

Aplicação foliar de silício no milho 2^a safra: Influência na produtividade

Matheus Felipe Munaro¹ e Ana Paula Morais Mourão Simonetti²

Resumo: O milho é o cereal mais produzido e consumido no mundo, sua utilização está ligada como insumo principal na produção de proteína animal, na alimentação humana e também na produção de biocombustíveis. A partir dessa alta necessidade em produzir o cereal, o objetivo é de avaliar a influência de diferentes doses de silício via aplicação foliar na cultura do milho, sendo utilizada a cultivar 30A37PW, na safrinha 2016, na cidade de Santa Helena - PR. O delineamento utilizado é de blocos casualizados, (DBC), com 5 doses de K₂SiO₃ (0; 0,75; 1,5; 2,25 e 3 Lha⁻¹) em duas aplicações, sendo essas realizadas, nas fases V2 e V4, em quatro repetições. As primeiras avaliações foram feitas aos 30 dias após o plantio, sendo avaliadas: massa fresca da raiz (Kg), da planta inteira (Kg) e o comprimento da parte aérea (m). Na colheita, foi avaliada a produtividade (Kg ha⁻¹), massa de mil grãos (g) e número de grãos por espiga. Os dados foram submetidos a análise de variância e ajustados a regressão, com o auxílio do pacote estatístico ASSISTAT. De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que a utilização de silicato de potássio via foliar no milho influenciou no desenvolvimento inicial da cultura nos parâmetros, massa fresca da raiz e da planta inteira, e na produtividade e número de grãos por espiga, sendo as duas aplicações de 2,25 L ha⁻¹ de K₂SiO₃ a dose mais indicada.

Palavras-chave: Silicato de potássio, rendimento dos grãos, *Zea mays*.

Foliar application of silicon in maize 2nd crop: Influence on productivity

Abstract: Corn is the world's most consumed and consumed cereal, its use is linked as a main input in the production of animal protein, in human food and also in the production of biofuels. The objective of this study was to evaluate the influence of different doses of silicon by foliar application in the corn crop, using the cultivar 30A37PW, in the safrinha 2016, in the city of Santa Helena - PR. A randomized block design (DBC) with 5 doses of K₂SiO₃ (0, 0.75, 1.5, 2.25 and 3 Lha⁻¹) was used in two applications, which were performed in phases V2 and V4 , In four replicates. The first evaluations were made at 30 days after planting, being evaluated: fresh root mass (Kg), whole plant (kg) and shoot length (m). At harvest, productivity (kg ha⁻¹), mass of one thousand grains (g) and number of grains per spike were evaluated. Data were submitted to analysis of variance and adjusted to regression, with the aid of the statistical package ASSISTAT. According to the results, it was concluded that the use of potassium silicate via leaf in maize influenced the initial development of the crop in the parameters, fresh root and whole plant mass, and yield and number of grains per ear. The two applications of 2.25 L ha⁻¹ of K₂SiO₃ the most indicated dose.

Key words: potassium silicate, yield of grain, *zea mays*.

¹ Formando no Curso de Agronomia do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz – Cascavel – PR
Munaro_matheus@hotmail.com

² Engenheira Agrônoma. Doutoranda em Engenharia Agrícola (UNIOESTE). Coordenadora do Curso de Agronomia do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz – PR. anamourao@fag.edu.br

Introdução

A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. Na realidade, o uso do milho em grão como alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 70% no mundo. Nos Estados Unidos, cerca de 50% é destinado a esse fim, enquanto que no Brasil varia de 60% a 80%, dependendo da fonte da estimativa e de ano para ano (EMBRAPA, 2007).

Nos últimos anos, tanto o Brasil, como o Paraná, conquistaram um importante papel no mercado internacional, como exportadores de milho. A produção paranaense da safra 2014/2015, somando primeira e segunda safras, teve uma produção de 15.862,9 mil toneladas, só perdendo para o estado do Mato Grosso que teve um total de 20.763,4 mil toneladas, comprovando assim sua grande influência na produção nacional, o Paraná acabou contribuindo com 18,72% na produção, que teve um total na safra 2014/2015 de 84.729,2 mil toneladas de milho (CONAB, 2015).

A cultura do milho sempre teve um papel importante para a economia paranaense. A maior parte do milho produzido no Paraná é consumido no próprio Estado, destinando-se às atividades pecuárias, mais especificamente para a avicultura e suinocultura, essas atividades, em conjunto, absorvem 65% do volume ofertado (DEMARCHI, 2011).

O planejamento da adubação de forma geral deve ser fundamentado nas exigências nutricionais da planta, na marcha de absorção de nutrientes, nos nutrientes que serão utilizados, na fertilidade atual do solo, no histórico da gleba, nas condições climáticas reinantes no período e na produtividade almejada (FANCELLI, 2010).

O silicato de potássio é obtido tratando-se a sílica com hidróxido de potássio, sob temperatura e pressão altas, obtendo-se o silicato de potássio. O silicato apresenta-se como líquido solúvel, pH maior que 12, aspecto viscoso e incolor. Por ser solúvel pode ser aplicado via foliar, fertirrigação e hidroponia. No solo, o silício desloca o fósforo (P) fixado nos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, tornando-o disponível para as plantas. Em condições de alagamento, reduz a toxidez de ferro e manganês, este também favorece a nodulação e, consequentemente, a maior fixação do N atmosférico pelas bactérias do gênero *Rizobium*, nas leguminosas, se polimeriza aumentando a resistência ao acamamento, nas folhas, aumenta a resistência às deficiências hídricas, às pragas e doenças, além de ajudar na fotossíntese, produção de carboidratos e açúcares (BRAGA, 2010)

Adubos contendo silício são atualmente utilizados em vários países, este elemento tem sido considerado chave para a sustentabilidade, não apenas na agricultura convencional, mas também agricultura orgânica e biodinâmica (KORNDÖRFER, 2006)

Um dos paradigmas da adubação de silício está no uso das fontes em que ele pode ser encontrado e que ele possa estar mais disponibilizado na rizosfera. As fontes tradicionalmente utilizadas como os silicatos de cálcio e magnésio, apresentam teores baixíssimos de Si solúvel, também são insolúveis ou apresentam baixa solubilidade em água. O uso de silício móvel, na forma de silicato de potássio, tem proporcionado aumentos significativos de produção pelo aumento da eficiência no uso de nutrientes imóveis como o cálcio, ferro, zinco, manganês e cobre, e consequentemente, uma maior resistência ao ataque de pragas e doenças (RODRIGUES, RODRIGUES e FIGUEIREDO, 2007)

De maneira geral, a aplicação foliar de K_2SiO_3 proporciona incrementos significativos quando utilizados na cultura do milho, o que pode ser atribuído ao aumento de atividade fotossintética da planta, e influenciando em outros caracteres de desenvolvimento da planta, como a massa do colmo e massa de mil grãos (SOUZA, *et al*, 2010).

Esse trabalho objetiva verificar se há influência em parâmetros de desenvolvimento inicial e produtivos do milho, a partir da utilização de silicato de potássio via foliar.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na cidade de Santa Helena, na localidade de Linha São Jorge, durante os meses de fevereiro de 2016 a julho de 2016, em condições normais a campo, sendo esta área localizada a uma altitude de 241 metros acima do nível do mar, a uma latitude de $24^{\circ} 92'16''$ sul e longitude $54^{\circ} 19' 77''$ oeste, classificado como clima subtropical no bioma da Mata Atlântica, o solo trata – se do tipo Latossolo vermelho distroférreo com textura argilosa, apresentando uma alta retenção de água no seu perfil.

O delineamento experimental foi (DBC), composto por 5 (cinco) tratamentos, com doses diferentes de K_2SiO_3 , sendo (0; 0,75; 1,5; 2,25 e 3 L ha^{-1}), e 4 repetições em cada tratamento, gerando um total de 20 parcelas de 6 x 2,5 metros, ou 15 m^2

A cultivar de milho utilizada no experimento foi a MORGAN 30A37PW; semeada pelo método de plantio direto sobre a palhada da soja.

A implantação da cultura foi realizada no dia 15 de fevereiro de 2016, sendo utilizado um trator e uma plantadeira, a velocidade utilizada foi de 4 km/h para a deposição da semente no solo, a uma profundidade de 4 cm em relação ao nível superficial do solo. As sementes

foram tratadas com o inseticida CROPSTAR (Imidacloprido + Tiodicarb), a uma dosagem de 220 mL de produto puro, para cada 10 kg de sementes que se desejava fazer o tratamento e com o enraizador BASFOLIAR TOP, a uma dosagem de 135 mL para cada 10 kg de sementes que se desejava tratar.

Aos 20 dias após a o plantio, foi constatado uma grande incidência do ataque do percevejo barriga verde (*Dichelops melacanthus*), e foi realizado o controle via aplicação de inseticida, HERO (Zeta cipermetrina + Bifentrina), a uma dosagem de 0,4 L ha⁻¹.

A primeira aplicação de silício foi feita aos 15 dias após o plantio do milho, sendo que este já estava na fase de V2, e a segunda na fase V4. A quantidade de agua para compor a calda da aplicação, foi baseada em 150 litros de água por ha, convertendo, para 15 m² que era o tamanho de cada parcela, o total de água utilizada foi de 0,225 litros de agua por canteiro.

Aos 30 dias depois de ser feito o plantio, as primeiras avaliações foram realizadas, foi feito o arranquio de 5 plantas escolhidas casualmente em cada parcela de cada tratamento, estas foram pesadas inteiras, e após lavadas, em seguida, foram cortadas na região do colo, aí foi feita a pesagem das raízes, com o auxílio de uma balança, e após a medição da parte área das plantas a partir da região onde foi feito o corte, utilizando-se uma fita métrica.

Na colheita, foi avaliada a produtividade Kg ha⁻¹, massa de mil grãos, números de grãos por espiga. Para ser avaliada a produtividade, foi colhida a área de cada repetição do tratamento em sua totalidade, para o levantamento da massa de mil grãos, foram coletadas algumas espigas por cada repetição e separados os mil grãos; o número de grãos por espiga foi obtido através da média de 2 espigas em cada repetição.

Após a total coleta dos dados, os mesmos foram submetidos a análise de variância e ajustados a regressão, com o auxílio do pacote estatístico ASSISTAT, Silva e Azevedo (2002).

Resultados e Discussões

As avaliações realizadas no presente trabalho, estão disponíveis na Tabela 1, onde foram analisados os seguintes itens: massa fresca de 5 plantas inteiras, massa fresca de 5 raízes, altura da parte aérea, massa de mil grãos, número de grãos por espiga e produtividade em Kg ha⁻¹.

Tabela 1 – Massa fresca da planta inteira (Kg), massa fresca da raiz (Kg), altura da parte aérea (m) avaliados aos 30 dias, e massa de mil grãos (g), número de grãos por espiga e produtividade (Kg ha^{-1}) avaliados no momento da colheita em função da aplicação de diferentes dosagens de K_2SiO_3 em plantas de milho, em Santa Helena – PR.

Tratamentos e dosagem de K_2SiO_3 (L ha^{-1})	Massa fresca de 5 plantas inteiras (kg)	Massa fresca de 5 raízes (Kg)	Altura da parte aérea (m)	Massa de mil grãos (g)	Número de grãos por espiga	Produtividade (Kg ha^{-1})
1 - 0,0	0,78	0,111	1,04	263,75	497,25	3.475,25
2 - 0,75	0,95	0,153	1,08	269,75	499,75	3.350,75
3 - 1,5	0,88	0,148	1,07	269	535,5	3.355,75
4 - 2,25	1,04	0,176	1,13	300	550,75	3.702,25
5 - 3,0	0,9	0,151	1,08	278,75	520	3.392,00
Est . F.	11,24	9,91	1,98	0,36	7,56	11,26
R.Q.	**	**	n.s	n.s	*	n.s
R.C.	n.s	n.s	n.s	n.s	**	**
R. 4º Grau	**	*	n.s	n.s	n.s	n.s
CV (%)	7,51	11,5	4,29	7,33	3,24	4,29

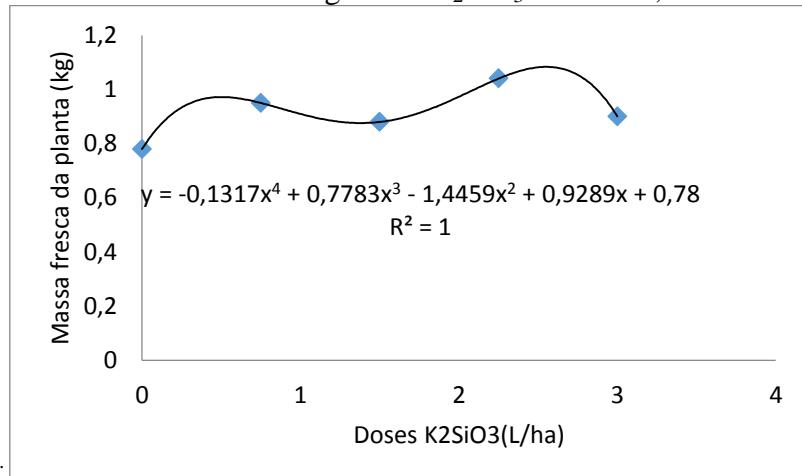
R.Q. = Regressão Quadrática; R.C. = Regressão Cúbica R.4º Grau = Regressão de 4º Grau CV = Coeficiente de variação;

n.s = não significativo, * e ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Observa – se na Tabela 1, que em relação aos coeficientes de variação, cinco itens avaliados tiveram dados de até 10 %, tendo baixa dispersão e alta homogeneidade, Pimentel Gomes (2000), como a massa fresca de 5 plantas inteiras, (7,51 %), altura da parte aérea (4,29 %), massa de mil grãos (7,33 %), número de grãos por espiga (3,24 %) e produtividade (4,29 %). Mas também houve um item que teve seu coeficiente de variação acima de 10%, caracterizado como de média dispersão a alta homogeneidade, com a massa fresca de 5 raízes com CV de (11,5 %).

Pode – se notar a partir da Figura 1 que a massa fresca de 5 plantas inteiras por tratamento teve um melhor resultado no tratamento 4 quando feita as duas aplicações de 2,25 L ha^{-1} de K_2SiO_3 nas fases de desenvolvimento V2 e V4.

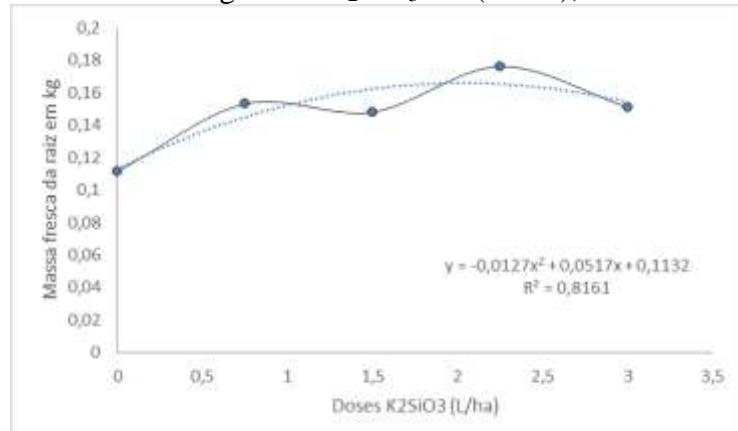
Figura 1 - Massa fresca de 5 plantas inteiras (Kg) aos 30 dias após o plantio, em função de diferentes dosagens de K_2SiO_3 em $L\ ha^{-1}$, em Santa Helena – PR.



A avaliação da massa da planta inteira, foi feita 30 dias após a semeadura do milho, pode-se constatar, partir da Figura 1 que o tratamento 4, onde foi utilizado $2,25 L\ ha^{-1}$ de K_2SiO_3 , teve seu melhor desenvolvimento em comparação com os outros tratamentos, entretanto, em trabalho de CARVALHO (2000), onde foram utilizadas fontes sólidas de silício, e aplicadas sobre plantas de arroz irrigado, estes não tiveram significância em relação a massa seca das plantas comprovando, que consequentemente, não se obteve um maior desenvolvimento foliar inicial do que se fosse comparado a outras fontes de K_2SiO_3 , ao contrário do que ocorreu neste trabalho, onde se obteve resultados significativos, tanto para regressão quadrática e regressão de 4º grau ao nível de 1% de probabilidade.

Notou – se partir dos dados da Tabela 1, que a massa fresca das raízes teve um maior índice de resultado no Tratamento 4, onde feita as duas aplicações de $2,25 (L\ ha^{-1})$ de K_2SiO_3 nas fases de desenvolvimento V2 e V4, quando comparada aos outros tratamentos, como demonstrado na Figura 2 a seguir.

Figura 2 - Massa fresca de 5 raízes (Kg) aos 30 dias após o plantio, em função de diferentes dosagens de K_2SiO_3 em $(L\ ha^{-1})$, em Santa Helena – PR.



A avaliação da massa fresca das raízes foi feita aos 30 dias após a semeadura do milho, podendo assim ser constatado, na Figura 2 que o tratamento 4, que foi utilizado a dosagem de $2,25 \text{ L ha}^{-1}$ de K_2SiO_3 , onde se obteve um melhor desempenho em comparação com os outros tratamentos. Segundo Büll *et al.* (1993), as raízes de monocotiledôneas como o arroz apresentam baixa CTC radicular, tendo preferência na absorção de cátions monovalentes, como o potássio, auxiliando assim para um melhor aproveitamento do silicato de potássio utilizado, sendo que o trabalho de Pupatto *et al.* (2004), que foi utilizado resíduos industriais como fontes de silício, também houve uma um aumento de crescimento das raízes do arroz, comprovando assim a sua eficácia do seu uso.

Os resultados das médias obtidos pela Tabela 1, mostraram que não houve significância para a regressão quadrática, regressão cúbica e de 4º Grau, nas probabilidades de 1% e 5%, para a altura da parte aérea e a massa de mil grãos em nenhum dos tratamentos utilizados, como segue na Figura 3 a seguir:

Figura 3 - Altura da parte aérea da planta (m) a partir da região do colo, aos 30 dias após o plantio (Fig. A) e massa de mil grãos (g) com a análise feita no momento da colheita, (Fig. B) em função de diferentes dosagens de K_2SiO_3 em (L ha^{-1}), em Santa Helena – PR.

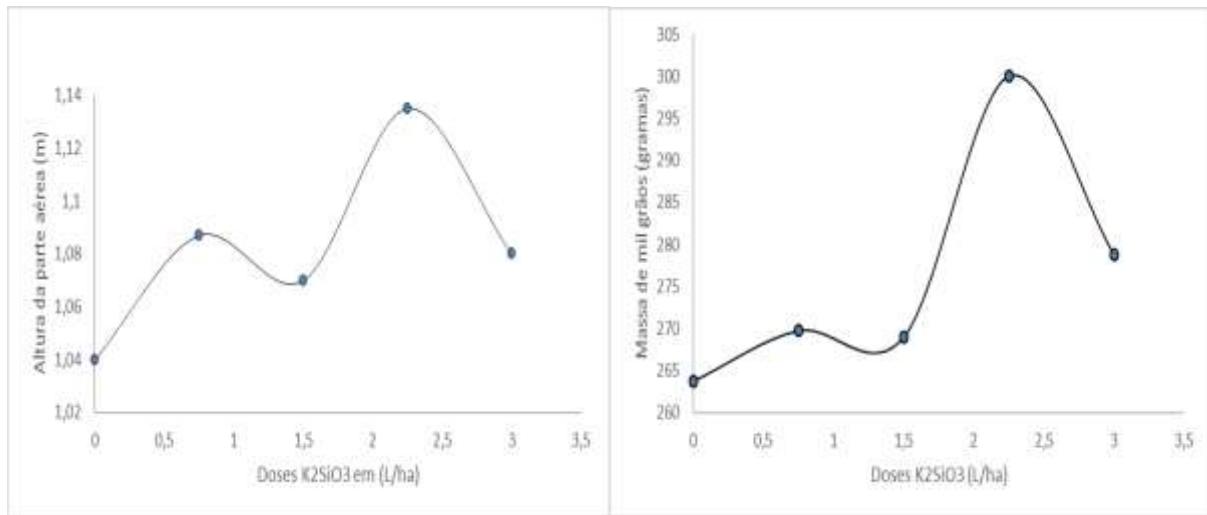


Figura A

Figura B

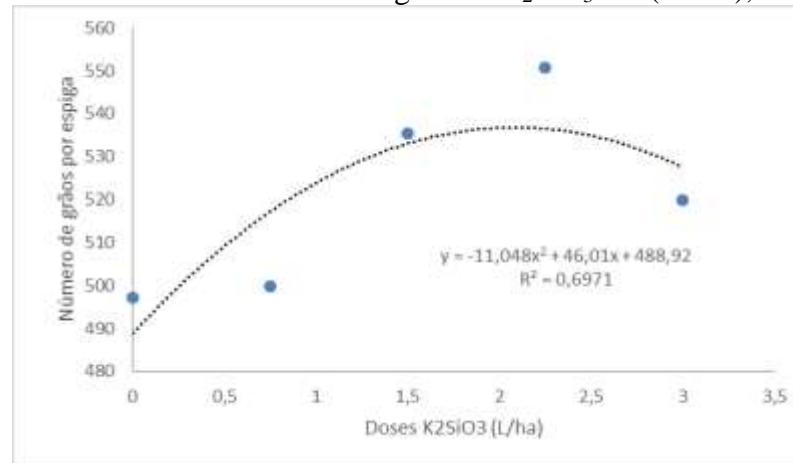
Apesar da não significância dos tratamentos sobre a altura de plantas e massa de mil grãos, o tratamento 4 se destaca por resultados numéricos superiores aos demais. Já Sandim *et al* (2010), afirmam que quando utilizaram fontes de silício em forma pó de sílica com 50% de silício em sua composição na cultura do milho, também não se teve um maior desenvolvimento na altura da parte aérea das plantas com várias dosagens utilizadas.

O resultado encontrado relativo a massa de mil grãos corrobora com o encontrado por Freitas *et.al* (2011), quando utilizaram fontes de silício via foliar no milho, verificaram que

não se obteve significância para as regressões utilizadas, comprovando assim que o uso de silício para aumento da massa de mil grãos não gera resultados satisfatórios.

Os resultados obtidos quanto ao número de grãos por espiga, ajustaram-se a uma regressão quadrática, sendo que o Tratamento 4, onde foi utilizado 2,25 ($L\ ha^{-1}$) de K_2SiO_3 , nas fases V2 e V4, teve um melhor desempenho, como pode ser visto na Figura 4 a seguir.

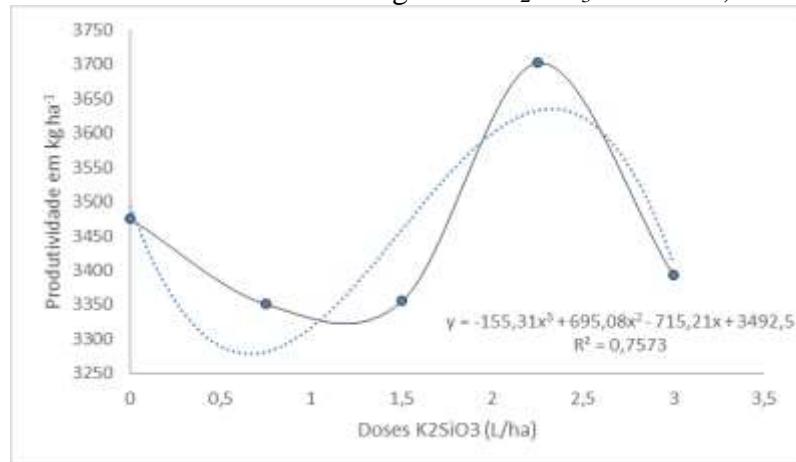
Figura 4 - Número de grãos por espiga, com análise feita no momento da colheita, em função de diferentes dosagens de K_2SiO_3 em ($L\ ha^{-1}$), em Santa Helena – PR.



A avaliação de número de grãos por espiga foi realizada no momento da colheita, a partir desta avaliação, notou – se que o tratamento 4, que foi utilizado 2,25 $L\ ha^{-1}$ de K_2SiO_3 , teve seu melhor desenvolvimento em comparação com os outros tratamentos. Entretanto Sandim *et. al* (2010) não obtiveram resultados estatísticos significativos quando utilizadas fontes de silício a partir de pó de sílica, mas em quantidade de grãos produzidos por espiga teve diferença entre os seus tratamentos

Na figura 5, é demonstrado os resultados de produtividade de milho, em função das doses de silício, e observa-se o ajuste dos dados a regressão cúbica, apresentando o tratamento 4, o resultado mais expressivo em relação aos demais tratamentos, com produção em torno de $3700\ Kg\ ha^{-1}$. Porém essa produção considerada baixa para padrões normais, pode ter se dado pela seca severa de 40 dias, na época de formação das espigas do milho; seguida de danos causados por geadas.

Figura 5 - Produtividade em Kg ha⁻¹, com análise feita no momento da colheita, em função de diferentes dosagens de K₂SiO₃ em L ha⁻¹, em Santa Helena – PR.



A avaliação de produtividade em Kg ha⁻¹ foi realizada no momento da colheita, nesta avaliação, notou -se que o Tratamento 4 se diferiu dos demais, por apresentar melhores resultados. Entretanto Sousa *et.al* (2010), quando utilizaram diferentes doses de silicato via foliar, também obtiveram bons resultados de produtividade, atingindo em média 10800 Kg ha⁻¹, mas utilizou dosagens em torno de 2,9 L ha⁻¹ de K₂SiO₃, o que diferiu das quantidades utilizadas neste trabalho.

Conclusões

Conclui-se que a utilização de silicato de potássio via foliar no milho influenciou no desenvolvimento inicial da cultura nos parâmetros, massa fresca da raiz e da planta inteira, e na produtividade e número de grãos por espiga, sendo as duas aplicações de 2,25 L ha⁻¹ de K₂SiO₃, a dose mais indicada.

Referências

BRAGA, G. O Silício e sua importância para as plantas. **Na sala com Gismonti, Assuntos sobre a agronomia**. São Paulo – SP. 2010.

BÜLL, L.T.; MELLO, A.F.; SOARES, E.; BOARETO, A.E. Influência da relação K/(Ca + Mg) do solo na produção de matéria seca e na absorção de potássio por gramíneas e leguminosas forrageiras: I. Absorção de potássio em função da espécie vegetal. **Científica**, v.21, p.55-66, 1993.

CARVALHO, J.C. **Análise de crescimento e produção de grãos da cultura do arroz irrigado por aspersão em função da aplicação de escórias de siderurgia como fonte de silício**. 2000. 119p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CONAB. Décimo Segundo Levantamaneto. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasília – DF. Vol 2. P 95-97, 2015

DEMARCHI, M. Análise de Conjuntura Agropecuária. **Estado do Paraná Secretaria da Agricultura e do Abastecimento Departamento de Economia Rural.** Curitiba. 2011

EMBRAPA. Importância Sócio Econômica do milho. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Brasília – DF. 2007

FANCELLI, A. L. Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes na cultura do milho. **Informações Agronômicas.** Piracicaba – SP. N° 131. 2010.

FREITAS, L. B; COELHO, E.M; MAIA, S.C.M; SILVA, E.R.B; Adubação foliar com silício na cultura do milho. **Revista Ceres**, vol.58, n. 2, Viçosa, 2011.

KORNDORFER, G. H.; Eficiência do silício como corretivo de solo. **Revista Campo e Negócios**, Uberlândia, ano 4, n° 42, p 84-85, 2006.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental.** 14. ed. Piracicaba: Degaspari, 2000. 477p.

PUPATTO, J. G; BÜLL, L.T.; **Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias.** Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Unesp, Botucatu, SP, 2004.

RODRIGUES, C. R; RODRIGUES, T.M.; FIGUEIREDO, F.C. Aumento de qualidade e produção com aplicação de silício solúvel. **Revista Campo e Negócios HF**, Uberlândia, Ano 2, n° 24, p 34-40, 2007.

SANDIM, A.S; RIBON A.A; DIOGO, L.O; SAVI, M.A; Doses de silício na produtividade do milho (*Zea mays L.*) híbrido simples na região de Campo Grande – MS. **Revista Cultivando o Saber.** Vol.3, n.1, p.171-178, Cascavel, 2010.

SILVA, F. de A. S. e. & AZEVEDO, C. A. V; Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4,n. 1, p71-78,2002.

SOUSA, J.V; RODRIGUES, C.R; LUZ, J.M.Q; CARVALHO, P.C; RODRIGUES, T.M; BRITO, C.H; **Silicato de Potássio via foliar no milho: Fotossíntese, Crescimento e Produtividade.** Uberlândia, v.26, n° 4, p. 502-513, Julho/Agosto. 2010.