficiamento através de debulha manual das vagens e pesagem dos grãos colhidos na área útil de cada parcela com umidade padronizada para 13%.

### 3.2.6.5 Produtividade de Grãos

Para a estimativa da produção de grãos, em cada parcela, foram colhidas cinco linhas centrais com quatro metros de comprimento descartando 0,5 m de cada lado das linha e duas

linhas de cada lado. Em seguida, a massa de grãos foi avaliada em balança de precisão e os valores obtidos da parcela útil extrapolados para  $\text{kg ha}^{-1}$ .

#### 3.2.6.6 Determinação dos Teores de Potássio, Cálcio e Magnésio no Tecido Foliar e no Grão

Para a realização da análise foliar, visando determinar o teor de potássio, cálcio e magnésio, coletou-se no fim do florescimento 25 folhas do terceiro trifólio desenvolvido sem pecíolo por parcela. As folhas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas ao laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas da UNIOESTE, onde foram lavadas com água deionizada, e em seguida foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar de  $65^{\circ}\text{C}$  por 48 horas. Posteriormente as amostras foram moídas adotando-se granulometria fina, para análise química dos teores de Ca, Mg, e K conforme método descrito por Malavolta; Vitti e Oliveira (1997). No extrato, obtido por digestão nitro perclórica, os teores de cálcio e magnésio foram determinados por espectrometria de absorção atômica e os teores de potássio por fotometria de chama.

#### 3.2.6.7 Determinação dos teores de Potássio Cálcio e Magnésio Disponível no Solo

Após a colheita foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0 - 10 cm e 10 - 20 cm. Para compor uma amostra composta, foram coletadas seis amostras simples em cada parcela e a cada profundidade. Das seis amostras simples, três foram coletadas nas linhas e três nas entrelinhas, obtendo-se uma amostra composta. As amostras foram colocadas em estufa para secagem à aproximadamente  $60^{\circ}\text{C}$  por um período de 36 horas.

O teor de potássio disponível no solo foi determinado após a extração com a solução Mehlich-1 ( $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ ) este método é utilizado pelos laboratórios de análise de rotina do estado do Paraná. O procedimento analítico está detalhado em Tedesco et al. (1995). O teor de cálcio e magnésio foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica (SILVA, 1999).

#### 3.2.6.8 Índices de Eficiência

Foram calculadas as eficiências de uso dos nutrientes cálcio magnésio e potássio, de acordo com índices propostos por Moll et al. (1982) e Siddiqi e Glass (1981).

a) Eficiência de uso do nutriente no grão (EUNg) = produção de grãos (Y) em relação a quantidade de nutriente nos grãos (QNg).  $EUNg = Y/QNg = (kg\ kg^{-1})$

b) Eficiência de uso do fertilizante (EUF) = Produção de grãos (Y) em relação à quantidade do nutriente aplicado (QNa).  $EUF = Y/QNa = (kg\ kg^{-1})$

c) Eficiência de recuperação de nutriente (ERN) = Nutriente absorvido no grão (QNg) em relação a quantidade de nutriente aplicado (QNa) =  $(QNg)/(QNa) = (kg\ kg^{-1}) \times 100 = (\%)$

### 3.2.6.9 Análise Econômica

Os aspectos econômicos do uso de fertilizantes envolvem a análise de receita líquida para cada tratamento aplicado, descontando-se das receitas brutas, o custo de produção (custo da aplicação de cada fonte de  $K_2O$  e os custos variáveis de cada cultura) para cada tratamento.

Com multiplicação da produtividade ( $kg\ ha^{-1}$ ) da cultura de soja, considerando o preço de R\$ 60,00 por saca de 60 kg, na data de 28/02/2016 (obtidos na COPACOL, Cafelândia-PR), determinou-se a receita bruta de cada tratamento.

Para determinação dos cálculos do custo dos tratamentos, foi determinada a hora de trabalho de um trator modelo John Deere de 106 cv, com vida útil de 10 anos. O valor deste trator novo, foi estimado em R\$ 152.995,00, com valor residual de 25%. Desta forma, o valor calculado da depreciação anual foi de R\$ 11.474,63.

Para determinação dos custos das parcelas, foi determinado o custo com fertilizante super simples (00-19-00) de R\$ 980,00 a tonelada, com dose aplicada de  $222,22\ kg\ ha^{-1}$ , sendo R\$ 217,77 por hectare.

Para os tratamentos que receberam a complementação de potássio na cultura da soja, foi adotado valor de R\$ 2.700,00 por tonelada do fertilizante KCl-polímero (40%  $K_2O$  3%Ca 3%S), sendo o custo total estimado em R\$ 274,78, sendo os custos correspondentes a dose aplicada de  $100\ kg\ ha^{-1}$ .

Para os tratamentos com KCl 00-00-60, foi adotado o valor de R\$ 1.400,00 por tonelada, sendo o custo total estimado em R\$ 98,10, sendo o custo correspondente a  $66,66\ kg\ ha^{-1}$ .

Além disso, os tratamentos que receberam aplicação de KCl-polímero e KCl a lanço teve o acréscimo de R\$ 10,00 por hectare referente ao custo da operação.

Tabela 2 - Componentes utilizado no calculo de custo variável na cultura da soja

Componentes	R\$ ha <sup>-1</sup>	Fonte
Operação de maquinas e implementos	300,30	PARANÁ. SEAB(2016)
Despesa de manutenção de benfeitoria	40,43	PARANÁ. SEAB(2016)
Mão de obra temporária	50,33	PARANÁ. SEAB(2016)
Sementes	300,0	PARANÁ. SEAB(2016)
Fertilizantes	222,55	PARANÁ. SEAB(2016)
Agrotóxicos	286,32	PARANÁ. SEAB(2016)
Tranporte externo	80,00	PARANÁ. SEAB(2016)
Assistência técnica	43,44	PARANÁ. SEAB(2016)
PROAGRO/SEGURO	44,49	PARANÁ. SEAB(2016)
Juros	78,00	PARANÁ. SEAB(2016)
Total dos custos variaveis para a soja	1.445,86	PARANÁ. SEAB(2016)

### 3.2.6.9 Análise Estatística

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e teste de médias, sendo utilizado o teste de Tukey para comparação de médias do fatorial a 1 % e teste de Dunnet para comparação do fatorial com a testemunha a 5 %. As análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico GENES (CRUZ, 2013).

## 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variável produtividade foi influenciada significativamente ( $p < 0,05$ ) pelas diferentes fontes e formas de aplicação de KCl-polímero e KCl como observado na tabela 3.

Houve acréscimo de produtividade da soja, em resposta à adubação potássica, quando comparado a testemunha. Para corroborar com esse trabalho Serafin et al. (2012) avaliou efeito de umidade do solo e doses de potássio na cultura da soja e encontraram aumento no rendimento de grãos, massa de 100 grãos, teor de K no grão e número de vagens viáveis e concluíram que o K reduziu os efeitos do déficit hídrico na soja. Bharati et al. (1985) em resposta da soja à adubação de nitrogênio, fósforo e potássio verificaram que a aplicação de K, mesmo em solos com teor de potássio considerado médio e alto proporcionou resultado positivo na produtividade. Porém, Bernardi et al. (2009), também em um solo com teor médio de potássio, não obtiveram resposta a adubação potássica na cultura da soja. De acordo com Pettigrew (2008), na cultura da soja as respostas com a adubação potássica, podem ser obtidas sob uma série de manejo, desde que o solo cultivado possua baixa disponibilidade de nutriente.

A maior produtividade alcançada foi com a fonte KCl-polímero quando aplicada  $\frac{1}{2}$  da dose sete dias antes da semeadura+  $\frac{1}{2}$  na semeadura. Esse resultado pode ser explicado pelo fato do KCl-polímero ser uma fonte desenvolvida para aplicação antecipada, um produto com base em potássio, baseado na complexação de duas moléculas (ACP complex e AZAL5) que permitem reduzir o processo de salinização e estimula o desenvolvimento de radículas, além disso, o grânulo é protegido por uma resina que impede a liberação dos nutrientes de forma rápida diminuindo a perda de K por lixiviação e dos demais nutrientes presentes na fonte (TIMAC AGRO, 2016).

Porém, ainda são poucos os trabalhos disponíveis na literatura referente ao estudo de fontes potássicas revestidas por diferentes polímeros, não se sabe ao certo a dinâmica no solo de cada produto utilizado, a velocidade de degradação do revestimento ou efeito deste sobre a cultura estudada, por este motivo encontra-se trabalhos contraditórios ao resultado observado no presente experimento, como o observado por Rodrigues et al. (2014) estudando adubação com KCl revestido na cultura do milho no cerrado o tipo de polímero utilizado no KCl não foi eficiente na liberação gradativa de K devido, provavelmente, às condições edafoclimáticas da região, elevadas temperaturas e solos muito argilosos, que retêm umidade podendo ter favorecido a rápida degradação do polímero de revestimento. Portanto, ainda há necessidade de novas pesquisas para o desenvolvimento de novos polímeros para o revestimento do KCl.

Em relação ao KCl a maior produtividade observada foi quando aplicado 100% no estágio V3 da cultura. Para Silva e Lazarini (2014) ao estudar doses e épocas de aplicação de potássio na cultura da soja em sucessão a plantas de cobertura, observaram em um solo argiloso com alto teor de potássio que a melhor forma e época para a adubação potássica de manutenção é quando aplicada totalmente antecipada na cultura de cobertura, na semeadura ou em cobertura na cultura de soja.

Tabela 3 - Altura de plantas, altura da inserção da primeira vagem, massa de 1000 grão e produtividade da soja em função do modo de aplicação da adubação potássica com a fonte KCl-polímero e KCl, Formosa do Oeste-PR safra 2015/2016

Tratamento	Altura de plantas		Altura de vagem	
	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl

-----cm-----				
100% (9 DAS)	91,30Aab*	89,07Aa*	15,70Aa	15,90Aa
½ 9 DAS + ½ SEM	84,65Abc	88,40Aa	15,95Aa	16,75Aa
100% SEM	84,80Abc	85,64Aa	15,60Aa	15,90Aa
½ SEM + ½ V3	82,00Ac	82,52Aa	15,40Aa	16,45Aa
100% V3	96,45Aa*	87,17Ba	16,90Aa	15,55Aa
Testemunha	80,50		15,15	
Média	87,84	86,56	15,91	16,11
Tratamento	Massa de 1000 Grãos		Produtividade	
	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl
-----kg ha <sup>-1</sup> -----				
100% (9 DAS)	95,86 Ab*	93,01 Bb	4190,00 Aab*	3591,80 Bb
½ 9 DAS + ½ SEM	99,98 Aa*	95,2 Bab*	4472,77 Aa*	3953,33 Bab*
100% SEM	94,12 Ab	95,2 Aab*	4076,38 Ab*	3978,33 Aab*
½ SEM + ½ V3	94,12 Ab	96,3 Aab*	4149,44 Aab*	4051,52 Aa*
100% V3	94,14 Bb	98,69 Aa*	3839,58 Bb	4247,63 Aa*
Testemunha	88,85		3687,77	
Média	95,64	95,68	4145,63	3964,52

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. \* Médias que diferem da testemunha pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

DAS: Dia antes da semeadura; SEM: Semeadura; V3: Estádio fenológico da cultura da soja.

Para a fonte KCl a maior produtividade em relação ao KCl-polímero foi obtida quando se realizou a adubação no estágio V3 da cultura. Para melhor compreensão desse resultado é importante considerar que o KCl é uma fonte muito solúvel no solo, já que é constituído por minerais de silvita (KCl) e silvinita (KCl + NaCl), que são de fácil solubilização (Nascimento et al. 2008). E entre as formas de aplicação, a fonte KCl foi estatisticamente igual a testemunha apenas no manejo 100 % nove dias antes da semeadura. Estes dados estão de acordo com Lana et al. (2002) que ao estudar o parcelamento de doses de K<sub>2</sub>O, principalmente quando aplicadas na fase de florescimento, apresentam respostas significativas, em relação a dose total no plantio. Resultado semelhante foram observados por Luchese et al. (2011) em resposta da cultura da soja a doses de cloreto de potássio, revestido ou não com polímeros observou que a dose de 173,95 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aplicada em cobertura proporcionou a produção máxima de grãos.

Para o KCl-polímero a menor produtividade foi observada quando 100% da dose de K<sub>2</sub>O foi aplicada no estágio V3 da cultura com 3839,58 kg ha<sup>-1</sup> o que não se diferiu a (<0,05) da testemunha. Fato que pode ser explicado pelo mecanismo de proteção contido no grânulo do KCl-polímero do qual tende a dificultar a entrada de água no grânulo para que não ocorra a liberação de nutriente de forma rápida quando a precipitação é alta em um curto período de tempo, condição esta que ocorreu no presente trabalho (gráfico 1). Quando as fontes KCl e KCl-

polímero foram aplicadas 100 % da dose na semeadura, e  $\frac{1}{2}$  da dose na semeadura +  $\frac{1}{2}$  no estágio V3 da cultura não houve diferença significativa entre as fontes.

A altura de planta é uma característica particular de cada cultivar, sendo a média encontrada no presente trabalho com a cultivar DM 7166 IPRO de 86,51 cm com o KCl-polímero e 85,55 com o KCl (Tabela 3). Conforme explicou Sedyama (2009), o desejável para uma colheita mais eficiente é que a cultura tenha em torno de 70 a 80 cm. Para ressaltar a importância da variável no rendimento de produção da soja Bertolin (2010) afirma que valores próximos a 85 cm favorecem a colheita mecânica das plantas.

Os menores valores para altura foram encontradas com as fontes KCl e KCl-polímero aplicado  $\frac{1}{2}$  na semeadura e  $\frac{1}{2}$  no estágio V3 da cultura com média de 82,00 e 82,52 cm. Para o KCl-polímero houve maior altura de planta quando aplicado 100% da dose no estágio V3 da cultura quando se observou maior produtividade. Para o KCl o manejo que proporcionou maior altura de planta foi quando aplicado a dose total nove dias antes da semeadura 89,07 cm, não diferindo estatisticamente dos demais manejo, apenas da testemunha. Resultado este próximo a valores encontrado por Bertolin et al. (2010) com a cultivar Conquista e obtiveram maiores alturas de plantas chegando a obter 86,78 cm de altura em Selvíria-MS, na safra 2006/2007.

Para a altura de inserção da primeira vagem não houve diferença estatística (Tabela 3). A altura de inserção da primeira vagem de soja é uma característica agrônômica importante à operação de colheita mecânica dos grãos. De acordo com Finoto et al. (2011), a altura da primeira inserção de vagem é o fator mais importante na realização da colheita mecanizado de soja. Por conseguinte, para que a cultura seja viável economicamente, recomenda-se que a cultivar utilizada tenha altura de inserção da primeira vagem entre 10 cm e 20 cm de altura. Sendo assim, com relação à média dos valores absolutos da altura de inserção da primeira vagem do presente experimento, independente dos tratamentos aplicados constata-se que não houve limitação à colheita mecânica da soja.

Houve diferença estatística para a massa de 1000 grãos sendo a fonte KCl-polímero superior ao tratamento com KCl quando aplicado 100% nove dias antes da semeadura e  $\frac{1}{2}$  nove dias antes da semeadura +  $\frac{1}{2}$  na semeadura (Tabela 3). Porém, quando a aplicação foi realizada no estágio V3 da cultura, o tratamento com KCl obteve maior média. Neste trabalho a maior massa de 1000 grãos foi observada nos tratamento em que se verificou maior produtividade.

Analisando economicamente a maior produtividade obtida de cada fonte em relação ao custo de produção por hectare, para a fonte KCl-polímero foi quando produziu 4472,77 kg/ha e obteve um custo de produção de aproximadamente R\$ 1948,41 ha<sup>-1</sup> o que permitiu uma receita líquida de R\$2524,36 ha<sup>-1</sup>, comparando com a maior produtividade do KCl 4247,63 kg ha<sup>-1</sup>

com uma receita líquida de 2475,90 (Tabela 4). A receita líquida da testemunha foi de R\$ 2019,36 quando comparamos com a aplicação da dose total na semeadura, cuja receita líquida foi de R\$ 2137,97 e R\$ 2216,60 para o KCl-polímero e KCl, respectivamente, observa-se que na condição do presente trabalho a aplicação de KCl 100% no momento da semeadura obteve um lucro superior de R\$ 78,63 em relação a fonte K-UP<sup>®</sup>. O alto custo parece realmente ser a principal limitação do uso do KCl-polímero, visto que agronomicamente o produto superou a fonte de K<sub>2</sub>O comumente utilizada.

O fertilizante deve ser economicamente viável, pois, a adubação é realizada para o aumento da produção e do lucro. Quando se avaliam os fatores econômicos da produção agrícola, o fertilizante é considerado um custo, mas quando se avalia a adubação, esta passa a ser fator de maior interesse, visto que pode gerar retornos extras (RAIJ, 2011).

Para o KCl-polímero a menor produtividade foi encontrada quando 100% da dose de K<sub>2</sub>O foi aplicada no estágio V3 da cultura, com receita líquida de R\$ 1891,17 o que foi R\$ 128,19 inferior a testemunha. Diante desse resultado é importante considerar no momento de aplicação do fertilizante sua eficiência agrônômica e seu retorno financeiro, seja na redução do volume utilizado, seja no custo de aquisição por ponto de nutriente, seja no ganho em produtividade.

Para o KCl quando aplicado 100% nove dias antes da semeadura, obteve uma receita líquida de R\$ 1820,07, sendo, a receita líquida inferior a testemunha em R\$ 199,29. Diante do resultado observado, nas condições do presente trabalho, com o teor de potássio no solo de 0,33 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> a aplicação antecipada de KCl não é economicamente viável.



Na tabela 5 estão apresentados os valores médios de número total de vagens por planta. Pode-se observar que o número de vagens total por planta no manejo 100% da dose nove dias antes da semeadura e quando aplicado ½ nove dias antes da semeadura + ½ na semeadura foi superior com a fonte KCl, também sendo a maior média de vagens por planta observada dentre os diferentes manejo com a presente fonte. De acordo com os dados observa-se que quando utilizado KCl 100% nove dias antes da semeadura houve maior número de vagens com três e quatro grãos, sendo neste tratamento observado a menor produtividade.

Tabela 5 - Número total de vagem por planta, número de vagem com quatro grãos (V4G), vagens cm três grãos (V3G), vagens com dois grãos (V2G), vagens com um grão (V1G) e vagens sem grãos (V0G) na cultura da soja em função das diferentes formas de aplicação de KCl-polímero e KCl, na safra 2015/2016

Tratamento	Número vagem/ planta		V4G		V3G	
	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl
100% (9 DAS)	46,74Bd*	59,21Aa*	0,40Aa*	0,16Bc	27,36Bc	39,25Aa*
½ 9 DAS(½SEM)	42,21Be	55,38Abc*	0,20Bbc	0,33Ab*	28,75Bc	32,29Ad*
100% SEM	49,842Ac*	51,56Ad*	0,33Aab*	0,33Ab*	34,16Ab*	35,06Acd*
½ SEM ½ V3	63,57Aa*	57,97Bab*	0,31Bab	0,52Aa*	36,12Ab*	36,68Ab*
100% V3	56,16Ab*	54,94Ac*	0,20Abc	0,10Bc*	38,58Aa*	34,94Bbc*
Média	51,70	55,81	0,28	0,28	32,99	35,64
Testemunha	42,55		0,67		26,83	
Tratamento	V2G		V1G		V0G	
	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl
100% (9 DAS)	14,39Bb*	15,88Aa*	2,98Ab	3,37Ab*	1,59Ab	0,55Bab
½ 9 DAS(½ SEM)	11,15Bd	16,70Aa*	1,85Bb*	5,81Aa*	0,41Ac	0,23Ab
100% SEM	13,90Bb	14,92Ab*	0,78Bc*	1,28Ad	0,45Ac	0,45A
½ SEM ½ V3	19,91Aa*	13,88Bb	4,56Ba*	6,01Aa*	2,66Aa*	0,87Ba
100% V3	13,95Bbc	16,16Aa*	2,91Bb	3,5Ab*	0,51Ac	0,26Ab
Média	14,66	15,51	2,61	3,99	1,12	0,47
Testemunha	12,87		2,41		0,36	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. \* Médias que diferem da testemunha pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

DAS: Dia antes da semeadura; SEM: Semeadura; V3: Estádio fenológico da cultura da soja.

Para o KCl-polímero a maior média de vagem por planta foi quando aplicou a fonte ½ na semeadura + ½ no estágio V3 da cultura. Entretanto, Guareschi et al. (2011) constataram, com a aplicação a lanço de KCl revestido por polímeros, 15 dias antes da semeadura maior produção de massa seca, número de vagens por planta e produtividade de grãos de soja, em relação ao KCl convencional, em sistema plantio direto num Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa, com teor de potássio de 9,9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em Rio Verde.

Quando o KCl-polímero foi aplicado  $\frac{1}{2}$  após a dessecação +  $\frac{1}{2}$  na semeadura, a média do número de vagens por planta foi igual a testemunha e coincidiu com o tratamento que obteve a maior produtividade. A média observada do número total de vagens por plantas foi de 51,70 e 55,81 para o KCl-polímero e KCl respectivamente, resultado contrário ao que foi observado na produtividade e massa de 1000 grãos, cujo tratamento com KCl-polímero obtiveram maior média.

O número de vagens por área é o componente do rendimento mais variável com a modificação do arranjo de plantas e que mais sofre modificações pela utilização de práticas de manejo diferenciada. As perdas de produtividade na cultura da soja devem-se principalmente ao aumento na taxa de aborto de vagens das plantas, resultando em menor produção de grãos por unidade de área (PASSOS et al., 2011).

Segundo Board e Settini (1986) a competição por luz é o fator que mais limita a formação de vagens, pois os autores explicam o fato de que nas maiores populações de plantas há uma maior competição por luz e uma menor disponibilidade de fotoassimilados, fazendo com que a planta diminua o número de ramificações e produza um número menor de nós. Nos nós se desenvolvem as gemas reprodutivas e, assim, a redução no número de ramificações também reduz o número de nós potenciais e, conseqüentemente, o número de vagens.

Para o número de vagens com quatro grãos o tratamento com 100% da dose de  $K_2O$  aplicada nove dias antes da semeadura e 100% da dose no estágio V3 da cultura foi superior para o KCl-polímero. Quando aplicado ambas as fontes de  $K_2O$ ,  $\frac{1}{2}$  na semeadura +  $\frac{1}{2}$  no estágio V3 da cultura, o KCl se mostrou mais eficiente. O número de grãos por vagens, dentre os demais componentes, é o que apresenta menor variação entre diferentes situações de cultivo. Existe variabilidade entre cultivares encontrando-se genótipos com 1, 2 e 3 grãos. Raras vezes são observados vagens com quatro grãos (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

Em relação ao número de vagens com três grãos o tratamento com a fonte KCl teve média de 35,64 vagens enquanto que o tratamento com KCl-polímero tiveram a média de 32,99. Para a variável vagens com dois grãos o tratamento com KCl-polímero foi superior ao tratamento com KCl apenas quando a fonte de KCl-polímero foi aplicado  $\frac{1}{2}$  na semeadura +  $\frac{1}{2}$  no estágio V3. As maiores médias de vagens com dois grãos entre o tratamento com KCl foi quando aplicado a fonte 100% nove dias antes da semeadura,  $\frac{1}{2}$  nove dias antes da semeadura +  $\frac{1}{2}$  na semeadura e quando se aplicou o KCl no estágio V3 da cultura.

Para vagens com um grão os tratamentos com KCl apresentaram média superior aos tratamentos com KCl-polímero, o contrário foi observado em relação ao número de vagens sem grãos, quando aplicado 100% nove dias antes da semeadura e  $\frac{1}{2}$  na semeadura +  $\frac{1}{2}$  no estágio

V3 da cultura, o tratamentos com KCl obteve menos vagens sem grãos. Entre os tratamentos com KCl-polímero quando a fonte foi aplicada,  $\frac{1}{2}$  na semeadura +  $\frac{1}{2}$  no estágio V3 da cultura, houve maior número de vagens sem grãos. Lima et al. (2009) explicam que as vagens fixadas de leguminosas podem ficar chochas, em função de problemas na fertilização dos óvulos dentro do ovário ou devido à falta de carboidratos essenciais para o enchimento dos grãos, refletindo em menores produtividades.

Em relação ao teor de nutrientes no tecido foliar, quando aplicado a fonte KCl-polímero  $\frac{1}{2}$  nove dias antes da semeadura +  $\frac{1}{2}$  na semeadura, o teor de potássio na folha foi maior (17,46 g kg<sup>-1</sup>), coincidindo com a maior massa de 1000 grãos e produtividade (Tabela 6), o que pode ser explicado pela liberação gradativa de potássio do KCl-polímero, sendo este aplicado antecipadamente no solo, no momento em que a cultura da soja está com maior necessidade e capacidade de absorção mais rápida e com menor possibilidade de perdas do nutriente o potássio estava disponível para absorção da planta. O mesmo ocorreu com a fonte KCl quando aplicada 100% no estágio V3 da cultura, onde se observou o maior teor de potássio na folha 17,34 g kg<sup>-1</sup> e a maior produtividade. Resultado semelhante foi obtido em Keogh, Sabbe e Cavines (1972) quando compararam as concentrações foliares de nutrientes de dez variedades de grupo de maturação diferentes, cultivadas sob dois níveis de fertilidade do solo. Os autores obtiveram concentrações foliares de potássio mais elevadas na variedade mais produtiva testada (22,0 g kg<sup>-1</sup>), do que na menos produtiva (16,3 g kg<sup>-1</sup>). Em todas as 10 variedades a melhor fertilidade do solo provocou maiores concentrações foliares de potássio, evidenciando que a concentração foliar reflete a disponibilidade do elemento no solo.

Verifica-se que para a maioria dos tratamentos os teores de potássio na folha estão próximos ou acima do limite superior da faixa considerada suficiente ou média (17,0 a 25 g kg<sup>-1</sup>) de acordo com Embrapa (2008). Zancanaro, Tessaro e Hillesheim (2002), trabalhando com solos arenosos em Mato Grosso, relataram que em dois anos consecutivos, com teores de potássio de 16 g kg<sup>-1</sup> e 17 g kg<sup>-1</sup> nas folhas de soja, foram estes correspondente a 90% da produtividade máxima, porém, as maiores produtividades foram obtidas na faixa de 20 g kg<sup>-1</sup> a 24 g kg<sup>-1</sup> de potássio.

Explanando os dados referentes ao teor de potássio no grão, nota-se que ao utilizar o KCl parcelado  $\frac{1}{2}$  nove dias antes da semeadura +  $\frac{1}{2}$  na semeadura, 100 % na semeadura e 100 % no estágio v3 da cultura, os teores de potássio foram superior ao observado na testemunha. Ainda para o KCl as menores produtividades da soja neste trabalho foi quando se observou os menores teor de potássio no grão, 100% nove dias antes da semeadura e  $\frac{1}{2}$  nove dias antes da semeadura +  $\frac{1}{2}$  na semeadura. Estes resultados são o contrário dos observados por Zambiasi

(2014) que ao estudar aplicação da adubação potássica na cultura da soja não observaram efeito da época de aplicação do potássio em cobertura na cultura da soja para produtividade de grãos, características agronômicas e teor de potássio no grão.

Para o teor de cálcio não houve diferença entre as fontes, com teor médio de 28,08 e 28,04 g kg<sup>-1</sup> para as fontes KCl-polímero e KCl, respectivamente. Quanto a época de aplicação e parcelamento, para a fonte K-UP<sup>®</sup>, quando aplicada a fonte 100% nove dias antes da semeadura ou 100% na semeadura, o teor foi superior ao da testemunha, enquanto que para o KCl houve diferença quando a fonte foi aplicada ½ nove dias antes da semeadura+ ½ na semeadura.

Em relação ao teor de magnésio não houve diferença entre as fontes KCl-polímero e KCl, O tratamento com a fonte KCl-polímero independente da forma de aplicação diferiu da testemunha não havendo diferença para o teor de magnésio no tecido foliar entre as formas de aplicação. Sua presença influencia o movimento de carboidratos das folhas para outras partes e estimula a captação e transporte de fósforo na planta. Os teores do nutriente variam de 1 g kg<sup>-1</sup> a 10 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca (NOVAIS et al., 2007).

Para o teor de nutrientes no grão houve diferença estatística entre as fontes, sendo o maior acúmulo de potássio com aplicação de KCl-polímero 100% da dose na semeadura e ½ na dessecação + ½ na semeadura, quando foi observado também maior produtividade, porém, quando utilizado o KCl ½ na semeadura + ½ no estágio V3 da cultura verificou-se maior concentração de potássio no grão, em relação a aplicação de KCl-polímero. Entre os diferentes manejos com a fonte KCl quando aplicada a fonte 100% cinco dias antes da dessecação, 100% na semeadura, 100% no estágio V3 da cultura ou ½ na semeadura + ½ no estágio V3 da cultura o teor de potássio no grão foi significativamente superior a testemunha.

Explanando os dados referentes ao teor de potássio no grão, nota-se que ao utilizar o KCl parcelado ½ nove dias antes da semeadura + ½ na semeadura, 100 % na semeadura e 100 % no estágio v3 da cultura, os teores de potássio foram superior ao observado na testemunha. Ainda para o KCl as menores produtividades da soja neste trabalho foi quando se observou os menores teor de potássio no grão, 100% nove dias antes da semeadura e ½ nove dias antes da semeadura + ½ na semeadura. Estes resultados são o contrário dos observados por Zambiasi que ao estudar aplicação da adubação potássica na cultura da soja não observaram efeito da época de aplicação do potássio em cobertura na cultura da soja para produtividade de grão, características agronômicas e teor de potássio no grão.

Atualmente há uma busca constante por formulações e fontes de adubos que venham propiciar altas produtividades. Entretanto, esses estudos geralmente não visam analisar os

efeitos destas fontes na concentração de potássio na parte aérea da planta e no grão. Porém se tornam de extrema importância ao considerar que a cada 1.000 kg de grãos de soja exportados na produção, retira-se do solo 20,6 kg de K (CAIRES et al., 2000).

Para o teor de cálcio entre as fontes houve diferença apenas quando aplicado o KCl 100% cinco dias após a dessecação, sendo o teor de magnésio no grão inferior ao obtido com a fonte KCl-polímero. O mesmo se observou com o magnésio. Porém a média dos teores de cálcio e magnésio ficaram próximos.

Tabela 6 - Teor de cálcio, potássio na folha e no grão com as fontes KCl-polímero e KCl na cultura da soja, Formosa do Oeste-PR safra, 2015/2016

Tratamento	Teor de nutriente na folha					
	Potássio		Cálcio		Magnésio	
	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl
	-----g/kg-----					
100% (9 DAS)	16,66Aab*	15,67Aa	30,74Aa*	27,07Aa	5,90Aa*	4,54Aa
½ 9 DAS + ½ SEM	17,46Aa*	15,62Ba	25,58Aa	29,76Aa*	6,00Aa*	5,67Aa
100% SEM	16,16Aab	16,34Aa	29,08Aa*	30,02Aa*	5,82Aa*	5,80Aa*
½ SEM ½ V3	15,19Ab	15,50Aa	27,78Aa	27,50Aa	5,83Aa*	5,78Aa*
100% V3	16,50Aa*	17,34Aa*	27,23Aa	27,88Aa	5,84Aa*	5,26Aa*
Testemunha	14,75		19,71		4,83	
Média	16,39	16,09	28,08	28,44	5,87	5,41
Tratamento	Teor de nutriente no grão					
	Potássio		Cálcio		Magnésio	
	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl
	-----g/kg-----					
100% (9 DAS)	15,25Aab*	14,96Ab*	24,56Aa*	17,93Ba	3,79Ab*	3,01Ba
½ 9 DAS + ½ SEM	15,75Aa*	13,96Bab	22,65Aab	22,14Aa	4,51Aa*	3,14Aa
100% SEM	16,09Aa*	15,45Ba*	17,21Ab	19,71Aa	3,33Ab	3,17Aa
½ SEM ½ V3	14,46Bb*	15,69Aa*	18,64Aab	19,94Aa	3,71Aab*	3,19Aa
100% V3	15,17Aa*	15,50Aa*	23,88Aab*	18,26Aa	3,33Ab	3,17Aa
Testemunha	12,93		16,60		2,55	
Média	15,34	15,11	21,38	19,59	3,73	3,13

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. \* Médias que diferem da testemunha pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

DAS: Dia antes da sementeira; SEM: Sementeira; V3: Estádio fenológico da cultura da soja.

Para o teor de potássio na profundidade de 0-10 cm de solo a média dos tratamentos foram 0,31 e 0,28  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  para o KCl-polímero e KCl, respectivamente (Tabela 7). O KCl apresentou menor teor comparado ao KCl-polímero quando aplicado ½ na sementeira + ½ no estágio V3 e 100% no estágio V3 da cultura da soja. O teor de potássio disponível no solo para estes tratamentos são classificados como médio de acordo com Embrapa (2008), enquanto que os observados com o KCl-polímero são considerados alto. Menores valores de potássio na

camada de 0-10 cm foram observados para estes tratamentos com a aplicação de KCl, no entanto, para o KCl-polímero estes tratamentos proporcionaram maior teor de potássio no solo mas a produtividade foi menor, indicando que a liberação de potássio deste fertilizante ocorreu de forma mais lenta e não foi compatível com a exigência de cultura quando o mesmo foi aplicado em estágio mais tardio de desenvolvimento da cultura.

O maior teor de potássio no solo na camada de 0-10 cm ocorre porque o KCl-polímero apresenta uma dinâmica diferente no solo, principalmente em relação a precipitação, sendo a liberação de potássio diminuída quando ocorre em pouco tempo altos valores de precipitação, condição do presente experimento, pois a resina envolta do grânulo tende a fechar os poros e diminuir a liberação dos nutrientes. Além disso, é importante considerar que a época de maior absorção de potássio pela soja é no estágio V3 da cultura da soja.

Não houve diferença dentre os diferentes manejos com o KCl, porém quando aplicado 100% na semeadura e ½ na semeadura + ½ no estágio V3 o teor de potássio foi superior ao observado na testemunha  $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . O KCl é uma fonte muito solúvel no solo, já que é constituído por minerais de silvita (KCl) e silvinita (KCl + NaCl), que são de fácil solubilização (Nascimento et al. 2008).

Porém quando aplicadas ambas as fontes nove dias antes da semeadura e parcelada ½ nove dias antes da semeadura + ½ na semeadura apresentaram menor teor de potássio disponível no solo, o KCl nestes tratamentos foram observados menores produtividade e para o KCl-polímero maior produtividade, evidenciando a eficiência da aplicação a lanço do KCl-polímero, pois quando este aplicado antecipado a semeadura, no período de maior exigência do nutriente pela cultura este já está disponível para absorção.

É importante realçar que o KCl-polímero proporcionou maior enriquecimento de potássio na camada 0-10 cm do solo. Estes resultados são compatíveis com os observado por Duarte et al. (2013) que ao estudarem lixiviação de potássio proveniente do termopotássio e KCl observaram que o termopotássio aumentou o teor de potássio em relação ao KCl somente na camada de 0-10 cm do solo. De acordo com Embrapa (2008) os teores de potássio para ambas as fontes são classificados como médio independente da forma de aplicação.

Na camada de 10-20 cm de solo não houve diferença entre as fontes e os manejos para o teor de potássio disponível, sendo todos considerados médio. Por meio do presente trabalho pode-se constatar que há diminuição nos teores de potássio mesmo em solos de textura argilosa, pois este nutriente é exportado pela produção de grãos, sendo a demanda desse pela cultura de aproximadamente 38 kg de  $\text{K}_2\text{O}$  para cada tonelada de grãos, do qual, 20 kg são exportados das lavouras pelos grãos (OLIVEIRA JUNIOR, et al., 2013).

A redução dos teores de potássio disponível, em áreas sob cultivos sucessivos de soja, tem ocorrido mesmo quando quantidades de 33 a 66 kg ha<sup>-1</sup> de potássio têm sido aplicadas anualmente (BORKERT et al., 1997a). A utilização do teor de potássio trocável como fator de avaliação de potássio disponível do solo pode não ser adequado para a recomendação da adubação potássica.

A disponibilidade de potássio no solo e a sua absorção pelas plantas parecem estar relacionadas com a disponibilidade dos cátions divalentes, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, dominantes do complexo de troca. Ainda assim, a absorção de potássio pelas plantas é favorecida em comparação com outras espécies catiônicas sendo, dentre os cátions macronutrientes, o que se apresenta, em geral, em menor e maior concentração no solo e na planta, respectivamente (MARCANDALLI et al., 2008).

Os elementos cálcio e magnésio são adicionados ao solo principalmente via calagem. Porém, atualmente com o surgimento de novas fontes de adubação, onde são desenvolvidos fontes com cálcio e magnésio no grânulo é importante estudar o efeito deste no solo, uma vez que o excesso pode causar desbalanceamento da relação Ca : Mg e também toxidez as plantas e deficiência de outros nutrientes. Para o cálcio na camada de 0-10 cm do solo não houve diferença entre os manejos dentro de cada fonte. O mesmo ocorreu para as fontes, de modo que não houve diferença significativa sendo a média de 3,77 e 3,85 para o KCl-polímero e KCl, respectivamente. Com base nesses resultados observou-se que em solos com teores de cálcio adequados, dose muito baixa de cálcio pode não resultar em aumento no teor de cálcio no solo. O cálcio é absorvido pelas plantas na forma do cátion Ca<sup>+2</sup> e transportado de forma ascendente por fluxo de massa. Este nutriente influencia diretamente no rendimento das culturas, ao melhorar o desenvolvimento das raízes, estimula a atividade microbiana, auxilia na disponibilidade de molibdênio e é requerido em grandes quantidades pelas bactérias fixadoras de N<sub>2</sub> (NOVAIS et al., 2007).

Para o magnésio não houve diferença quando comparado as fontes, sendo a média observada de 1,76 a 1,77 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg para o KCl-polímero e KCl, respectivamente na camada de 0-10 cm do solo. É possível observar redução no teor de magnésio no solo, tendo em vista que o valor inicial de magnésio antes da semeadura da cultura da soja, era de 2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Para a camada de 10-20 cm observou-se as médias de 1,32 e 1,39 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg. De acordo com Costa e Oliveira (2001), estes teores são considerados muito alto, fato este que pode ser explicado pelo uso de calcário dolomítico em anos anteriores a instalação do experimento.

Tabela 7 - Teor de potássio, cálcio e magnésio no solo na camada de 0-10 e 10-20 cm coletado após colheita da soja no município de Formosa do Oeste- PR, safra 2015/2016

Tratamento	Teor de nutriente no solo 0-10 cm					
	Potássio		Cálcio		Magnésio	
	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl
-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						
100% (9 DAS)	0,25Ab	0,25 Aa	3,96 Aa	3,86 Aa	1,75Aa	1,81Aa
½ 9 DAS+ ½ SEM	0,25Ab	0,26Aa	3,96 Aa	3,87Aa	1,75Aa	1,78Aa
100% SEM	0,34Aab*	0,34Aa*	3,77 Aa	3,82 Aa	1,72Aa	1,75Aa
½ SEM + ½ V3	0,35Aa*	0,27Ba*	3,91 Aa	3,85 Aa	1,76Aa	1,78Aa
100%V3	0,37Aa*	0,26Ba	3,27Aa	3,85Aa	1,84Aa	1,75Aa
Testemunha	0,210		3,85		1,68	
Média	0,31	0,28	3,77	3,85	1,76	1,77
Tratamento	Teor de nutriente no solo 10-20 cm					
	Potássio		Cálcio		Magnésio	
	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl
-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						
100% (9 DAS)	0,20Aa	0,22Aa	3,76Aa	2,83Ba	1,33Aa	1,65Aa
½ 9 DAS + ½ SEM	0,20Aa	0,18Aa	3,84Aa*	2,88Ba	1,38Aa	1,40Aa
100% SEM	0,24Aa	0,28Aa	3,98Aa*	2,87Ba	1,29Aa	1,33Aa
½ SEM + ½ V3	0,22Aa	0,22Aa	3,85Aa*	2,86Ba	1,24Aa	1,37Aa
100%V3	0,22Aa	0,21Aa	3,73Aa	2,89Ba	1,39Aa	1,24Aa
Testemunha	0,14		2,86		1,24	
Média	0,22	0,22	3,83	2,86	1,32	1,39

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. \* Médias que diferem da testemunha pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

DAS: Dia Antes da semeadura; SEM: Semeadura; V3: Estádio fenológico da cultura da soja.

Conforme a Tabela 8 pode-se avaliar a eficiência do uso de potássio no grão, (EUKG) que representa a produção de grãos obtida por unidade de nutriente acumulado. Não houve diferença significativa entre as fontes, cujo a média de EUKG foi de 270,42 e 262,60 kg kg<sup>-1</sup> para o KCl-polímero e KCl, respectivamente.

Houve diferença para a eficiência de uso do fertilizante, (EUF) que é a razão entre a produção de grãos e a quantidade do nutriente aplicado, para o KCl-polímero quando aplicado parcelado ½ nove dias antes da semeadura e ½ na semeadura a EUF foi superior aos demais tratamentos, o que corroborou com a maior produtividade observada. Vale ressaltar que este mesmo fato ocorreu com a fonte KCl, porém quando aplicou 100% no estágio v3 da cultura. Ao comparar as duas fontes o KCl-polímero foi superior ao KCl quando aplicado 100% nove dias antes da semeadura e também 100% no estágio V3 da cultura. A menor EUF foi observado quando aplicou o KCl-polímero 100 % no estágio V3 da cultura este valor corroborou com a menor produtividade de grãos Luchese et al. (2011), avaliando a aplicação em cobertura de KCl convencional e de três tipos de KCl encapsulados na cultura da soja, em Chapadão do Sul - MS,

observaram maior eficiência da adubação potássica em solos com textura arenosa, com uso de KCl revestido por polímero. É importante enfatizar a necessidade de trabalhos que comprovem a relação da EUF com a produtividade e de diferentes fontes de adubos potássicos disponível no mercado, tendo em vista a ausência destes na literatura.

Pela análise da tabela 8 verifica-se que não houve diferença para a eficiência na recuperação do nutriente (ERN) para o KCl-polímero e KCl. As médias observadas foram 46,22 e 45,53 % para o KCl-polímero e KCl, respectivamente. Estes resultados ficaram próximos ao encontrado por (Baligar & Bennett, 1986) que explicam que a eficiência de recuperação de nutrientes pelas culturas anuais é muito baixa, por exemplo, em média a eficiência de N é de 50%, de P de 10% e de K de 40%.

Tabela 8 - Médias da eficiência de uso do nutriente potássio no grão (EUKG), eficiência do uso do fertilizante (EUF) e eficiência da recuperação do nutriente (ERN) em plantas de soja, em função das diferentes formas de aplicação de KCl-polímero e KCl, município Formosa do Oeste-PR, safra 2015/2016

	EUKG			EUF			ERN		
	KCl-polímero	KCl	Média	KCl-polímero	KCl		KCl-polímero	KCl	
	-----Kg kg <sup>-1</sup> -----			-----			-----%-----		
100% (9 DAS)	274,75Aa	240,09 Aa	257,42	15,15 Ab	10,26Bb	12,70	45,94Aa	45,07 Aa	45,50
½ DAS (½ SEM)	283,98 Aa	283,18 Aa	283,58	23,65 Aa	12Bb	17,82	47,45 Aa	42,06 Aa	44,75
100% SEM	253,34 Aa	257,49 Aa	255,41	11,73 Ac	8,75Ab	10,24	48,47 Aa	46,55 Aa	47,51
½ SEM ½ V3	286,95 Aa	258,22 Aa	272,58	13,90 Abc	10,95Bb	12,42	43,56 Aa	47,27 Aa	45,41
100 % V3	253,10 Aa	274,04Aa	263,57	4,57 Bbc	16,86Aa	10,71	45,70 Aa	46,70 Aa	46,20
Média	270,42	262,60	266,51	34,5	11,76	12,77	46,22	45,53	45,87

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

DAS: Dia Antes da semeadura; SEM: Semeadura; V3: Estádio fenológico da cultura da soja.

### 3.4 CONCLUSÕES

O manejo da adubação potássica para a cultura da soja com KCl e KCl-polímero influenciou a produtividade e os componentes de rendimento, dependem do parcelamento e época de aplicação.

A adubação com potássio deve ser recomendada, em um Latossolo Vermelho eutroférico com 660 g kg<sup>-1</sup> e com teor de 0,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de potássio.

A adubação com KCl-polímero parcelada ½ nove dias antes da semeadura + ½ na semeadura proporcionou maior massa de 1000 grãos, teor de potássio na folha e também maior produtividade.

A adubação com KCl protegido aplicado de forma parcelada  $\frac{1}{2}$  nove dia antes da semeadura e metade na semeadura implicou em maior eficiência do fertilizante e maior produtividade.

### 3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALIGAR, V.C.; BENNETT, O.L. NPK-fertilizer efficiency - a situation analysis for the tropics. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v. 10, p. 147-164, Jun. 1986.

BERTOLIN, D.C.; SÁ, M.E.; ARF, O.; FURLANI JUNIOR, E. COLOMBO, A.S.; CARVALHO, F.L.B.M. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 339-347, 2010.

BERNARDI, A.C. DE C.; OLIVEIRA OLIVEIRA JUNIO, J.P.; LEANDRO, W.M.; MESQUITA, T.G.;FREITAS, P.L.; CARVALHO, M.C.S. Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v. 39, n. 2, p. 158-167, abr./jun. 2009.

BORD, J.E.; SETTIMI, J.R. Photoperiod effect before and after flowering on branch development in determinate soybean. **Agronomy Journal**, Madison, WI, v.78, n. 6, p.995-1002, 1986.

BORKERT, C.M.; FARIAS, J.R.B.; SFREDO, G.J.; TUTIDA, F.; SPOLADORI, C.L. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em Latossolo Roxo Álico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 10, p.1009-1022, out. 1997a.

BHARATI, M.P.; WHIGHAM, D.K.; VOSS, R.D. Soybean response to tillage and nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, WI, v.78, n.6, p. 947-950, 1986.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 213-220, 2000.

COSTA, J.M.; OLIVEIRA, E.F. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas**. 2. ed. Campo Mourão: Coamo/Coodetec, 2001.96p.

CRUZ, C.D. Genes: um pacote de software para análise em estatística experimental e genética quantitativa. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, 271-276, jul./set. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologia de produção de soja**: Região Central do Brasil – 2008. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 280 p

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353p.

FINOTO, E.L.; CARREGA, W.C.; SEDIYAMA, T.; ALBUQUERQUE, J.A.A.; CECON, P.R.; REIS, M.S. Efeito da aplicação de fungicida sobre caracteres agrônômicos e severidade das doenças de final de ciclo na cultura da soja. **Agro@ambiente On-line**, v.5, n.1, p.44-49, 2011.

FUNDAÇÃO MERIDIONAL. **Histórico da soja**. Disponível em: <<http://www.fundacaomeredional.com.br/soja/historico>>. Acesso em: jun. 2016

GUARESCHI, R.F.; GAZOLLA, P.R.; PERIN, A.; SANTINI, J.M.K. Adubação antecipada na cultura da soja com superfosfato triplo e cloreto de potássio revestidos por polímeros. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n. 4, p. 643-648, ago. 2011.

GURGEL, F.L. A cultura da soja. 2007. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php>>. Acesso em: jun. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. **Dados de previsão de safra**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/>>. Acesso em: jun. 2016

KEOGH, J.L.; SABBE, W.E.; CAVINESS, C.E. Nutrient concentration of selected soybean cultivars. **Communications in soil science and plant analysis**, New York, v.3, n.1, p. 29-35, 1972.

LANA, R.M.Q.; HAMAWAKI, O.T.; LIMA, L.M.L.; JÚNIO, L.A.Z.L. Resposta da soja a dose e modos de aplicação de potássio em solo de cerrado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v.18, n.2, p. 17-23, dez 2002.

LIMA, E. V; CRUSCIOL, C. A. C; NAKAGAWA, C. J. características agrônômicas, produtividade e qualidade fisiológica da soja “safrinha” sob semeadura direta, em função da cobertura vegetal e da calagem superficial. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 31, nº 1, p.070-079, 2009.

LUCHESI, K.U.O.; LEAL, A.J.F.; KANEKO, F.H.; VALDERRAMA, M.; SEVERINO, U.A. Resposta da cultura da soja a doses de cloreto de potássio, revestido ou não com polímeros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33, 2011, Uberlândia. **Anais... Viçosa: SBCS, 2011. CD-Rom**

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 210p.

MARCANDALLI, L.H.; LEAL, A.J.F.; LAZARINI, E.; OLIVEIRA, W.A.S. Resposta da cultura da soja a adubação potássica em cobertura na região dos chapadões. In: Fertibio 2008, Chapadão do Sul. **Anais... Chapadão do Sul, MS, 2008**.

MEURER, E.J.; ANGHINONI, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, p. 375-382, 1993.

MOLL, R.H.; KAMPRATH, E.J.; JACKSON, W. A., Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. **Agronomy Journal**, Madison, WI, v. 74, n.3, p. 56–565, May/Jun. 1982.

MUNDSTOCK, C.M.; THOMAS, A. L. **Soja**: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. Porto Alegre: UFRGS; Evangraf, 2005.

NASCIMENTO, M. et al. **Agrominerais**: potássio. In: LUZ, A. et al. Rochas e minerais industriais. 2. ed. Rio de Janeiro: Cetem, 2008. p. 175-205.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

OLIVEIRA, JUNIOR, A; CASTRO, C. OLIVEIRA, F.A; JODÃO, L.T. Adubação potássica da soja; Cuidados no balanço de nutrientes. **Informações agrônômicas**, Piracicaba, n.143, p.1-10, set 2013.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e de Abastecimento (SEAB). **Custos de produção**. Departamento de economia rural. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=228>>. Acesso em: 20 jan. 2016

PASSOS, A.M; REZENDE, P.M; ALVARENGA, A.A; BALIZA, D.P; CARVALHO, E.R; ALCÂNTARA, H.P. Yield per plant and other characteristics of soybean plants treated with kinetin and potassium nitrate. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 5, p. 965-972, set./out. 2011.

PETTIGREW, W.T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.133, n. 4, p.670-681, Aug. 2008.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011. 420p.

RODRIGUES, M.A.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO M.C.M.; GARCIA, C.M.P.; ANDREATTI, M. Adubação com KCl revestido na cultura do milho no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n. 2, p.127–133, fev. 2014.

SANTIAGO, A.D.; ROSSETTO, R. **Adubação Mineral**. 2010. Disponível em <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_38\\_711200516717.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_38_711200516717.html)>. Acesso em: 10 jun. 2016.

SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Ed. Mecenas, 2009. 314p.

SERAFIM, E.M.; ONO, F.B.; ZEVIANI, W.M.; NOVELINO, J.O.; SILVA, V.J, Umidade do solo e doses de potássio na cultura da soja. **Revista Ciências Agrônômicas**, Fortaleza, CE, v. 43. n. 2, p. 222-227, abr./jun. 2012.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa; Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

SILVA, A.F.; LASARINI, E. Doses e épocas de aplicação de potássio na cultura da soja em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v. 35, n. 1, p. 179-192, jan./fev. 2014.

SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981.

STEINER, F. **Formas de potássio em solo do estado do Paraná e sua disponibilidade para as plantas em cultivos sucessivos**. 2010. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2010.

TAVARES, L.C.; TUNES, L., M BRUNES, A.P.; FONSECA, D.A.R.F.; RUFINO, C.A.; BARROS, A.C.S.A. Potássio via recobrimento de sementes de soja: efeitos na qualidade fisiológica e no rendimento. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.43, n. 7, p.1196-1202, jul. 2013.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. 2ª ed. Porto Alegre: UFRGS-Departamento de solos. 1995, 174p. (Boletim técnico 5).

TIMAC AGRO. **Tecnologias. Fertilizantes sólidos**. Porto Alegre, RS, 2016. Disponível em: <<http://www.br.timacagro.com/timac/Portugues/produto/index.php?acao=listar&cat=1>>. Acesso em: 12 fev. 2016.

VIEIRA, B.A.R.M.; TEIXEIRA, M.M. Adubação de liberação controlada chega como solução. **Revista Campo & Negócios**, v. 41, p. 4-8, 2004.

ZAMBIAZZI, E.V. **Aplicação da adubação potássica na cultura da soja**. 2014. 117f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

ZANCANARO, L.; TESSARO, L. C.; HILLESHEIM, J. Adubação fosfatada e potássica da soja no cerrado. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 98, p. 1-5, 2002.

## CAPITULO 2- EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA COM KCl E KCL-POLÍMERO NA CULTURA DO MILHO

### RESUMO

A adubação na cultura do milho é uma prática que nas últimas safras vem despertando bastante interesse devido às altas crescentes no preço dos adubos. Porém, no Brasil, muitos trabalhos referentes à adubação potássica para a cultura do milho apontam para a ausência de resposta a este nutriente mesmo que a maioria dessas pesquisas seja desenvolvida em solos com teores de potássio de médio a alto. Também, é importante considerar que o efeito residual da adubação com potássio, em solos de textura argilosa é maior do que em solos de textura arenosa. Diante do exposto este trabalho teve como objetivo estudar o potencial do efeito residual da adubação com potássio na cultura da soja para a cultura do milho, em um solo de textura argilosa. O experimento foi conduzido no período de 27/02/2016 a 14/07/2016, em um Latossolo Vermelho eutroférico. Utilizou o delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial (2x5) +1. No primeiro tratamento a aplicação de  $K_2O$  foi nove dias antes da semeadura, no segundo tratamento a aplicação foi parcelada sendo  $\frac{1}{2}$  da dose nove dias antes da semeadura +  $\frac{1}{2}$  da dose de  $K_2O$  na semeadura, no terceiro tratamento foi realizada a aplicação da dose total de  $K_2O$  na semeadura, no quarto tratamento  $\frac{1}{2}$  da dose na semeadura +  $\frac{1}{2}$  no estágio fenológico V3 da cultura da soja e no quinto tratamento a aplicação de  $K_2O$  foi total no estágio V3 da cultura. E uma testemunha adicional sem aplicação de  $K_2O$ . No momento da semeadura todos os tratamentos receberam adubação fosfatada na forma de superfosfato simples para fornecer 60 kg ha<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$ . Na semeadura e durante o desenvolvimento da cultura do milho não foi realizada adubação, da qual foi realizada somente antes e durante a cultura da soja, antecessora a implantação do experimento. O maior teor residual de potássio no solo refletiu em maior teor de potássio na folha, no grão e em maior produtividade para ambas as fontes. Apenas quando se utilizou KCl-polímero no estágio V3 da cultura da soja a produtividade do milho foi significativamente superior a testemunha. Apenas quando aplicado KCl-polímero dose total nove dias antes da semeadura da soja o teor residual de potássio no solo foi classificado como muito baixo.

Palavras-chave: Adubação de sistemas.  $K_2O$ . Época de aplicação.

### ABSTRACT

Fertilization in corn is a practice that has attracted a lot of interest in the last few seasons, due to the increasing prices of fertilizers. However, in Brazil, many studies on potassium fertilization for corn crop point to a lack of response to this nutrient, even though most of this research is carried out on soils with medium to high K contents. It is also important to consider that the residual effect of fertilization with potassium in clay soils is higher than in soils with sandy texture. Bearing this in mind, the aim of this work was to study the potential of the residual effect of fertilization with potassium in the soybean crop for a corn crop in a clayey soil. The experiment was conducted in the period from 02/27/2016 to 07/14/2016, in an Eutroferic Oxisol. The design used was in randomized blocks in a factorial scheme (2x5) +1. The first treatment refers to the control without  $K_2O$  application; in the second treatment, the application of  $K_2O$  was five days after the desiccation of the invasive plants; in the third

treatment, the application was parceled out being  $\frac{1}{2}$  of the dose five days after desiccation +  $\frac{1}{2}$  of the dose of  $K_2O$  in the seeding; in the fourth treatment it was carried out the application of the total dose of  $K_2O$  at sowing; in the fifth treatment  $\frac{1}{2}$  of the dose at sowing +  $\frac{1}{2}$  at the phenological stage V3 of the soybean crop and in the sixth treatment the application of  $K_2O$  was total at the V3 stage of the culture. At the time of sowing all treatments received phosphate fertilization in the form of simple superphosphate to provide  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  of  $P_2O_5$ . During the sowing and also during the development of the corn crop, fertilization was not performed, which was carried out only before and during the soybean crop, predating the implantation of the experiment. The higher residual content of potassium in the soil reflected in higher potassium content in the leaf, grain and higher productivity for both sources. Only when using KCl-polymer in the V3 stage of the soybean crop that the productivity was significantly higher than the control. Only when applied KCl-polymer total dose nine days before soybean sowing the residual potassium content in the soil was rated as very low.

Key words: Soybean crop.  $K_2O$ . Sowing.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

A área de plantio de milho (*Zea mays L.*) vem crescendo sistematicamente ao longo dos anos devido a sua importância tanto na alimentação humana como fonte protéica em rações e para a produção de etanol, tornando-se uma excelente possibilidade de redução no uso de fontes não renováveis de energia. Sendo assim, o cultivo do milho safrinha tem sido viável economicamente para o produtor (CASAGRANDE; FORNASIERI FILHO, 2002). Além do retorno financeiro, a safrinha proporciona os benefícios agrônômicos da rotação de culturas, acúmulo de palhada, fundamental para a manutenção do sistema de plantio direto, e controle de pragas e doenças da lavoura de verão (SOUZA et al., 2006).

O uso de fertilizantes neste modelo de cultivo é maximizado, pois a rápida mineralização dos restos culturais da soja fornece nutrientes ao milho. Embora não seja o potássio o nutriente mais exportado pelo milho devido à alta extração merece uma atenção especial na reposição de nutrientes no solo (BROCH; RANNO, 2010).

Para cada tonelada de grão produzido a cultura do milho extrai, do solo, em média 16,4 kg de N, 2,3 kg de P, 15,9 kg de K até o máximo produtivo de 8,0 toneladas de grãos e 17,8 kg de N, 2,5 kg de P e 17,3 kg de K para produtividades superiores (SETIYONO et al., 2010).

A adubação na cultura do milho é uma prática que nas últimas safras vem despertando bastante interesse devido às altas crescentes no preço dos adubos. Portanto, a busca por alternativas faz-se de fato necessária para os produtores. Porém, o potássio por estar presente na forma iônica ( $K^+$ ) no tecido, seu retorno ao solo ocorre logo após a senescência das plantas. Dessa maneira, tem-se a ciclagem da maior parte do K (PAVINATO et al., 2008). Em relação

às perdas por lixiviação, deve-se ressaltar que elas diminuem quando a área é cultivada em sistema de plantio direto (SPD), que favorece o acúmulo de nutrientes nas camadas mais superficiais do solo.

Outro fato importante em relação ao potássio é o efeito residual no solo, que depende tanto da quantidade que as culturas exportam quanto do processo de lixiviação. De acordo com Ferreira et al. (2011) a disponibilidade de nutrientes para as plantas em sistemas de produção depende da fertilidade do solo e da velocidade de degradação dos resíduos, pois, em cultivos intensivos, o K absorvido pelas plantas permanece a maior parte do tempo no tecido vegetal, não sofrendo erosão ou lixiviação. Assim, as variáveis climáticas, como temperatura e umidade local, afetam a velocidade de liberação do K para o solo.

A cultura do milho é considerada de grande poder de extração de nutrientes do solo. Porém, para que adubação seja feita de maneira correta é necessário considerar alguns fatores como, textura do solo, teor de nutriente, dinâmica dos nutrientes no solo, efeito residual, uma vez que, em solos de textura argilosa a lixiviação de nutriente é menor do que em solos de textura arenosa o que possibilita a manutenção da fertilidade por um período maior de tempo podendo se estender até a próxima cultura. Dessa forma, a hipótese que fundamenta esse trabalho é de que, a adubação com potássio na cultura da soja em solo de textura argilosa proporciona maior efeito residual na cultura subsequente. Assim, objetivou-se nesse trabalho avaliar o efeito residual da adubação potássica com KCl e KCL-POLÍMERO realizada na cultura da soja e em diferentes épocas e parcelamento para a cultura do milho segunda safra.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Localização do Experimento

O local e condição de implantação do experimento encontra-se descritos no item 3.2.1.

### 4.2.2 Histórico da Área

O histórico de manejo da área e condições do solo onde o experimento foi implantado encontra-se descrito no item 3.2.2.

### 4.2.3 Dados Meteorológicos

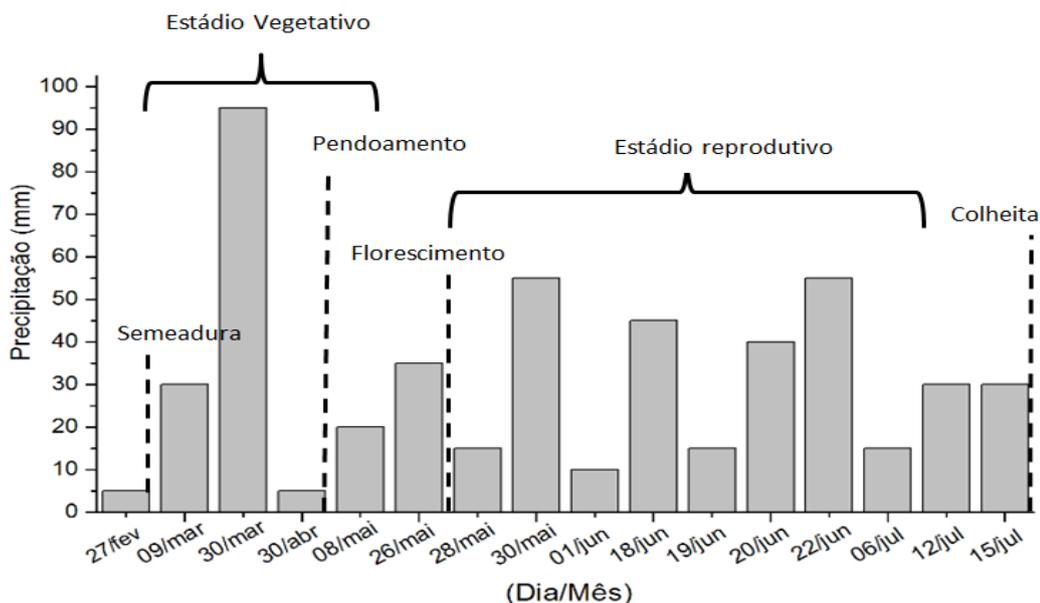


Figura 1 – Precipitação diária para o local do experimento durante a safra de milho 2016.

#### 4.2.4 Delineamento Experimental

O milho foi semeado após a colheita da soja 27/02/2016, sem adubação para avaliar o efeito residual da adubação potássica. A semeadura foi realizada no espaçamento de 0,50 m por linha semeando seis sementes por metro.

O delineamento experimental utilizado e a descrição dos tratamentos está descrito no item 3.2.4.

#### 4.2.5 Tratos Culturais

Durante o desenvolvimento da cultura os tratos culturais (controle de plantas daninhas pragas e doenças) foram realizados de acordo com as recomendações oficiais e nível de dano econômico com o controle químico.

Para o cultivo do milho foram aplicados os seguintes inseticidas: beta ciflutrina + imidacloprid (Connect<sup>®</sup>, 0,4 L ha<sup>-1</sup>) duas aplicações, V1 e V10; os seguintes herbicidas: atrazina (Primóleo<sup>®</sup>, 2 L ha<sup>-1</sup>) + mesotrione (Callisto<sup>®</sup>, 0,125 L ha<sup>-1</sup>) no estágio V4; e os seguintes fungicidas: piraclostrobina + epoxiconazole (Opera<sup>®</sup>, 0,75 L ha<sup>-1</sup>) no estágio V10.

#### 4.2.6 Avaliação do Experimento

As variáveis avaliadas foram comprimento de espiga, massa de 100 grãos, produtividade de grãos, teor de K, Ca e Mg no tecido foliar e no grão, teor de K, Ca e Mg disponível no solo na profundidade de 0-10 e 10-20 cm.

#### 4.2.6.1 Comprimento de Espiga

Após a colheita, foi coletada ao acaso 10 espigas de cada tratamento, determinou-se com o auxílio de uma régua graduada o comprimento da base da espiga até o seu ápice.

#### 4.2.6.2 Produtividade de Grãos

A produtividade média de grãos foi avaliada na maturidade final, colhendo-se em cada parcela seis metro linear das duas linhas centrais, descartando as bordaduras. Após a colheita e beneficiamento através de debulha manual das vagens e pesagem dos grãos colhidos na área útil de cada parcela, a umidade foi padronizada para 13% e os valores observados foram extrapolados para  $\text{kg ha}^{-1}$ .

#### 4.2.6.3 Determinação dos Teores de Potássio, Cálcio e Magnésio na Folha e no Grão

Para a avaliação dos teores de N, P e K, foram coletadas o terço médio de 10 folhas de milho coletadas ao acaso nas duas linhas centrais de cada parcela, sem bainha, na base da espiga no florescimento feminino (RAIJ, 2011). Para esta análise a metodologia seguida após a coleta das folhas esta descrita no item 3.2.6.6.

#### 4.2.6.4 Determinação de Potássio Disponível no Solo

Após a colheita do milho foram coletadas amostras de solo das camadas de 0-10 e 10-20 cm no solo. A descrição da metodologia utilizada para análise está descrito no item 3.2.6.7.

### 4.3 RESULTADOS

A cultura do milho exige um mínimo de 400-600 mm de precipitação para que possa manifestar seu potencial produtivo, sem a necessidade da utilização da prática de irrigação, sendo que seu uso consuntivo, frequentemente, oscila entre 4 a 6 mm por dia (FANCELLI, 2002). No ciclo da cultura ocorreu precipitação de 500 mm. No estágio inicial a disponibilidade de água foi adequada para o bom desenvolvimento vegetativo. Porém, nos estádios de florescimento e enchimento de grãos a distribuição foi anormal concentrando-se em determinados períodos, afetando a produtividade (Figura 1).

Para comprimento de espiga constata-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos analisados, pois é uma característica de alta herdabilidade genética, que sofre pouca influência do ambiente. Cavallet et al. (2000) encontraram média para comprimento de espiga de 13,6 a 14,4 cm. Em relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos, Lopes et al. (2007) afirmam que o tamanho da espiga muito pouco contribui para a definição da produção quando o número de espigas presentes na área for pequeno.

Em relação a produtividade não houve diferença entre as fontes de  $K_2O$ , sendo a média de 4752,55 e 4613,50  $kg\ ha^{-1}$  para KCl-polímero e KCl, respectivamente (Tabela 1). Avaliando a adubação com KCl revestido na cultura do milho no cerrado Rodrigues et al. (2014) concluíram que o KCl revestido não foi eficiente em solo de textura argilosa nas condições climáticas de cerrado de baixa altitude, pois proporcionou resultados semelhantes ao KCl convencional para os teores foliares de K, componentes de produção e produtividade de grãos de milho.

A maior produtividade observada no presente experimento foi quando se aplicou a fonte KCl- polímero 100% no estágio V3 da cultura da soja, porém, esta foi menor do que a observado por diversos autores como em Gonçalves Junior et al. (2007) onde a maior produtividade foi de 7215,593  $kg\ ha^{-1}$  também em um Latossolo Vermelho eutrófico. Este fato pode ser explicado pela precipitação pluviométrica, de acordo com a figura 1 é possível observar que durante o desenvolvimento da cultura entre o final da fase vegetativa e a fase reprodutiva a distribuição da chuva foi anormal, período mais crítico da planta de milho.

Em fisiologia da produção de milho Magalhães e Durães (2006) explicam que o estresse ambiental nessa fase, especialmente o hídrico, causa baixa polinização e baixa granação da espiga, uma vez que, sob seca, tanto os “cabelos” como os grãos de pólen tendem à dissecação. No entanto, até pouco tempo as respostas ao K obtidas em ensaios de campo com o milho eram, em geral, menos frequentes e menores que aquelas constatadas para P e N devido principalmente aos baixos níveis de produtividades obtidos (COELHO et al., 2007).

Tabela 1 - Comprimento de espiga e produtividade do milho em função do modo de aplicação da adubação potássica com a fonte KCl-polímero e KCl, Formosa do Oeste-PR safra, 2016

Tratamento	Comprimento de espiga		Produtividade	
	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl
	-----cm-----		-----kg ha <sup>-1</sup> -----	
100% (9 DAS)	13,18 Aa	12,38 Aa	4657,50 Aa	4531,00 Ab
½ 9 DAS (½ SEM)	13,13 Aa	13,11 Aa	4658,50 Aa	4516,25 Ab
100% SEM	13,10 Aa	12,45 Aa	4725,75 Aa	4617,25 Aab
½ SEM ½ V3	13,15 Aa	13,23 Aa	4791,00 Aa	4612,00 Ab
100% V3	13,00 Aa	12,66 Aa	4930,00 Aa*	4791,00 Aa
Testemunha	12,58		4523,75	
Média	13,11	12,76	4752,55	4613,50

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. \* Médias que diferem da testemunha pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

DAS: Dia antes da semeadura; SEM: Semeadura; V3: Estádio fenológico da cultura da soja.

Para a adubação potássica com KCl a maior produtividade também foi observada quando este foi aplicado 100% no estágio V3 da cultura da soja, e foi estatisticamente diferente do aplicada 100 % cinco dias antes da dessecação, ½ cinco dias antes da dessecação + ½ na semeadura e ½ na semeadura + ½ no estágio V3 a produtividade foi inferior ao manejo da adubação potássica no estágio V3 da cultura, porém a produtividade neste tratamento foi estatisticamente igual a quando a adubação foi realizada no momento da semeadura da cultura da soja.

Embora, não foi estatisticamente diferente observou-se uma tendência de aumento de produtividade conforme a aplicação de KCl-polímero era realizada mais tardia na cultura da soja, sendo assim, mais próxima da semeadura do milho. Diversos trabalhos na literatura apresentam produtividade semelhante ao encontrado no presente trabalho, diante disso, a adubação antecipada pode ser considerada uma alternativa para otimização de operações, redução dos custos, diminuição da quantidade de adubos no sulco de semeadura, redução das perdas por lixiviação e possibilidade de maior desenvolvimento vegetativo da cultura de cobertura (FRANCISCO et al., 2007; FOLONI; ROSOLEM, 2008).

Porém, na maioria dos experimentos com adubação residual, a adubação é realizada na cultura de inverno. Castro (1993), explica que em função da melhoria das condições físicas, químicas e biológicas e da introdução das culturas de cobertura no sistema de semeadura direta, existe possibilidade de adubação de todo o sistema de cultivo, com a antecipação da adubação, ao invés da adubação de base realizada, simultaneamente, à semeadura. Diante da dificuldade

de encontrar trabalhos na literatura semelhante ao presente é importante a realização de experimentos com o mesmo fundamento, onde a adubação seja realizada na cultura de verão.

Entre as fontes KCl-polímero e KCl, e os diferentes manejos apenas quando aplicado a fonte KCl-polímero 100% no estágio V3 da cultura da soja a produtividade foi significativamente superior a testemunha. Apesar da grande quantidade de potássio absorvido pelo milho, a maioria dos estudos relacionados à adubação potássica no Brasil indica falta de resposta a esse nutriente (COELHO, 2005; PAVINATO et al., 2008). Apenas 20 % do potássio absorvido pela cultura do milho são exportados nos grãos. A taxa de translocação de potássio para os tecidos na planta de milho é de aproximadamente (26 a 43%), isso implica que a incorporação dos restos culturais do milho devolve ao solo grande parte dos nutrientes, principalmente potássio (COELHO, 2006).

Na comparação entre as fontes KCl-polímero e KCl o teor de potássio na folha foi superior quando aplicou o KCl-polímero 100% da dose antes da semeadura (Tabela 2). Resultado este diferente ao encontrado por Valderrama et al. (2011) que não observaram diferença no teor de potássio na folha com o KCl revestido por polímeros. Porém quando comparado os diferentes manejo da adubação com a fonte KCl-polímero e KCl observou-se que o maior teor de potássio na folha ocorreu quando a fonte foi aplicada  $\frac{1}{2}$  na semeadura +  $\frac{1}{2}$  no estágio V3 e dose total no estágio V3 da cultura da soja para ambas as fontes. Porém observa-se que em todos os tratamento com ambas as fontes o teor de potássio na folha é considerado adequado, o que é importante para compreender que o acúmulo de potássio na folha não foi afetada pela ausência de adubação. Da mesma forma, Simoneti Foloni e Rosolen (2008) em produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema plantio direto, concluíram que a antecipação da adubação potássica, com doses de 60 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na semeadura do milheto cultivado na primavera, não comprometeu o acúmulo de K na parte aérea da lavoura de soja subsequente no SPD.

Guareschi et al. (2011), estudando adubação antecipada na cultura da soja com superfosfato triplo e cloreto de potássio revestidos por polímeros, observaram que o KCl revestido por polímeros propiciou melhor nutrição da planta quando o fertilizante foi aplicado antecipadamente, num Latossolo Vermelho distroférico com baixo teor de potássio proporcionando, então, maior produtividade de grãos de soja em relação ao KCl convencional, provavelmente pela menor perda por lixiviação de potássio.

Para o cálcio não houve diferença entre as fontes e formas de aplicação, no entanto, é importante observar que todos os tratamentos em ambas as fontes obtiveram teores de cálcio foliar considerado adequado por Malavolta (1997). O cálcio é absorvido desde antes do

florescimento até a sua fase final e sua importância está na alongação e divisão celular. O crescimento do grão de pólen, sua germinação e o crescimento do tubo polínico igualmente o requerem (POSSAN, 2010).

Em relação ao teor de magnésio não se observou diferença entre as fontes e os diferentes manejos da adubação, porém, nos diferentes manejos da adubação com a fonte KCl-polímero, o teor de magnésio na folha quando esta fonte foi aplicado 100% nove dias antes da semeadura e ½ nove dias antes da semeadura+ ½ na semeadura, apresentaram teores abaixo do considerado adequado de acordo com Martinez et al. (1999 apud COELHO, 2009), o mesmo ocorreu para o KCl quando aplicado cinco dias após a dessecação, ½ nove dias antes da semeadura+ ½ na semeadura e 100% na semeadura.

Diferentemente do  $\text{Ca}^{2+}$ , o  $\text{Mg}^{2+}$  é muito móvel no floema, sendo translocado das folhas mais velhas para as mais novas ou para os pontos de crescimento. Em frutos e tecidos de reserva dependentes do floema para o suprimento mineral, encontram-se mais K e Mg do que Ca (SCHIMANSKY, 1973 apud VITTI et al., 2006).

Depois do nitrogênio, o potássio é o elemento absorvido em maiores quantidades pelo milho, sendo que apenas, em média, 30 % são exportados nos grãos. Para o teor de potássio no grão os maiores teores foram observados quando ambas as fontes foram aplicadas ½ na semeadura e ½ no estágio V3 da cultura.

Tabela 2 - Teor de potássio, cálcio e magnésio na folha e no grão com as fontes KCl-polímero e KCl na cultura do milho, Formosa do Oeste-PR safra, 2015/2016

Tratamento	Teor de nutriente na folha					
	Potássio		Cálcio		Magnésio	
	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl

-----g/kg-----						
100% (9 DAS)	18,15 Ab*	16,09 Bc	2,94 Aa	2,65 Aa	1,31 Aa	1,65 Aa
½ 9DAS (½ SEM)	18,18 Ab*	18,12 Ab	3,12 Aa	2,65 Aa	1,09 Aa	1,43 Aa
100%SEM	18,21 Ab*	18,65 Ab*	3,21 Aa	2,81 Aa	2,19 Aa	1,50 Aa
½ SEM ½ V3	21,28 Aa*	20,75 Aa*	3,34 Aa	2,86 Aa	2,03 Aa	2,00 Aa
100%V3	21,05 Aa*	21,04 Aa*	3,40 Aa	2,87 Aa	2,28 Aa	2,12 Aa
Testemunha	16,22		2,66		1,02	
Média	19,37	18,93	3,20	2,76	1,78	1,74
Teor de nutriente no grão						
Tratamento	Potássio		Cálcio		Magnésio	
	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl
-----g/kg-----						
100% (9 DAS)	16,68 Aa	15,05 Bb	2,19 Aa	1,90 Aa	1,78 Aa	1,78 Aa
½ DAS (½ SEM)	16,63 Aa	15,21 Ab	2,30 Aa	1,90 Aa	1,71 Aa	1,76 Aa
100%SEM	16,68 Aa	15,96 Aab	2,46 Aa	2,86 Aa	1,75 Aa	1,77 Aa
½ SEM ½ V3	17,75 Aa*	17,13 Aab*	3,34 Aa*	2,86 Aa	1,99 Aa	1,78 Aa
100%V3	17,71 Aa*	17,87 Aa*	3,40 Aa*	2,85 Aa	1,97 Aa	1,78 Aa
Testemunha	14,82		1,91		1,64	
Média	17,09	16,24	2,73	2,47	1,84	1,77

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. \* Médias que diferem da testemunha pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

DAS: Dia antes da sementeira; SEM: Sementeira; V3: Estádio fenológico da cultura da soja

Entre as fontes KCl-polímero e KCl houve diferença apenas quando aplicadas ½ nove dias antes da sementeira + ½ na sementeira da soja com o KCl-polímero apresentando maior teor residual de potássio na camada de 0-10 cm (Tabela 3). Para o KCl-polímero apenas dois valores observados de potássio residual no solo foram classificados como baixos, quando aplicado 100% na sementeira e parcelado ½ nove dias antes da sementeira + ½ na sementeira (0,09 e 0,12 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

O KCl apresentou teores médio de potássio residual quando aplicado 100% na sementeira e parcelado ½ na sementeira + ½ no estágio V3 e 100% no estágio V3 da soja (0,18; 0,16 e 0,18 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), sendo os demais tratamentos com valores considerados alto.

Com os resultados apresentados na tabela 3 observa-se que as duas fontes podem ser utilizadas quando o objetivo for manter o teor de potássio médio a alto no solo, porém com formas de aplicação diferentes que levam em consideração características própria de cada fonte. Com o KCl-polímero foi possível manter o teor de potássio médio no solo quando aplicado 100% na sementeira e ½ na sementeira + ½ no estágio V3 ou 100% no estágio V3 da cultura

da soja, sendo que para o KCl o teor de residual de potássio no solo foi considerado médio quando aplicado 100% nove dias antes da semeadura ou parcelado nove dias antes da semeadura +  $\frac{1}{2}$  na semeadura.

O teor residual de potássio no solo diminuiu na profundidade de 10-20 cm do solo. De acordo com Paglia et al. (2007), há aumento da concentração de  $K^+$  na solução lixiviada, na medida em que a quantidade de  $K_2O$  aplicado no solo aumenta. Portanto, o manejo correto da adubação potássica pode minimizar perdas e evitar o esgotamento de potássio do solo (WERLE et al., 2008). Embora, os valores de produtividade observado terem sido próximos a encontrados por alguns autores, é de extrema importância a realização da análise de solo antes da implantação da cultura, pois, a aplicação insuficiente de adubo potássico pode levar ao esgotamento das reservas do solo e a aplicação excessiva pode intensificar as perdas por lixiviação mesmo em solos com média e alta capacidade de troca catiônica (ERNANI et al., 2007).

Mesmo que estatisticamente não houve diferença, é possível observar nos resultado apresentados na tabela 3 que adição de adubo potássica antes da semeadura da soja e no desenvolvimento da cultura proporcionaram aumento no teor de potássio residual no solo em relação a testemunha. Embora ainda não haja explicação, nota-se que o para o KCl-polímero quando o teor residual de potássio no solo foi maior houve maior concentração de potássio na folha e no grão e maior produtividade, o contrário foi observado para o KCl, sendo observado maiores valores de potássio residual no solo e menor produtividade quando aplicado 100% nove dias antes da semeadura e  $\frac{1}{2}$  nove dias antes da semeadura +  $\frac{1}{2}$  na semeadura.

Em relação ao teor de cálcio na camada de 0-10 cm não houve diferença entre as fontes, porém, quando aplicado o KCl-polímero  $\frac{1}{2}$  na semeadura +  $\frac{1}{2}$  no estágio V3 da cultura e dose total no estágio V3 da cultura, os teores de cálcio observados no solo foram superior estatisticamente a testemunha. Em relação ao KCl, embora o cálcio não seja um nutriente contido na fonte não se observou diferença estatística no teor de cálcio residual no solo, na profundidade de 0-10 e 10-20 cm do solo. Diante do exposto, deve-se considerar que o cálcio é um nutriente fortemente adsorvido pelas argilas o que dificulta sua lixiviação, podendo assim ter seu teor no solo considerado adequado por mais tempo.

Em relação ao teor residual de magnésio no solo, foi constatado ao final do cultivo de milho, na profundidade de 0-10 e 10-20 cm, que os teores de magnésio continuavam alto de acordo com Costa e Oliveira (2001). O teor de magnésio no solo depende da textura do solo e do conteúdo de matéria orgânica, ambos influenciam a CTC do solo. Com iguais quantidades de magnésio trocável, a concentração na solução é usualmente maior em solos arenosos do que

em solos com alto conteúdo de argila. Isso é explicável pelo fato que os solos com grande conteúdo de argila têm maior capacidade adsorvente que os solos arenosos. Entretanto, a liberação de magnésio do complexo trocável em solos argilosos é geralmente inferior à demanda pelas culturas, exigindo grandes quantidades de magnésio disponível para um ótimo crescimento das plantas (WIEND, 2007). Porém os resultados obtidos no presente experimento discordam da referida afirmação, uma vez que os teores de magnésio observados na folha e no grão são considerados adequados e o teor residual observado no solo é considerado muito alto.

É importante ressaltar a dificuldade de encontrar trabalhos na literatura referente a adubação cálcio no milho, tendo em vista que a prática de calagem ainda é a maneira mais usual de fornecimento deste nutriente às plantas.

Tabela 3 - Teor de potássio, cálcio e magnésio no solo na camada de 0-10 e 10-20 cm coletado após colheita da soja no município de Formosa do Oeste- PR, safra 2015/2016

Tratamento	Teor de nutriente no solo 0-10 cm					
	Potássio		Cálcio		Magnésio	
	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl
-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						
100% (9 DAS)	0,09 Aa	0,22 Aa	2,53 Aa	2,10 Aa	1,01 Aa	0,86 Aa
½9DAS (½ SEM)	0,12 Ba	0,28 Aa	2,60 Aa	2,53 Aa	1,07 Aa	0,95 Aa
100% SEM	0,20 Aa	0,18 Aa	2,87 Aa	2,85 Aa	1,07 Aa	0,97 Aa
½ SEM ½ V3	0,23 Aa	0,16Aa	3,36 Aa*	2,65 Aa	1,27 Aa	1,13 Aa
100% V3	0,24 Aa	0,18Aa	3,36 Aa*	2,61 Aa	1,28 Aa	1,18 Aa
Testemunha	0,12		1,98		0,97	
Média	0,18	0,20	2,94	2,54	1,14	1,01
Tratamento	Teor de nutriente no solo 10-20 cm					
	Potássio		Cálcio		Magnésio	
	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl	KCl-polímero	KCl
-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						
100% (9 DAS)	0,15 Aa	0,21Aa*	1,87 Aa	1,86 Aa	0,93 Aa	0,74 Aa
½9DAS (½ SEM)	0,13 Aa	0,19 Aa	1,80 Aa	1,88 Aa	0,91 Aa	0,93 Aa
100% SEM	0,17Aa	0,21 Aa*	1,84 Aa	1,85 Aa	1,07 Aa	0,95 Aa
½ SEM ½ V3	0,18 Aa	0,16 Aa	1,92 Aa	1,84 Aa	1,07 Aa	1,00 Aa
100% V3	0,16 Aa	0,16 Aa	2,04 Aa	1,88 Aa	1,22 Aa	1,07 Aa
Testemunha	0,10		1,84		0,68	
Média	0,16	0,18	1,89	1,86	1,04	0,93

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. \* Médias que diferem da testemunha pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

DAS: Dia antes da sementeira; SEM: Sementeira; V3: Estádio fenológico da cultura da soja.

#### 4.4 CONCLUSÕES

As fontes KCl-polímero e KCl aplicados na cultura da soja, proporcionaram incremento do teor de potássio disponível no solo e também maiores teores de potássio na folha e no grão em relação à ausência da adubação.

A semeadura do milho, sem adubação com potássio, considerando apenas o efeito residual dos adubos KCl-polímero e KCl, aplicados em diferentes épocas na cultura da soja, não influenciou na produtividade do milho, com exceção do KCl-polímero aplicado no estágio V3 da cultura da soja.

Houve significativo decréscimo no teor de potássio no solo devido o manejo da cultura do milho sem adubação de manutenção.

#### 4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROCH, D.L.; RANNO, S.K.; Fertilidade do solo adubação e nutrição da cultura do milho safrinha. In: FUNDAÇÃO MS. **Tecnologia e produção milho safrinha e cultura de inverno**. 6. ed. Maracaju, 2010.

CASAGRANDE, J.R.R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 33-40, jan. 2002.

CASTRO, O.M. Sistemas conservacionistas no Brasil: a experiência de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p. 77-78.

CAVALLET, L.E.; SANTOS PESSOA, A.C.; HELMICH, J.J.; HELMICH, P.R.; OST, C.F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *azospirillum spp.* **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.4, n.1, p.129-132, jan./abr. 2000.

COELHO, A.M. O potássio na cultura do milho. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 613-658.

COELHO, A.M. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Circular técnica 78)

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; PITTA, G.V.E.; ALVES, V.M.C. Fertilidade de solos: diagnose foliar. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 5. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 2). Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_5\\_ed/ferdiagnose.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/ferdiagnose.htm)>.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; PITTA, G.V.E.; ALVES, V.M.C.; HERNANI, L.C. Fertilidade de solos: nutrição e adubação do milho. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 3. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 1).

COSTA, J.M.; OLIVEIRA, E.F. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas**. 2. ed. Campo Mourão: Coamo/Coodetec, 2001.96p.

ERNANI, P.R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J.A. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, N. 2, p.393-402, mar./abr. 2007.

FANCELLI, A.L. **Tecnologia da Produção de milho**: módulos 1 e 3: cursos de atualização à distância. Passo Fundo: Aldeia Norte Ed., 2002. 96 p.

FERREIRA, E.V.O.; ANGHINONI, I.; ANDRIGHETTI, M.H.; MARTINS, A.P.; CARVALHO, P.C.F. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade de soja na integração lavoura-pecuária sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 161-169, já./fev. 2011.

FOLONI, J.S.S.; ROSOLEM, C.A. Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n. 4, p. 1549-1561, jul./ago. 2008.

FRANCISCO, E.A.B; CÂMARA, G.M.S.; SEGATELLI, C.R. Estado nutricional e produção do capim-pé-de-galinha e da soja cultivada em sucessão em sistema antecipado de adubação. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 259-266, 2007.

GONÇALVES JUNIOR, A.C.; TRAUTMANN, R.R.; MARENGONI, N.G.; RIBEIRO, O.L.; SANTOS, A.L. Produtividade do milho em resposta a adubação com npk e zn em argissolo vermelho-amarelo eutrófico e latossolo vermelho eutroférico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1231-1236, jul./ago., 2007

GUARESCHI, R.F.; GAZOLLA, P.R.; PERIN, A.; SANTINI, J.M.K. Adubação antecipada na cultura da soja com superfosfato triplo e cloreto de potássio revestidos por polímeros. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 643-648, ago. 2011.

LOPES, V.J.; LUCIO, A.D.C.; STORCK, L.; DAMO, H.P.; BRUM, B.; SANTOS, V.J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.37, n.6, p.1536-1542, nov./dez, 2007.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Circular técnica, 76). 10p. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ\\_76.pdf](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ_76.pdf)>.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1997. 210p.

PAVINATO, P.S.; CARETTA, C.A.; GIROTTO, E.; MOREIRA, I.C.L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 358-364, mar./abr. 2008.

PAGLIA, E.C.; SERRAT, B.M.; FREIRE, C.A.L.; VEIGA, A.M.; BORSATTO, R.S. Doses de potássio na lixiviação do solo com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n. 1, p.94-100, jan./fev. 2007.

POSSAN, A. **Avaliação na aplicação de cálcio e boro, no estágio de floração na cultura da soja (glycine max L. Merrill) nas regiões do oeste catarinense**. 2010. 46. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia) – Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, 2010.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: Internacional Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

RODRIGUES, M.A.; BUZETTI, S.; FILHO M.C.M.; GARCIA, C.M. P.; ANDREATTI, M. Adubação com KCl revestido na cultura do milho no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n. 2, p. 127-133, fev. 2014.

SETIYONO, T.D.; WALTERS, D.T.; CASSMAN, K.G.; WITT, C.; DOBERMANN, A. Estimating maize nutrient uptake requirements. **Field Crops Research**, v. 118, n.2, p. 158-168, Ago. 2010.

SOUZA, E.F.C.; SORATTO, R.P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, MG, v.5, n.3, p.395-405, 2006.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C.G.S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n.2, p. 254-263, abr./jun. 2011.

VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. p. 299-396.

WERLE, R.; GARCIA, R.A.; ROSOLEM, C.A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n. 6, p.2297- 2305, nov./dez. 2008.

WIEND, T. Otimização da produção. **Informações Agronômicas**, n. 117, p. 19-21, mar. 2007. Disponível em <[http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/FE8C56C221AE2CCD83257AA10061752D/\\$FILE/Parte-Toni.pdf](http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/FE8C56C221AE2CCD83257AA10061752D/$FILE/Parte-Toni.pdf)>.

## ANEXO

Tabela 1 - Quadro de análise de variância com os quadrados médios para as variáveis, produtividade, altura de planta e altura de inserção da primeira vagem

Fonte de Variação	GL	Produtividade	Alt planta	Alt vagem
Bloco	3	13402,36128	4,21608 <sup>ns</sup>	1,86238 <sup>ns</sup>
Tratamento	10	323602**	84,69913**	1,23111 <sup>ns</sup>
Fontes	1	3280011,94321**	26,01769 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>
Modo aplicação	4	109744,86773*	117,91046**	0,56707 <sup>ns</sup>
Interação	4	324681,65004**	46,50556*	1,73677 <sup>ns</sup>
Test x Fatorial	1	1170311,01938**	163,30946**	2,69571 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	35814,79496	14,52805	1,62052
Total	43			
C.V( %)		4,66	4,37	7,95

<sup>ns</sup> não significativo \* significativo a 5%(0,05) \*\* significativo a 1%(0,01) Test: Testemunha

Tabela 2 - Quadro de análise de variância com os quadrados médios para as variáveis, Teor de potássio (K), cálcio (Ca), e magnésio (Mg) na folha e no grão

Fonte de Variação	GL	K Folha	Ca folha	Mg folha	K grão	Ca grão	Mg grão
Bloco	3	0,55947 <sup>ns</sup>	31,9414 <sup>ns</sup>	0,40958 <sup>ns</sup>	0,42741 <sup>ns</sup>	8,39572 <sup>ns</sup>	0,77191 <sup>ns</sup>
Tratamento	10	2,94134**	35,74367 <sup>ns</sup>	1,98523**	3,3386**	30,34041*	1,02382**
Fontes	1	4,66406*	1,35056 <sup>ns</sup>	9,39607**	1,48225 <sup>ns</sup>	32,2023 <sup>ns</sup>	3,34657**
Modo de aplicação	4	2,71513**	6,61948 <sup>ns</sup>	0,12419 <sup>ns</sup>	0,87413 <sup>ns</sup>	20,18954 <sup>ns</sup>	0,44465 <sup>ns</sup>
Interação	4	1,58832 <sup>ns</sup>	15,83247 <sup>ns</sup>	0,255 <sup>ns</sup>	2,36354*	33,81022*	0,55932 <sup>ns</sup>
Test X Fatorial	1	8,13552**	266,27828**	8,9395**	18,95305**	55,20278*	2,8758**
Resíduo	30	0,66126	18,84646	0,22472	0,53456	12,27776	0,22472
Total	43						
C.V( %)		5,004	15,35	8,7	4,803	17,09	8,7

<sup>ns</sup> não significativo \* significativo a 5%(0,05) \*\* significativo a 1%(0,01) Test: Testemunha

Tabela 3 - Quadro de análise de variância com os quadrados médios para as variáveis, Teor de potássio(K), Cálcio (Ca), e magnésio(Mg) no solo na profundidade de(0-10 cm) e na profundidade de 10-20 cm

Fonte de Variação	GL	K 0-10 cm	Ca 0-10	Mg 0-10	K 10-20	Ca 10-20	Mg10-20
Bloco	3	0,00093	0,2091	0,36015 <sup>ns</sup>	0,01261	0,22276	0,7945 <sup>ns</sup>
Tratamento	10	0,01246 <sup>ns</sup>	0,14622**	0,00744 <sup>ns</sup>	0,00491**	3,74736**	0,0249 <sup>ns</sup>
Fontes	1	0,01153*	0,5814 <sup>ns</sup>	0,00081 <sup>ns</sup>	0,00038 <sup>ns</sup>	30,96544**	0,0065 <sup>ns</sup>
Modo de aplicação	4	0,01305*	0,1796 <sup>ns</sup>	0,00435 <sup>ns</sup>	0,00554 <sup>ns</sup>	0,41769 <sup>ns</sup>	0,02493 <sup>ns</sup>
Interação	4	0,0605 <sup>ns</sup>	0,16975**	0,00652 <sup>ns</sup>	0,00129 <sup>ns</sup>	0,19481 <sup>ns</sup>	0,00652 <sup>ns</sup>
Test X Fatorial	1	0,03661**	0,00627 <sup>ns</sup>	0,03011 <sup>ns</sup>	0,02137 <sup>ns</sup>	4,05812 <sup>ns</sup>	0,02227 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	0,00232 <sup>ns</sup>	0,2233	0,15937	0,0078	0,40538	0,08382
Total	43						
C.V( %)		16,26	12,38	22,50	40,03	17,24	22

<sup>ns</sup> não significativo \* significativo a 5%(0,05) \*\* significativo a 1%(0,01) Test: Testemunha

Tabela 4 - Quadro de análise de variância com os quadrados médios para as variáveis, comprimento de espiga, produtividade

Fonte de Variação	G.L	Com espiga	Produtividade
Bloco	3	0,393	37510,84
Tratamento	10	0,412 <sup>ns</sup>	68300,39*
Fontes	1	1,190 <sup>ns</sup>	69639,02 <sup>ns</sup>
Modo de aplicação	4	0,321 <sup>ns</sup>	98002,9**
Interação	4	0,293 <sup>ns</sup>	32276,02 <sup>ns</sup>
Test X Fatorial	1	0,472 <sup>ns</sup>	92249,18 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	0,526	23381,28
Total	43		
C.V (%)		5,60	3,26

Tabela 5- Quadro de análise de variância com os quadrados médios para as variáveis, Teor de potássio (K), cálcio (Ca), e magnésio (Mg) na folha e no grão da cultura do milho.

Fonte de Variação	G.L	K folha	Ca folha	Mg folha	K grão	Ca grão	Mg grão
Bloco	3	0,871	0,006	0,536	0,807	0,886	0,425
Tratamento	10	14,21**	0,304 <sup>ns</sup>	0,819 <sup>ns</sup>	4,91**	1,242*	0,042 <sup>ns</sup>
Fontes	1	1,985 <sup>ns</sup>	1,896*	0,014 <sup>ns</sup>	7,169*	0,704 <sup>ns</sup>	0,042 <sup>ns</sup>
Modo de aplicação	4	25,336**	0,169 <sup>ns</sup>	1,178*	6,351**	2,188**	0,037 <sup>ns</sup>
Interação	1	1,869*	0,016 <sup>ns</sup>	0,363 <sup>ns</sup>	1,014 <sup>ns</sup>	0,290 <sup>ns</sup>	0,030 <sup>ns</sup>
Test X Fatorial	4	31,29**	0,404 <sup>ns</sup>	2,011*	12,50**	1,799 <sup>ns</sup>	0,112 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	0,676	0,273	0,395	1,235	0,447	0,321
Total	43						
C.V (%)		4,29	17,47	35,68	6,66	25,62	31,33

<sup>ns</sup> não significativo \* significativo a 5%(0,05) \*\* significativo a 1%(0,01) Test: Testemunha

Tabela 6 - Quadro de análise de variância com os quadrados médios para as variáveis, teor de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no solo na profundidade de 0-10 cm e 10-20cm

Fonte de Variação	G.L	K 0-10cm	K 10-20cm	Ca 0-10 cm	Ca 10-20	Mg 0-10	Mg 10-20 cm
Bloco	3	0,00116	0,00367	0,66119	0,22279 <sup>ns</sup>	0,085	0,318
Tratamento	10	0,01329*	0,00433*	0,75024*	0,01581 <sup>ns</sup>	0,072 <sup>ns</sup>	0,096 <sup>ns</sup>
Fontes	1	0,00792 <sup>ns</sup>	0,00613 <sup>ns</sup>	1,57291**	0,01001 <sup>ns</sup>	0,147 <sup>ns</sup>	0,107 <sup>ns</sup>
Modo de aplicação	4	0,003511 <sup>ns</sup>	0,0016 <sup>ns</sup>	0,71482*	0,01884 <sup>ns</sup>	0,132 <sup>ns</sup>	0,112 <sup>ns</sup>
Interação	4	0,0227*	0,00276 <sup>ns</sup>	0,23684 <sup>ns</sup>	0,01689 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,012 <sup>ns</sup>
Test X Fatorial	1	0,02013 <sup>ns</sup>	0,01973 <sup>ns</sup>	2,1228 <sup>ns</sup>	0,00519 <sup>ns</sup>	0,044 <sup>ns</sup>	0,363 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	0,00734	0,00277	0,20059	0,3106	0,251 <sup>ns</sup>	0,184
Total	43						
C.V (%)		44,13	30,14	16,28	29,60	46,28	43,26

<sup>ns</sup> não significativo \* significativo a 5%(0,05) \*\* significativo a 1%(0,01) Test: Testemunha