

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LENNIS AFRAIRE RODRIGUES

**EFEITO DO SILÍCIO VIA APLICAÇÃO FOLIAR E RECOBRIMENTO DE
SEMENTES DE MILHO**

CHAPADÃO DO SUL – MS
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LENNIS AFRAIRE RODRIGUES

**EFEITO DO SILÍCIO VIA APLICAÇÃO FOLIAR E RECOBRIMENTO DE
SEMENTES DE MILHO**

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Charline Zaratín Alves

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato
Grosso do Sul, para obtenção do
título de Mestre em Agronomia, área
de concentração: Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL – MS
2015



Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Câmpus de Chapadão do Sul

CERFITICADO DE APROVAÇÃO

DISCENTE: Lennis Afraire Rodrigues

ORIENTADOR (A): Prof. (a) Dr. (a) Charline Zaratín Alves

**USO DE SILÍCIO VIA TRATAMENTO DE SEMENTES E APLICAÇÃO
FOLIAR EM MILHO SAFRINHA**

Prof.(a) Dr.(a) Presidente Charline Zaratín Alves

Prof.(a) Dr.(a) Rita de Cassia Felix Alvarez

Prof.(a) Dr.(a) Flávio Ferreira da Silva Binotti

Chapadão do Sul, 31 de Março de 2015.

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, Sônia e Sélis,
que me ensinaram o valor do conhecimento, humildade, trabalho e
honestidade, valores estes que formaram meu caráter e norteiam a minha vida.*

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida e pela concessão de tantas bênçãos ao longo destes anos, por ter me dado força e coragem para trilhar o caminho do bem;

Aos meus pais, Sônia Dolores e Sélis Rodrigues, pelo apoio e amor que me levaram a conquistar mais essa meta, por quem me sinto honrada de ser filha;

Aos meus irmãos, Lilian Rodrigues e Lenner Rodrigues, pelo amor incondicional e por mesmo longe sempre estarem comigo, dos quais me orgulho muito;

Ao meu amigo e companheiro Rafael Zeni, que esteve ao meu lado nos dias bons e ruins, por me dar força e animo pra não desistir e continuar acreditando em dias melhores;

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus Chapadão do Sul, e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia – Produção Vegetal, pela oportunidade do aprimoramento dos conhecimentos, e por sempre me receber de portas abertas;

À CAPES que através da Fundect pela concessão de bolsa e incentivo;

À minha orientadora e amiga Dr^a. Charline Zaratin Alves, pela sua orientação, paciência, apoio e compreensão;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação, em especial ao Professor Vespasiano Borges de Paiva Neto, Rita de Cassia Félix Alvarez e Aguinaldo Leal, por todos os ensinamentos transmitidos e apoio neste trabalho;

À Mônica Zuffo e Ana Carina Candido, técnicas e amigas da UFMS, Campus Chapadão do Sul, que sempre me ajudaram e dispuseram seu tempo e contribuição técnica para a realização deste trabalho;

Às minhas amigas Mariana Batista, Jacqueline Ianelo, Lélia Milane, Flávia Lourenço, Elaine Teixeira, Naiane Oliveira, Janaína Oliveira, Bruna Prachum, Thayla Putrick pelos dias agradáveis convividos, amizade e motivação;

Aos colegas da pós-graduação, Rafael Leite, Lucas Arruda, Eric Seraguzi, Rafael Barreto, Bruno Zuntini, Heloisa Bueno, Alexandra Botelho e Otieres Cirino pelas horas de estudo, colaboração e troca de conhecimento;

À todos amigos e colegas da Fundação Chapadão, pela concessão de área experimental, em especial à Alfredo Dias, Germison Tonquelski, Jeferson Anselmo, Marcelo Arf, Denise, Eliene, Claudinei Viana, Claudemir, Fernando Magalhães, Luís Costa, Rafael Antonio e demais colaboradores que contribuíram com seus conhecimentos e esforços para tornar este trabalho possível;

Enfim, à todos aqueles que colaboraram direta ou indiretamente no meu crescimento profissional e pessoal no decorrer destes anos de graduação e pós.

“Compreendi que tudo em nossas vidas, todas as coisas que gastam tanto do nosso tempo e da nossa energia para construir, tudo é passageiro, tudo é feito de areia; o que permanece é só o relacionamento que temos com as outras pessoas. Mais cedo ou mais tarde, uma onda virá e destruirá ou apagará o que levamos tanto tempo para construir. E quando isso acontecer, somente aquele que tiver as mãos de outro alguém para segurar, será capaz de rir e recomeçar”.

William Shakespeare

RESUMO

RODRIGUES, Lennis Afraire. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Efeito do silício via aplicação foliar e recobrimento de sementes de milho.

Professora Orientadora: Charline Zaratín Alves.

O milho (*Zea mays L.*) é uma das culturas mais cultivadas e consumidas no mundo, no entanto seu potencial produtivo pode ser ainda mais explorado, visto que diversos estresses bióticos e abióticos limitam a estabilidade das atuais produtividades. O silício é um elemento considerado por diversos aspectos, benéfico às plantas, principalmente para as gramíneas acumuladoras, como o arroz, trigo, cana-de-açúcar e milho. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo estudar o efeito de doses de silício via recobrimento de sementes sobre o vigor e germinação de híbridos de milho, e componentes de produção e produtividade à campo por meio de sementes recobertas com silício e aplicação foliar. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado para os testes laboratoriais de vigor e germinação, compostas por doses de filossilicato (0; 5; 10; 15 e 20 g kg⁻¹ de sementes) no recobrimento de sementes e dois híbridos de milho (CD3501 Hx e AG8544 VTPRO2). No experimento a campo, o delineamento foi realizado em parcelas subdivididas, na qual as parcelas foram compostas por doses de filossilicato (0; 5; 10; 15 e 20 g kg⁻¹ de sementes) no recobrimento de sementes de milho, e as subparcelas constituídas pela aplicação foliar de silicato de potássio (1,0 L ha⁻¹ em pré-plantio e 15 dias após). As sementes tratadas do híbrido AG8544 VTPRO2 foram utilizadas para a implantação do experimento a campo, o qual foi avaliado quanto a altura de plantas, componentes de produção e produtividade de grãos de milho, cultivado em safrinha. O recobrimento das sementes de milho com silício não incrementou a germinação e o vigor das sementes dos híbridos, exceto para a primeira contagem de germinação, a qual apresentou um acréscimo linear com o aumento das doses de silício para CD3501 Hx. Não houve efeito da aplicação foliar de silicato de potássio na produtividade e componentes de produção do milho safrinha. O uso de filossilicato no recobrimento de sementes proporcionou benefícios para diâmetros de espiga e sabugo, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira. A produtividade de grãos foi incrementada até a dose de 17,5 g kg⁻¹ de sementes.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays L.*, silicato, filossilicato, qualidade fisiológica.

ABSTRACT

RODRIGUES, Lennis Afraire. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Effect of silicon foliar application and coating of corn seeds.

Adviser: Charline Zaratin Alves

Corn (*Zea mays* L.) is one of the crops grown and consumed in the world, though its productive potential can be further explored, as many biotic and abiotic stresses limiting the stability of current yields. Silicon is an element considered by many respects, beneficial to plants, especially for accumulating grasses, such as rice, wheat, sugar cane and corn. Thus, this study aimed to study the effect of silicon doses via seed coating on the vigor and germination of maize hybrids, and production of components and productivity to the field through seeds covered with silicon and foliar application. The experimental design was randomized for laboratory testing of vigor and germination, consisting of doses of phyllosilicate (0, 5, 10, 15 and 20 g kg⁻¹ seed) in seed coating and two corn hybrids (CD3501 and Hx AG8544 VTPRO2). In a field experiment, the design was carried out in split plot, in which the plots had doses of phyllosilicate (0, 5, 10, 15 and 20 g kg⁻¹ seed) in the coating of corn seeds, and the subplots constituted by foliar application of potassium silicate (1.0 L h⁻¹ in pre-tassel and 15 days). The treated seeds of the hybrid AG8544 VTPRO2 were used for the implementation of a field experiment, which was evaluated for plant height, yield components and yield of corn, grown in off-season. The covering of the corn seeds with silicon not improve germination and seed vigor of hybrids, except for the first count, which showed a linear increase with increasing doses of silicon for CD3501 Hx. There was no effect of foliar application of potassium silicate in productivity and winter maize production components. The use of phyllosilicate in the seed coating provided benefits for ear diameters and cob, number of rows per ear and number of kernels per row. The grain yield was increased up to a dose of 17.5 g kg⁻¹ seed.

KEY WORDS: *Zea mays* L., silicate, phyllosilicate, physiological quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA		PÁGINA
<p>CAPÍTULO 1 EFEITO DO SILÍCIO VIA RECOBRIMENTO DE SEMENTES NA GERMINAÇÃO E VIGOR DE HÍBRIDOS DE MILHO</p>		
1	Primeira contagem de germinação (%) em função de doses de filossilicato no recobrimento de sementes do híbrido de milho CD3501 Hx.....	42
<p>CAPÍTULO 2 USO DE SILÍCIO VIA RECOBRIMENTO DE SEMENTES E APLICAÇÃO FOLIAR EM MILHO SAFRINHA</p>		
1	Dados diários de precipitação pluviométrica, temperaturas máxima e mínima do ar e umidade relativa do ar (UR) durante a condução do experimento.....	56
2	Diâmetro de espiga (A) e sabugo (B) de milho em função das doses de filossilicato utilizado no recobrimento de sementes.....	57
3	Número de fileira por espiga (A) e número de grãos por fileira (B) de milho em função de doses de filossilicato utilizado no recobrimento de sementes.....	58
4	Produtividade de milho em função de doses de filossilicato utilizado no recobrimento de sementes.....	58

LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁGINA
<p>CAPÍTULO 1 EFEITO DO SILÍCIO VIA RECOBRIMENTO DE SEMENTES NA GERMINAÇÃO E VIGOR DE HÍBRIDOS DE MILHO</p>		
1	Primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MPA), massa seca de raiz (MR) e teste de frio (TF) de plântulas de milho de dois híbridos tratados com doses de filossilicato.....	41
2	Primeira contagem de germinação (%) de híbridos de milho em função de doses de filossilicato.....	41
<p>CAPÍTULO 2 USO DE SILÍCIO VIA RECOBRIMENTO DE SEMENTES E APLICAÇÃO FOLIAR EM MILHO SAFRINHA</p>		
1	Atributos químicos do solo do local do experimento, teores de macronutrientes e granulometria da camada de 0 a 20 cm de profundidade.....	56
2	Altura de inserção de espiga (AE), altura de planta de planta (AP), diâmetro de espiga (DE), diâmetro de sabugo (DS), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), massa de 100 grãos (MCG) e produtividade (P) da cultura do milho, em função da aplicação de silício via recobrimento de sementes e presença ou ausência de aplicação foliar.....	57

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 A cultura do milho.....	16
2.2 Aspectos gerais do cultivo do milho safrinha	17
2.3 O silício	19
2.3.1 O silício no solo	19
2.3.2 O silício na nutrição das plantas.....	20
2.3.3 Fontes de silício	22
2.3.4 Qualidade fisiológica das sementes com uso de silício.....	22
3. REFERÊNCIAS.....	24
CAPÍTULO 1 – EFEITO DO SILÍCIO VIA RECOBRIMENTO DE SEMENTES NA GERMINAÇÃO E VIGOR DE HÍBRIDOS DE MILHO	30
RESUMO.....	30
ABSTRACT	31
1. INTRODUÇÃO	32
2. MATERIAL E MÉTODOS	33
2.1 Descrição do experimento e delineamento	33
2.2 Parâmetros avaliados.....	33
2.3 Análise estatística	35
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4. CONCLUSÕES	37
5. REFERÊNCIAS.....	37
CAPÍTULO 2 – USO DE SILÍCIO VIA RECOBRIMENTO DE SEMENTES E APLICAÇÃO FOLIAR EM MILHO SAFRINHA	43
RESUMO.....	43
ABSTRACT	44
1.INTRODUÇÃO	45
2. MATERIAL E MÉTODOS	47
2.1 Descrição do local do experimento	47
2.2 Semeadura.....	47

2.3 Delineamento e descrição do experimento	47
2.4 Parâmetros avaliados.....	48
2.5 Análise estatística	49
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4. CONCLUSÕES	52
5. REFERÊNCIAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie anual da família Poaceae, um dos principais cereais consumidos e produzidos no mundo, superado apenas pelo arroz e trigo para o consumo humano. Sua importância econômica é caracterizada pelas diversas formas de utilização, contudo, a maior parte do consumo do milho é na alimentação animal.

Com o aumento da demanda por grãos de milho, tem se buscado sistemas de produção cada vez mais eficientes e racionais, visando à obtenção de resultados satisfatórios quanto à produtividade e qualidade do produto (PAVÃO; FERREIRA FILHO, 2011).

O uso do silício é uma opção para contribuir com o melhor desenvolvimento e sanidade das plantas, sendo um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre e componente majoritário de minerais do grupo dos silicatos. Ainda é um elemento pouco conhecido na agricultura, mas com os novos estudos de seu papel na nutrição de algumas plantas anuais com expressão comercial, como arroz, cana-de-açúcar e milho (SANDIM et al. 2010), tem-se um cenário promissor de seus possíveis benefícios. Porém, até o momento, as informações encontradas na literatura não são consistentes, havendo ocorrência de diferentes respostas de acordo com a espécie pesquisada e o estresse submetido, necessitando de mais estudos sobre sua utilização.

Alguns efeitos benéficos que a disponibilização de silício afeta nas plantas foram relatados por alguns autores, tais como: aumento da resistência ao acamamento, folhas mais eretas melhor aproveitando a luz solar, o que aumenta a eficiência fotossintética (DEREN, 2001); diminuição do efeito tóxico de Fe, Mn, Al e Na e metais pesados (KORNDÖRFER et al. 1999); aumento da absorção e metabolismo de elementos, tais como o fósforo; confere funções físicas de regulação da evapotranspiração; resistência mecânica à invasão de microorganismos fitopatogênicos e ao ataque de insetos praga (EPSTEIN, 2001; MELO et al. 2003; COSTA et al. 2009). O efeito da proteção mecânica é atribuído, principalmente, ao depósito de silício na parede celular, provocando a formação de uma dupla camada de sílica cuticular, a qual, pela redução da transpiração

(DATNOF et al. 2001), faz com que a exigência de água seja menor para a manutenção do seu metabolismo.

Culturas importantes no contexto nacional, como o milho, pode se beneficiar com a utilização de produtos silicatados, visto que uma boa parte dos solos brasileiros possuem baixos níveis de silício disponível para as plantas, o qual se encontra na forma de ácido silícico na solução do solo (SANDIM et al. 2010).

A disponibilização deste elemento está sendo estudada para a constatação de benefícios no vigor das plântulas e por fim no incremento da produtividade. O fornecimento de silício pode ser feito via semente, sulco de semeadura e aplicação foliar, porém a escolha do método de aplicação depende basicamente do produto fonte.

Sabe-se que o silício é pouco móvel no interior das plantas (DATNOFF et al. 2001); desta forma, seu fornecimento via aplicação foliar e recobrimento de sementes é garantia de pronta disponibilização do elemento, pois este se encontra em contato com o organismo vegetal para a sua absorção.

A diversidade de trabalhos realizados com a utilização do silício para identificar seus efeitos benéficos sobre as plantas é grande, entretanto estudos já realizados com a cultura do milho, na sua maioria, focam o controle de pragas e doenças conferidas pela resistência mecânica atribuída às células vegetais com utilização desse elemento, deixando uma lacuna quanto seus efeitos no desenvolvimento e produtividade deste cereal em época menos favorável (safrinha). Desta forma, esta pesquisa teve como objetivo estudar o efeito de doses de silício via recobrimento de sementes sobre o vigor e germinação de milho, e componentes de produção e produtividade à campo através de sementes recobertas com silício e aplicação foliar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do milho

O milho pertence a ordem Poales, família Poaceae, subfamília Panicoideae, tribo Maydeae, gênero *Zea*, espécie *Zea mays* L., sendo um dos principais cereais cultivados e consumidos em todo o mundo. É originário da América do Norte, sendo que os vestígios mais antigos da espécie são do Norte do México (BUCKLER; STEVENS, 2005).

Devido à quantidade e à qualidade das reservas acumuladas nos grãos, são responsáveis pelo fornecimento de diversos produtos utilizados para a alimentação humana, animal e matéria-prima para a agroindústria (QUEIROZ, 2009). Sua composição química e valor nutritivo constitui-se em um dos mais importantes cereais cultivados, tratando-se de um alimento largamente consumido no mundo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

Esta espécie pertence ao grupo de plantas com metabolismo fotossintético do tipo C4, que se caracteriza pelo elevado potencial produtivo, sendo uma das espécies com maior eficiência de uso da radiação solar ou eficiência quântica, com valor médio entre 64,5 a 69 mmol mol^{-1} , enquanto outras espécies C4 apresentam valores em torno de 52,6 a 60,4 mmol mol^{-1} . Esta maior eficiência é atribuída à anatomia foliar, por apresentar menor área entre as nervuras e lamela suberizada, o que previne a perda de CO_2 para o meio. Várias respostas do milho aos fatores do ambiente decorrem de seu mecanismo fotossintético C4, resultando em elevada produtividade de grãos, quando comparado a outras espécies cultivadas sem o mesmo mecanismo (BERGAMASCHI et al. 2004).

O milho é semeado em praticamente todo território brasileiro podendo ser cultivado em qualquer época do ano, quando irrigado, menos na região sul em épocas de geadas (MIRANDA et al. 2005).

O período de duração da cultura, por ser de ciclo anual, é bastante variável nas condições brasileiras, variando de 110 a 180 dias, em função dos materiais genéticos utilizados (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

2.2 Aspectos gerais do cultivo do milho safrinha

A produção de milho no Brasil caracteriza-se pela divisão em duas épocas de semeadura, o cultivo safrinha ou de inverno, e a safra ou de verão (PEREIRA FILHO et al. 2011).

O milho safrinha refere-se à cultura conduzida em sequeiro, semeado de janeiro a março, quase sempre depois da soja precoce, predominantemente na região Centro-Oeste, e algumas regiões do Sul e Sudeste do Brasil. Nas safras de 2013/2014 a 2014/2015, um acréscimo na área cultivada de 9.031 para 9.182 hectares com o milho safrinha, e um incremento na produtividade média nacional, de 5.086 para 5.255 kg ha⁻¹ (CONAB, 2014; CONAB, 2015). Desta forma, o cultivo nesta época, tem contribuído para aumento na produção total do país, nestes dois últimos anos agrícolas.

O sucesso no cultivo do milho safrinha depende, fundamentalmente, da ocorrência de condições climáticas adequadas por ocasião da semeadura e durante os períodos críticos de crescimento vegetativo e principalmente reprodutivo da cultura. Os elementos climáticos apresentam grande variabilidade espacial e temporal devido à ocorrência de períodos prolongados de escassez de chuvas e temperaturas baixas no período em que, usualmente, se faz a semeadura do milho safrinha nas maiores regiões produtoras do Centro-Oeste. Duarte et al. (1995) afirma que, em geral, o fator térmico e a deficiência hídrica são as principais limitações para o desenvolvimento do milho safrinha.

Embora realizado em uma condição menos favorável de clima, o sistema de produção da safrinha tem sido aprimorado e adaptado, o que tem contribuído para elevar os rendimentos das lavouras nesta época (EMBRAPA, 2007). Isto se deve principalmente, à agregação do ganho tecnológico proporcionado pela utilização de híbridos modernos, mais tolerantes ao estresse hídrico e pela adoção de manejos mais intensivos quanto à fertilidade do solo e tratos fitossanitários que contribuem para a implantação da cultura (CONAB, 2014).

A origem do termo “safrinha”, aplicado ao cultivo extemporâneo, ocorreu devido às baixas produtividades obtidas, no Estado do Paraná, na década de 70, quando comparadas à safra de verão. Apesar da origem do termo ter sido pejorativo, isso não corresponde em nada ao excelente nível de produtividade e tecnologia de

grande parte das lavouras e sua importância no cenário nacional atual, por caracterizar um sistema de produção peculiar e já consagrado (CRUZ et al. 2010).

Além da viabilidade econômica, os benefícios da sucessão de culturas, a quantidade e qualidade dos restos culturais que permanecem no sistema, também são outro aspecto benéfico e bem vindo ao agrossistema. Isto ocorre, pois o milho acumula grande quantidade de massa seca, e por possuir uma relação C/N alta, torna sua decomposição mais demorada, contribuindo para a cobertura e proteção do solo, especialmente em áreas onde se realiza a semeadura direta (BOER et al. 2007; PINOTTI; 2013).

Além disso, a sucessão de cultivos distintos também contribui para o equilíbrio dos nutrientes no solo e aumento da fertilidade, além de permitir melhor utilização dos insumos agrícolas (SOUZA; SORATTO, 2006) e das máquinas disponíveis na propriedade agrícola.

2.3 O silício

2.3.1 O silício no solo

O silício é um dos minerais mais abundantes nos solos, compreendendo praticamente 28% da crosta terrestre (MA et al. 2001). Este elemento está presente no solo de diversas formas: encontrado em minerais primários, minerais secundários, ou então, adsorvido aos colóides. Porém, se encontra em maior concentração na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4), disponível na solução do solo, onde a maior parte não se encontra dissociada, fato este que torna o elemento mais prontamente disponível para as plantas (MEYER; KEEPING, 2001).

Dentre as principais fontes de H_4SiO_4 presentes na solução do solo citam-se: a decomposição de resíduos vegetais, a dissociação do ácido silícico polimérico, a liberação de silício dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, a dissolução de minerais cristalinos e não cristalinos e a adição de fertilizantes silicatados. No entanto, os principais drenos de silício incluem a precipitação do H_4SiO_4 em solução formando minerais, a polimerização do ácido silícico, a lixiviação e a adsorção em óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (LIMA FILHO et al. 1999).

Desta forma, em função do acelerado grau de intemperismo dos solos tropicais, o H_4SiO_4 encontra-se em menor quantidade, e a grande parte do silício nestes solos estão na forma de opala e quartzo ($SiO_2 \cdot nH_2O$), assim menos disponível para as plantas. Tisdale et al. (1985), confirmaram isto, ao estudarem a quantidade de silício disponível nos solos, constatando que solos mais jovens, como os Cambissolos, apresentam maiores teores do elemento; já aqueles mais intemperizados, como os Latossolos, apresentam os teores em menores concentrações.

Além desta dessilicatização natural, solos em que há um manejo intensivo e monocultivos ou ainda cultivos de sucessão, tendem a apresentar baixos níveis de silício e maior acidificação do solo (EPSTEIN, 1999), como é o caso de grandes regiões produtoras do Centro-Oeste brasileiro. Nestes solos, a adubação silicatada pode influenciar na melhoria das propriedades químicas e na fertilidade. Portanto, solos cultivados com culturas acumuladoras, principalmente em condição de inverno (caracterizado pelo déficit hídrico) podem se beneficiar da utilização dos produtos

silicatados, principalmente, nas condições onde há limitações no crescimento e produção das plantas (FOY, 1992).

Efeitos relacionados à eficiência do elemento podem ser observados nos solos mediante a aplicação de materiais silicatados, os quais atuam positivamente sobre a correção da acidez do solo, neutralização do hidrogênio e alumínio tóxicos, além da interação com outros nutrientes, aumentando a concentração dos mesmos na solução do solo, proporcionando maior disponibilidade e absorção pela planta, como é o caso do fósforo (MENECALE, 2012).

Alguns estudos também demonstram uma forte correlação do silício com a matéria orgânica presente no solo evidenciando a origem biogênica deste elemento nas camadas superficiais do solo, devido ao fato das plantas acumularem silício em suas estruturas, principalmente as gramíneas, podendo formar opalas biogênicas ou outras estruturas amorfas. A relação entre matéria orgânica e teor de silício sugere que em tais solos prevalecem as formas amorfas de silício advindas do processo de decomposição do tecido vegetal que o absorveu anteriormente, tornando-se novamente disponível na fração solúvel do solo (SACCONE et al. 2008).

2.3.2 O silício na nutrição das plantas

O silício é classificado como elemento benéfico ou útil para as plantas, não sendo absolutamente necessário no sistema para que seja completado o ciclo vegetal, desta forma não é considerado nutriente pelo fato de não atender aos critérios diretos e indiretos de essencialidade (JONES; HANDRECK, 1967), no entanto apresenta uma série de efeitos favoráveis, auxiliando no desenvolvimento e produção das plantas. Desta forma, a partir do Decreto Lei nº. 4954 (que regulamenta a Lei nº. 6894 de 16/01/1980), aprovado em 14 de janeiro de 2004 (BRASIL, 2004), que dispõe sobre a legislação de fertilizantes, o silício está sendo considerado um micronutriente benéfico.

A maioria das espécies da família Poaceae, que inclui importantes culturas como arroz, cana-de-açúcar, milho e trigo, apresenta grande capacidade de acumular silício, a qual varia de acordo com o genótipo considerado (BARBOSA FILHO et al. 2001). Nessas culturas, o teor de silício pode se igualar ou até mesmo exceder os teores de macronutrientes primários (EPSTEIN, 1999). As plantas, de um

modo geral, contêm quantidades de silício variando de 0,1 a 10% do total de sua massa seca. São consideradas acumuladoras aquelas que possuem teores foliares superiores a 1% da massa seca e, não acumuladoras, as com teores menores que 0,5% (MA et al. 2001). Essa classificação pode ser ainda baseada no teor foliar, sendo que plantas com menos de 17 g kg^{-1} são aquelas que acumulam pouco silício; plantas com médio acúmulo, entre $17 - 34 \text{ g kg}^{-1}$ e plantas com alto acúmulo de silício para teores acima de 34 g kg^{-1} (KORNDÖRFER et al. 1999).

O silício é absorvido pela planta na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4) juntamente com a água (fluxo de massa) e se acumula principalmente nas áreas de máxima transpiração como ácido silícico polimerizado (sílica amorfa). Ao ser absorvido pelas plantas, é facilmente translocado no xilema, e também tem tendência natural de se polimerizar nos tecidos de suporte no caule e nas folhas, nas plantas consideradas acumuladoras, também podendo ser encontrado em pequenas quantidades nos grãos, dependendo da espécie (MA et al. 2001).

Desta forma, para as gramíneas acumuladoras, o conteúdo médio de silício das raízes é menor se comparado com o caule e folhas, como é o caso do trigo, o qual 94% do silício absorvido é transportado para a parte aérea, concentrando-se nas folhas mais velhas. Em culturas não acumuladoras, como por exemplo, a soja, o teor de silício na raiz é maior do que nas folhas (OLIVEIRA, 2004).

Dentre os benefícios acarretados pelo uso do silício nas plantas, relatados na literatura, tem-se a diminuição do ataque por pragas e doenças, por conta de alterações na anatomia da planta, como a formação de células epidérmicas mais grossas e maior grau de lignificação e/ou silicificação, o que gera um aumento da resistência do tecido vegetal à mastigação dos insetos e à penetração de patógenos (GOUSSAIN et al. 2002). Além desta resistência mecânica devido ao acúmulo de silício na epiderme das folhas, o elemento também é capaz de ativar genes envolvidos na produção de compostos secundários do metabolismo, como polifenóis e enzimas relacionadas aos mecanismos de defesa das plantas (GRATÃO et al. 2005).

A maior lignificação e silicificação dos tecidos também estão diretamente relacionadas à resistência ao acamamento das plantas. Mali; Aery (2009) observaram uma redução do acamamento de milho usando doses de silício; fato que

foi atribuído à melhor estruturação da arquitetura das plantas ao aproveitamento da luminosidade receptada pelas folhas.

Em grandes culturas consideradas acumuladoras de silício, como arroz, cana-de-açúcar, cevada, milho, aveia, sorgo e trigo, vários estudos têm demonstrado efeitos benéficos em resposta ao uso do elemento (MA et al. 2001; HATTORI et al. 2005). Nestas espécies é observado acúmulo de sílica nos órgãos de transpiração, provocando a formação de dupla camada de sílica cuticular, reduzindo a perda de água por transpiração, o que aumenta a eficiência do uso da água pela planta, e de acordo com Kaya et al. (2006), aumenta a tolerância de plantas de milho ao estresse hídrico.

Em outras condições abióticas adversas, há o efeito benéfico do silício nas culturas como menor efeito deletério provocado pela geada, e menor sensibilização dos tecidos aos teores de salinidade no solo (MALAVOLTA, 2006; GUNES et al. 2008), tolerância à toxicidade por metais pesados (SHI et al. 2006; WIESE et al. 2007) e favorecimento de nodulação em leguminosas (EPSTEIN; BLOOM, 2005).

2.3.3 Fontes de silício

A utilização de rochas moídas aplicadas sobre o solo é empregada desde os primórdios da agricultura, porém o tema tem-se desenvolvido com maior velocidade no Brasil após a crise do setor de fertilizantes que ocorreu no ano de 2008 (FELISBERTO et al. 2014).

Grande número de materiais tem sido utilizado atualmente como fonte de silício para a agricultura, como escórias de siderurgia, wollastonita, subprodutos da produção de fósforo elementar, silicato de cálcio, silicato de sódio, cimento, termofosfato, silicato de magnésio (serpentinó) e silicato de potássio, entre outros menos usuais (DATNOFF et al. 2001).

As escórias da siderurgia são as fontes mais abundantes e baratas de silicatos, as de ferro e aço são originárias do processamento em altas temperaturas, da reação do calcário (calcítico, magnesiano ou dolomítico) com a sílica (SiO_2) presente no minério de ferro. A solubilidade do silício, nos diferentes tipos de escórias é bastante variável; as escórias de alto forno, normalmente apresentam maiores teores de silício, mas com baixa solubilidade, enquanto que as de aciárias

(produção de aço) apresentam menores teores de silício, mas de maior solubilidade. As escórias da produção de aço inox são as que apresentam o silício na forma mais solúvel (MA; TAKAHASHI, 2002).

Pesquisas com rochas moídas, principalmente as classificadas como silicáticas têm sido estudadas como fontes de potássio, além disto, alguns materiais, como os filossilicatos, apresentam potencial como fonte de outros elementos minerais além do silício (LUZ et al. 2010), o que favorece a nutrição vegetal.

2.3.4 Qualidade fisiológica das sementes com uso de silício

O uso de partículas a fim de recobrir a planta com um protetor (barreira mineral) contribui para a redução significativa do ataque de insetos e doenças Puterka (2005), prevenindo à planta de ovoposição e alimentação das pragas. Dentre os minerais utilizados no recobrimento de sementes destaca-se o cálcio e o silício que além de formarem uma barreira física, são absorvidos e possuem funções fisiológicas no desenvolvimento da planta (HARTER; BARROS, 2011).

A nutrição das plantas é um dos fatores, segundo Copeland e McDonald (2001), que podem influenciar o vigor das sementes. Plantas adequadamente fertilizadas podem produzir maior número de sementes com melhor qualidade fisiológica, uma vez que podem tornar-se mais tolerantes às adversidades climáticas.

4 REFERÊNCIAS

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; FAGERIA, N. K.; DATNOFF, L. E.; SILVA, O. F. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, p. 325-30, 2001.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p.831-839, 2004.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P. BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 1269-1276, 2007.

BRASIL. Decreto nº 4954, Aprovação da Lei nº 6894 de 16 de janeiro de 1980. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 2004, Seção 1, p. 2. 2004.

BUCKLER, E. S.; STEVENS, N. M. Maize Origins, Domestication, and Selection. In: Genetics and origins of crops. **Chapter IV**, p. 67-90. 2005.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). Segundo levantamento - Acompanhamento da Safra Brasileira de grãos 2013/14. **Boletim de Monitoramento Agrícola**. 2014. 103 p.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). Sexto levantamento - Acompanhamento da Safra Brasileira de grãos 2014/15. **Boletim de Monitoramento Agrícola**. 2015. 106 p.

COPELAND, L. O.; MCDONALD, M. B. **Principles of seed science and technology**. 4.ed. New York: Chpman e Hall, 2001. 467 p.

COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; COSTA, R. R. Interação silício imidacloprid no comportamento biológico e alimentar de *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p.455-460, 2009.

CRUZ, J. C.; SILVA, G. H. da; PEREIRA FILHO, I. A.; GONTIJO NETO, M. M. MAGALHÃES, P. C. C Caracterização do cultivo de milho safrinha de alta produtividade em 2008 e 2009. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.9, n.2, p. 177-188, 2010.

DATNOFF, L.E., SNYDER, G.H., KORNDÖRFER, G.H. **Silicon in Agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001. 403p.

DEREN, C. Plant genotypes, silicon concentration and silicon related responses. In: DATNOFF L. E.; SNYDER G. H.; KORNDÖRFER G. H. (Ed.) **Silicon in Agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. p. 149-158.

DUARTE, A.P.; KANTHACK, R.A.D.; SPINOSA, W.; ALLIPRANDINI, L.F. Efeito da geada na produção e qualidade de grãos de milho. In: Seminário sobre a cultura do milho “safrinha”, 3., 1995, Assis. **Resumos...** Campinas: IAC, 1995. p. 61-64.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Cultivo do milho**. 3. ed. Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPMS, 2007. (Sistemas de produção, 2).

EPSTEIN, E. Silicon in plants: facts vs. concepts. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001. p. 1-15.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 50, p. 641–664. 1999.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives**. 2. ed. Sunderland, MA, USA: Sinauer Associates. 2005.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.

FELISBERTO, G.; FEHR, R. M.; GODOY, L. J. G. FELISBERTO, P. A. C. Filossilicatos: efeitos no crescimento e na nutrição de plantas de milho e no teor de silício do solo. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 1, n. 02, p. 60. 2014.

FOY, C. D. Soil chemical factors limiting plant root growth. **Advances in Soil Science**, New York, v. 19, p. 97-149, 1992.

GOUSSAIN, M. M.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G.; NOGUEIRA, N. L.; ROSSI, M. L. Efeito da Aplicação de Silício em Plantas de Milho no Desenvolvimento Biológico da Lagarta-do-Cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 2, p. 305-310. 2002.

GRATÃO, P. L.; POLLE, A.; LEA, P. J. RICARDO; AZEVEDO, A. Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. **Functional Plant Biology**, v.32, p.481-494, 2005.

GUNES, A.; PILBEAM, D. J.; INAL, A.; COBAN, S. Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, in growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 39, n.13-14, p. 1885-1903, 2008.

HARTER, F. S.; BARROS, A. C. S. A. Cálcio e silício na produção e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 54-60, 2011.

HATTORI, T.; INANAGA, S.; ARAKI, H.; MORITA, S.; LUXOVA, M.; LUX, A. Application of silicon enhanced drought tolerance in *Sorghum bicolor*. **Physiologia Plantarum**, v. 123, p. 459–466. 2005.

JONES, L.H.P.; HANDRECK, K.A. Silica in soils, plants, and animals. **Advances in Agronomy**, v.19, p.107-149, 1967.

KAYA, C.; TUNA, L.; HIGGS, D. Effects of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown under water-stress conditions. **Journal of Plant Nutrition**, v. 29, p. 1469-1480. 2006.

KORNDÖRFER, G. H.; ARANTES, V. A.; CORRÊA, G. F.; SNYDER, G. H. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício no solo e na produção de grãos de arroz de sequeiro. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 23, p. 635-641, 1999.

LIMA FILHO, O. F.; LIMA, M. T. G.; TSAI, S. M. **O silício na agricultura**. Informações Agronômicas, Potafós: Piracicaba, n. 87. 7p. 1999. (Encarte técnico).

LUZ, A. B.; LAPIDO - LOUREIRO, F. E.; SAMPAIO, J. A.; CASTILHOS, Z. C.; BEZERRA, M. S. Rochas, minerais e rotas tecnológicas para a produção de fertilizantes alternativos. In: FERNANDES, F. R. C.; LUZ, A. B.; CASTILHOS, Z. C. **Agrominerais para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM, 2010. p. 61-88.

MA, J. F.; TAKAHASHI, E. **Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan**. Elsevier, 2002. 274 p.

MA, J.F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants, In: DATNOFLF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. (Eds). **Silicon in Agriculture**. The Netherland, Elsevier Science, 2001, p.17-39.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Editora Ceres, 2006. 631p.

MALI, M.; AERY, N. C. Effect of sillicon on growth, biochemical constituents, and mineral nutrition of cowpea. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 40, p. 1041-1052. 2009.

MELO, S. P.; KORNDÖRFER, G. H.; KORNDÖRFER, C. M.; LANA, R. M. Q.; SANTANA, D. G. Silicon accumulation and water deficit tolerance in *Brachiaria* grasses. **Scientia Agricola**, v.60, n. 4, p. 755-759, 2003.

MEYER, J. H.; KEEPING, M. G. Past, present and future research of the role of silicon for sugarcane in southern Africa. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H., eds. **Silicon in agriculture**. Amsterdam, Elsevier Science, p. 257-276, 2001.

MIRANDA, G. V.; GODOY, C. L.; SOUZA, L. V.; SANTOS, I. C. Selection of discrepant maize genotypes for nitrogen use efficiency by a chlorophyll meter. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 5, p. 451-459. 2005.

PAVÃO, A. R.; FERREIRA FILHO, J. B. S. Impactos Econômicos da Introdução do Milho Bt11 no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 49, n. 01, p. 81-108, 2011.

PEREIRA FILHO, I.; CRUZ, J.C. **Cultivo do milho: Sistemas de Produção 1**, Sete Lagoas, EMBRAPA, CNPS: 2010.

PINOTTI, E. B. **Avaliação de cultivares de milho em função de populações de plantas e épocas de semeadura**. Tese (Doutorado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Campus de Botucatu. Botucatu, 2013. 120 p.

PUTERKA, G. **Appalachian Fruit Research Station**. Disponível em: <<http://afrsweb.usda.gov/gputerka.htm>>. Acesso em: 20 fev. 2015.

QUEIROZ, L. R. **Leguminosas como fonte de nitrogênio para a cultura do milho, em Campos dos Goytacazes**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Campos dos Goytacazes. Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF/CCTA, 68p. 2009.

SACCONE, L.; CONLEY, D. J.; LIKENS, G. E.; BUSO, D. C.; JOHNSON, C. E. Factors that Control the Range and Variability of Amorphous Silica in Soils in the Hubbard Brook Experimental Forest. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 72, n. 6, p. 1637-1644, 2008.

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**, Cascável, v.3, n.1, p.171-178, 2010.

SHI, X. H.; ZHANG, C. C.; WANG, H.; ZHANG, F. S. Effect of Si on the distribution of Cd in rice seedlings. **Plant and Soil**, Beijing, v. 272, n. 1-2, p. 53-60, 2005.

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

TISDALE, S. L.; BEATON, J. D.; NELSON, W. L. **Soil Fertility and Fertilizers**. 4. ed. New York: Mac Millan, 1985. 754p.

WIESE, H.; NIKOLIC, M.; RÖMHELD, V. Silicon in plant nutrition – effects on zinc, manganese and boron leaf concentrations and compartmentation. In: SATTELMACHER, B.; HORST, W. J. (Ed.). **The apoplast of higher plants: compartment of storage, transport and reactions**. London: Springer, 2007. P. 33-47.

CAPÍTULO 1 - EFEITO DO SILÍCIO VIA RECOBRIMENTO DE SEMENTES NA GERMINAÇÃO E VIGOR DE HÍBRIDOS DE MILHO

RESUMO

O recobrimento de sementes com micronutrientes propõe aspectos positivos, como um melhor desempenho na sua absorção e utilização no processo germinativo, devido à pronta disponibilidade. O presente experimento objetivou avaliar o efeito do recobrimento de sementes com silício na germinação e vigor de sementes de milho. O trabalho foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Chapadão do Sul – MS. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, num esquema fatorial (2 x 5), sendo dois híbridos de milho (CD3501 Hx e AG8544 VTPRO2) e cinco doses de filossilicato no recobrimento de sementes (0; 5; 10; 15 e 20 g kg⁻¹ de sementes), com quatro repetições. Os efeitos da aplicação de silício sobre as sementes foram avaliados pelo teste de germinação e vigor (primeira contagem de germinação, teste de frio, comprimento de epicótilo e raiz, e massa seca da parte aérea e raiz). Diante dos resultados obtidos concluiu-se que houve diferença entre os híbridos para comprimento da parte aérea e raiz e massa seca de raiz, o que é explicado pela diferença genética de cada material. O recobrimento das sementes de milho com silício não incrementou a germinação e o vigor das sementes dos híbridos, exceto para a primeira contagem de germinação, a qual apresentou um acréscimo linear com o aumento das doses de silício para CD3501 Hx.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L., filossilicato, silicato, qualidade fisiológica.

CHAPTER 1 – EFFECT OF SEEDS TREATMENT WITH SILICON IN GERMINATION AND VIGOUR OF HYBRID CORN

ABSTRACT

The seed coating with micronutrients proposes positive aspects such as better performance in its absorption and utilization in the germination process, due to the ready availability. This work aimed to evaluate the effect of seed coating with silicon on the germination and vigor of corn seeds. The study was conducted in Seed Technology Laboratory of the Federal University of Mato Grosso do Sul, Campus South Chapadão - MS. The experimental design was completely randomized in a factorial (2 x 5), two corn hybrids (CD3501 Hx and AG8544 VTPRO2) and five doses of phyllosilicate in the seed coating (0, 5, 10, 15 and 20 g kg⁻¹ seeds) with four replications. The effects of silicon application on the seeds were evaluated by germination and vigor (first count, cold test, epicotyl and root length, and dry weight of shoot and root). Based on these results it was concluded that there were differences between hybrids for shoot length and root and root dry weight, which is explained by genetic difference of each material. The covering of the corn seeds with silicon not improve germination and seed vigor of hybrids, except for the first count, which showed a linear increase with increasing doses of silicon for CD3501 Hx.

KEY WORDS: *Zea mays* L., phyllosilicate, silicate, physiological quality.

1 INTRODUÇÃO

A ciência já demonstrou o envolvimento do silício em vários aspectos estruturais, fisiológicos e bioquímicos nas plantas, afetando benéficamente seu crescimento e desenvolvimento (EMBRAPA, 2013; MA; YAMAJI, 2006).

Estudos realizados por diversos autores constataram efeitos do uso de silício nas plantas como: aumento da resistência ao acamamento; incremento na eficiência fotossintética; contribuição nas funções físicas de regulação da transpiração (CAMARGO et al. 2007); aumento da absorção e metabolismo de nutrientes, como o fósforo; diminuição do efeito tóxico de ferro, manganês, alumínio; sódio e metais pesados (SHI et al. 2005); resistência mecânica dos tecidos à microorganismos fitopatogênicos e insetos praga (COSTA et al. 2009) e maior tolerância a estresses hídricos e salinos (GUNES et al. 2008).

As espécies vegetais variam grandemente em sua capacidade de absorver e acumular silício, podendo ser classificadas segundo os percentuais de acúmulo de SiO_2 na massa seca da parte aérea. As poáceas, na sua maioria, são consideradas plantas acumuladoras desse elemento; culturas importantes no contexto nacional, como arroz (MAUAD et al. 2003; REIS et al. 2008) e cana-de-açúcar (SOUSA et al. 2010) já são amplamente cultivadas com o uso do silício. Também considerada cultura acumuladora, o milho apresenta benefícios fisiológicos em vários aspectos do seu metabolismo; alguns estudos relacionam o uso do elemento com a resistência à estresses bióticos (NERI et al. 2005; ANTUNES et al. 2010) e abióticos (XIE et al. 2014; GIONGO; BOHNEN, 2009; DANTAS JÚNIOR et al. 2011).

Além dos efeitos benéficos promissores já identificados pelo uso de silício na agricultura, a adubação silicatada vem se tornando mais usual por conta da baixa disponibilização do elemento nos solos tropicais, visto que boa parte dos solos brasileiros possui baixos níveis de silício disponível para as plantas (SANDIM et al. 2010); devido ao fenômeno da dessilicatização dos solos através do processo de lixiviação (KORNDÖRFER et al. 2002).

Dentre os modos de aplicação das fontes de silício, a menos estudada e a mais econômica é o recobrimento de sementes. A aplicação desse elemento nas sementes tem a vantagem de disponibilizá-lo para absorção nas fases iniciais de crescimento, uma vez que o sistema radicular das plântulas é pouco desenvolvido e

nem sempre possuem capacidade para absorção em quantidade desse elemento do solo (FONSECA, 2012; TUNES et al. 2014).

Nesse contexto, é essencial que mais pesquisas sejam realizadas visando relacionar a eficiência da aplicação de elemento não essencial, como o silício, na qualidade fisiológica das sementes. Sendo assim, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito de doses de filossilicato via recobrimento de sementes na germinação e vigor de dois híbridos de milho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição do experimento e delineamento

O trabalho foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Chapadão do Sul, no município de Chapadão do Sul-MS. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 2x5. Os tratamentos consistiram da utilização de sementes de dois híbridos de milho (CD3501 Hx e AG8544 VTPRO2) tratados com cinco doses de filossilicato (produto comercial Microton®, composto por 26,68% de Si, 3% de CaO e 1,6% de MgO) nas doses de 0, 5, 10, 15 e 20 g kg⁻¹ de sementes, com quatro repetições.

O recobrimento das sementes de milho com as doses de filossilicato foi realizado manualmente em sacos de polietileno, adicionando juntamente com cada dose do produto, 5 mL de água à 500 g de sementes, sendo agitados por três minutos para completa homogeneização. Após esse processo, os sacos foram deixados abertos em temperatura ambiente para a completa secagem das sementes (6 horas).

2.2 Parâmetros avaliados

As variáveis analisadas foram: germinação, primeira contagem de germinação, comprimento da parte aérea e raiz, massa seca da parte aérea e raiz, teste de frio e emergência. O teste de germinação foi realizado utilizando-se quatro repetições de 50 sementes por tratamento, semeadas em rolos de papel do tipo germitest, umedecidas previamente com água destilada, na proporção de 2,5 vezes

a massa do substrato não hidratado. Os rolos foram colocados no germinador regulado a temperatura de 25 ± 2 °C e a contagem das plântulas normais foram realizada no sétimo dia após a semeadura. A primeira contagem da germinação foi realizada conjuntamente com o teste de germinação, computando-se as percentagens médias de plântulas normais, após cinco dias da instalação do teste (BRASIL, 2009).

Para a avaliação de comprimento de parte aérea e raiz foram utilizadas 20 sementes por repetição, as quais foram semeadas no papel germitest pré-umedecido, sobre uma linha traçada a dois centímetros da borda do papel, no sentido longitudinal. A semente de milho foi posicionada com a ponta da radícula para a parte inferior do papel e o embrião voltado para cima, visando orientar o crescimento da plântula de forma mais retilínea possível. Os rolos de papel foram mantidos em sacos plásticos para manter a umidade, havendo ainda um espaço superior de 15 cm para permitir o crescimento das plântulas. Após sete dias determinou-se o comprimento da parte aérea e raiz das plântulas normais, com régua graduada em milímetros.

As avaliações de massa da parte aérea e raiz foram realizadas a partir das plântulas normais obtidas no teste de comprimento de plântulas descrito anteriormente, nas quais foi removido o restante das sementes e separada a raiz da parte aérea, com auxílio de uma lâmina. Os materiais vegetais foram inseridos separadamente em estufa de circulação forçada regulada a 80°C, durante 24 horas. Após esse período, as amostras foram esfriadas em dessecador, e o material obtido foi pesado em balança analítica.

Para o teste de frio distribuíram-se uniformemente quatro repetições de 50 sementes em papel do tipo germitest, previamente umedecido em 2,5 vezes a massa do papel não hidratado. Em seguida, foram confeccionados rolos, os quais foram colocados em sacos plásticos permanecendo por sete dias a 10 °C. Após, os rolos foram transferidos ao germinador regulado a temperatura de 25 ± 2 °C, e avaliados após quatro dias.

No teste de emergência foram utilizadas 100 sementes por tratamento, sendo quatro repetições de 25. O experimento foi mantido em casa de vegetação e irrigado duas vezes ao dia, com avaliações diárias até o décimo dia após a semeadura. Os

resultados obtidos foram expressos em porcentagem de plântulas normais emergidas.

2.3 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação dos híbridos, e análise de regressão para doses de filossilicato, por meio do programa estatístico Sisvar - Versão 5.3 (FERREIRA, 2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância (Tabela 1), observou-se que para primeira contagem de germinação houve interação entre os fatores estudados. O híbrido AG8544 IPRO2 apresentou maior vigor na primeira contagem de germinação em relação ao CD3501 Hx na ausência de recobrimento com filossilicato e também na menor dose testada (5 g kg^{-1} de sementes), enquanto não houve diferença quando submetidos às doses de 10 e 15 g kg^{-1} de semente. Já na maior dose testada de filossilicato (20 g kg^{-1} de sementes) as respostas se inverteram, no qual houve maior número de sementes germinadas na primeira contagem do híbrido CD3501 Hx (Tabela 2).

Entre as doses testadas, houve diferença apenas para CD3501 Hx, se ajustando à uma equação linear crescente (Figura 1). Os diferentes genótipos de híbridos de milho, comportam-se diferentemente no aproveitamento de nutrientes (LEITE et al. 2008), assim como para o silício, segundo os resultados obtidos neste trabalho.

Resultados semelhantes foram obtidos por Matichenkov et al. (2005), os quais obtiveram incremento na primeira contagem de germinação em sementes de trigo com o aumento das doses de silício. Já Tunes et al. (2014) em sementes de arroz verificaram que a primeira contagem da germinação não apresentou resultado significativo utilizando doses dos produtos fontes de silício (caulim e casca de arroz carbonizada).

Para os resultados do teste de germinação (Tabela 1) verificou-se que não houve diferença para as doses de filossilicato e entre os híbridos de milho. Estes

resultados corroboram com Fonseca (2012), que não observou efeito das doses na germinação das sementes de trigo recobertas com silicato de alumínio. O mesmo foi observado por Santos et al. (2010) em sementes de braquiária, por Toledo et al. (2011) em aveia branca, e por Tunes et al. (2014) em arroz, não havendo nestes estudos efeito do silício na percentagem de germinação das respectivas espécies, inclusive a cultura de milho detectado neste trabalho. Estes resultados sugerem que o silício pode até afetar o vigor das sementes destes cereais, no entanto não alteram a germinação, mesmo sendo culturas acumuladoras deste elemento.

O comprimento da parte aérea foi influenciado apenas pelos genótipos de milho, no qual o híbrido AG8544 VTPRO2 apresentou os maiores valores no comprimento da parte aérea das plântulas em relação ao CD3501 Hx (Tabela 1). Não houve efeito das doses de filossilicato para comprimento da parte aérea, corroborando com os resultados de Tunes et al. (2014), no qual também não verificaram diferenças neste parâmetro em sementes de arroz, independente da fonte de silício utilizada. Já Rufino et al. (2010) observaram incremento no comprimento da parte aérea de plântulas de soja quando as sementes foram tratadas com Ca e Mg + Si combinados e com o uso do silício isolado.

Analogamente, o híbrido AG8544 VTPRO2 se destacou com maior comprimento do sistema radicular comparado ao CD3501 Hx, não havendo novamente diferença entre as doses de filossilicato. Contrariando estes resultados, Tunes et al. (2014), utilizando o caulim como fonte de silício, observaram resultado significativo para comprimento de raiz de arroz, à medida que se aumentaram as doses do produto. Estudos com recobrimento de sementes envolvendo micronutrientes têm evidenciado variações nos resultados, havendo diferenças na resposta do vigor das sementes dos cereais de acordo com a fonte de silício utilizada.

O mesmo ocorreu no teste de frio, no qual o híbrido AG8544 VTPRO2 foi mais vigoroso do que o material CD3501 Hx. Independente das doses de filossilicato utilizado para recobrir as sementes de milho, não constatou-se acréscimo no vigor, observado neste teste (Tabela 1).

As doses de silício utilizadas no recobrimento de sementes de milho, em ambos híbridos não influenciaram a percentagem de emergência de plântulas.

Na literatura os resultados de aplicação do silício, referentes à qualidade fisiológica e emergência das sementes são muitos variáveis. Vieira et al. (2011) em trabalho com aplicação de silicato de cálcio em arroz irrigado em solos com baixo nível de silício, obtiveram efeitos positivos na qualidade fisiológica das sementes, no entanto verificou também que doses excessivas de silício também afetaram o vigor das sementes. Da mesma forma, Harter; Barros (2011) observaram efeito positivo na qualidade das sementes com a aplicação de doses de cálcio e silício. Resultados divergentes foram encontrados em trabalho com sementes de arroz submetidas à adubação com silicato de alumínio (LIMA et al. 2010), e soja com aplicação de silicato de potássio, no qual não se obteve alteração na qualidade fisiológica (OLIVEIRA et al. 2014).

4 CONCLUSÕES

A utilização de doses de filossilicato no recobrimento de sementes não afetou a germinação e vigor de sementes de milho, com exceção da primeira contagem de germinação para o híbrido CD3501 HX.

5 REFERÊNCIAS

ANTUNES, C. S.; MORAES, J. C.; ANTÔNIO, A.; SILVA, V. F. Influência da aplicação de silício na ocorrência de lagartas (lepidoptera) e de seus inimigos naturais chaves em milho (*Zea mays* L.) e em girassol (*Helianthus annuus* L.) **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 619-625, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV. 2009, 399 p.

CAMARGO, M. S.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Solubilidade do silício em solos: influência do calcário e ácido silícico aplicados. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 04, p. 637-647, 2007.

COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; COSTA, R. R. Interação silício imidacloprid no comportamento biológico e alimentar de *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p.455-460, 2009.

DANTAS JÚNIOR, E. E.; CHAVES, L. H. G.; COSTA, F. A. M.; KORNDORFER, G. H. Desenvolvimento de milho irrigado e adubado com silicato de cálcio e magnésio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.05, n. 04, p. 337-350, 2011.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). Agropecuária Oeste. **O silício e a resistência das plantas ao ataque de fungos patogênicos.** Disponível em: <<http://www.cpa0.embrapa.br/portal/artigos/artigos/artigo1.html>>. Acesso em: 30 de Dezembro de 2014.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FONSECA, D. A. R. **Desempenho de sementes de trigo recobertas com silicato de alumínio.** 2012. 58p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, 2012.

GIONGO, V.; BOHNEN, H. Relação entre alumínio e silício em genótipos de milho Resistente e sensível a toxidez de alumínio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 348-356, 2011.

GUNES, A.; PILBEAM, D. J.; INAL, A.; COBAN, S. Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, in growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 39, n.13-14, p. 1885-1903, 2008.

HARTER, F. S.; BARROS, A. C. S. A. Cálcio e silício na produção e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n.1, p. 54- 60, 2011.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M.S. **Papel do silício na produção da cana-de-açúcar**. STAB: Açúcar e Álcool e Subprodutos. v. 21, n. 2, p. 6-9. 2002.

LIMA, B. A. D. **Uso da argila silicatada como fonte de silício na produção de sementes de cereais**. 2010. 40p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, 2010.

MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, v.11, p. 392-397, 2006.

MATICHENKOV, V. V.; KOSOBROUKHOV, A. A.; SHABNOVA, N. I.; BOCHARNIKOVA, E. A. Plant response to silicon fertilizers under salt stress. **Agrokhimiya**, Moscow, v.10, p.59-63, 2005.

MAUAD, M.; CRUSCIOL, C. A. C.; GRASSI FILHO, H.; CORREA, J. C. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, p. 761-765, 2003.

NERI, D. K. P.; MORAES, J. C.; GAVINO, M. A. Interação silício com inseticida regulador de crescimento no manejo da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 1167-1174, 2005.

OLIVEIRA, S.; LEMES, E. S.; MENDONÇA, A. O.; RITTER, R.; MENEGHELLO, G. E. Efeitos da aplicação de silício via sementes na produtividade e na qualidade de sementes de soja. Enciclopédia BIOSFERA, **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 10, n. 19; p. 920-933. 2014.

REIS, T. H. P.; FIGUEIREDO, F. C.; GUIMARÃES, P. T. G., BOTREL, P. B.; RODRIGUES, C. R. Efeito da associação silício líquido solúvel com fungicida no controle fitossanitário do cafeeiro. **Coffee science**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 76-80, 2008.

RUFINO, C. A. **Aplicação de cálcio, magnésio e silício nas sementes de soja**. 2010. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, 2010.

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**, Cascavel, v.3, n.1, p.171-178, 2010.

SANTOS, F. C.; OLIVEIRA, J. A.; VON PINHO, E. V. R.; GUIMARÃES, R. M.; VIEIRA, A. R. Tratamento químico, revestimento e armazenamento de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 69-78, 2010.

SHI, X. H.; ZHANG, C. C.; WANG, H.; ZHANG, F. S. Effect of Si on the distribution of Cd in rice seedlings. **Plant and Soil**, Beijing, v. 272, n. 1-2, p. 53-60, 2005.

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. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 502-513. 2010.

TOLEDO, M. Z.; GARCIA, R. A.; MERLINA, A.; FERNANDES D. M. Seed germination and seedling development of white oat affected by silicon and phosphorus fertilization. **Scientia Agricola**, v. 68, p. 18-23, 2011.

TUNES, L. V. M.; FONSECA, D. A. R.; MENEGHELLO, G. E.; REIS, B. B.; BRASIL, V. D.; RUFINO, C. A.; VILELLA, F. A. Qualidade fisiológica, sanitária e enzimática de sementes de arroz irrigado recobertas com silício. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n.5, p. 675-685, 2014.

VIEIRA, A.R. Qualidade de sementes de arroz irrigado produzidas com diferentes doses de silício. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, p.490-500.2011.

XIE Z.; SONG, F.; XU, H.; SHAO, H.; SONG, R. Effects of Silicon on Photosynthetic Characteristics of Maize (*Zea mays* L.) on Alluvial Soil. **Scientific World Journal**. p. 01-06, 2014.

Tabela 1. Primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MPA), massa seca de raiz (MR) e teste de frio (TF) de plântulas de milho de dois híbridos tratados com doses de filossilicato. CPCS/UFMS, Chapadão do Sul - MS, 2015.

Híbrido ¹	PCG (%)	G (%)	CPA (cm)	CR (cm)	MPA (g)	MR (g)	TF (%)	E (%)
CD3501 Hx	68	86	11,57 b	16,78 b	0,57	0,351 b	50,60 b	91,55
AG8544 VTPRO2	80	89	12,94 a	23,56 a	0,64	0,454 a	73,20 a	90,47
RS²								
0	64	89	11,50	20,12	0,601	0,365	66,00	92,87
5	59	85	12,05	19,82	0,624	0,316	58,50	90,84
10	85	89	12,63	19,73	0,638	0,405	59,25	91,18
15	81	85	12,54	20,24	0,535	0,351	63,25	87,58
20	80	89	12,56	20,94	0,651	0,454	62,50	92,56
F (Híbrido)	208,90*	2,83 ^{ns}	67,91*	194,60*	3,60 ^{ns}	112,04*	41,41*	0,59 ^{ns}
F (RS)	20,82*	1,15 ^{ns}	2,42 ^{ns}	0,97 ^{ns}	2,68 ^{ns}	2,15 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,80 ^{ns}
F (Híbrido*RS)	28,58*	0,66 ^{ns}	2,99 ^{ns}	1,24 ^{ns}	2,34 ^{ns}	0,21 ^{ns}	3,10 ^{ns}	1,12 ^{ns}
CV (%)	3,73	6,68	4,30	7,62	18,99	16,23	7,77	4,87
Média	78	87	12,25	20,17	0,61	0,38	61,50	91,00

^{ns}não significativo, *significativo à 5% de probabilidade. *Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. ¹Híbridos simples de milho. ²Recobrimento de sementes com doses de filossilicato.

Tabela 2. Primeira contagem de germinação (%) de híbridos de milho em função de doses de filossilicato. CPCS/UFMS, Chapadão do Sul - MS, 2015.

Híbrido ¹	RS ² (g kg ⁻¹ de sementes)				
	0	5	10	15	20
CD3501 HX	46 b	37 b	85 a	83 a	88 a
AG8544 IPRO2	83 a	82 a	85 a	79 a	73 b

*Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. ¹Híbridos simples de milho. ²Recobrimento de sementes com doses de filossilicato.

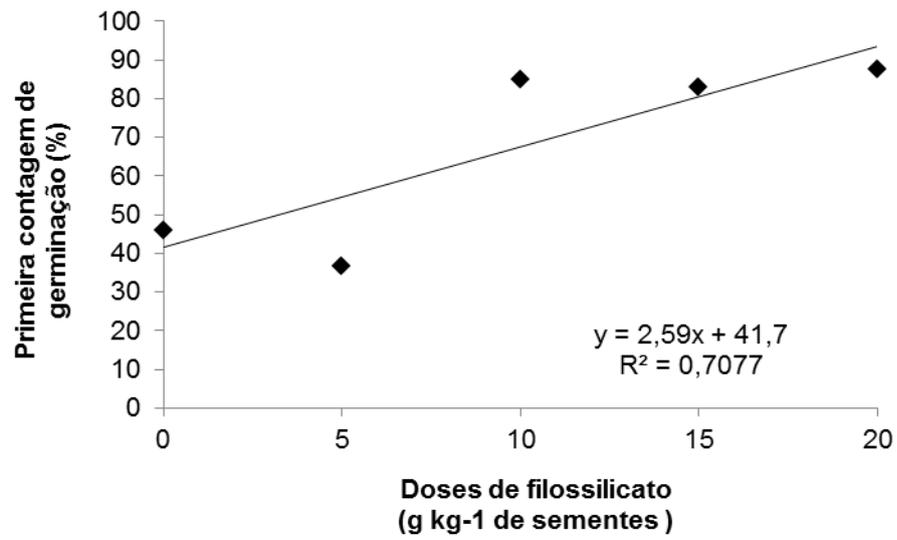


Figura 1. Primeira contagem de germinação (%) em função de doses de filossilicato no recobrimento de sementes do híbrido de milho CD3501 Hx. CPCS/UFMS, Chapadão do Sul - MS, 2015.

CAPÍTULO 2 - USO DE SILÍCIO VIA RECOBRIMENTO DE SEMENTES E APLICAÇÃO FOLIAR EM MILHO SAFRINHA

RESUMO

O milho está entre os cereais mais produzidos e consumidos no mundo; seu cultivo em safrinha tem expressiva importância no sistema produtivo brasileiro, entretanto esta época é caracterizada pelas condições climáticas menos favoráveis para o seu desenvolvimento. A aplicação de silício está sendo difundida na agricultura como alternativa a ser integrada no manejo das culturas, por conta dos diversos benefícios relatados nas gramíneas acumuladoras e na resistência à estresses bióticos e abióticos. Objetivou-se nesta pesquisa estudar o efeito de doses de silício via recobrimento de sementes e aplicação foliar na cultura do milho, sobre os componentes de produção e produtividade do cereal em cultivo safrinha. O delineamento experimental utilizado foi em parcelas subdivididas, na qual as parcelas foram compostas por doses de filossilicato (0; 5; 10; 15 e 20 g kg⁻¹ de sementes) no recobrimento de sementes do híbrido AG8544 VTPRO2, e as subparcelas constituídas pela aplicação foliar de silicato de potássio (1,0 L ha⁻¹ em pré-plantio e 15 dias após). As avaliações realizadas foram: altura de plantas, altura de inserção de espiga, diâmetro de espiga e sabugo, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, massa de 100 grãos e produtividade. Não houve efeito da aplicação foliar de silicato de potássio na produtividade e componentes de produção do milho safrinha. O uso de filossilicato no recobrimento de sementes proporcionou benefícios até a dose aproximada de 13,0 g kg⁻¹ de sementes para diâmetros de espiga e sabugo, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira. A produtividade de grãos foi incrementada até a dose de 17,5 g kg⁻¹ de sementes.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L., silicato, adubação silicatada.

CHAPTER 2 – USE OF THE SILICON SEED TREATMENT AND FOLIAR APPLICATION IN WINTER CORN

ABSTRACT

The corn is among the most produced and consumed grains in the world; its growth in off-season has significant importance in the Brazilian production system, however this time is characterized by less favorable weather conditions for their development. The silicon application is spreading in agriculture as an alternative to be integrated into crop management, due to the many benefits reported in accumulating grasses and resistance to biotic and abiotic stresses. The objective of this research was to study the effect of silicon doses via seed coating and foliar application in corn, the components of production and productivity of cereal on off-season cultivation. The experimental design was a split plot, in which the plots had doses of phyllosilicate (0, 5, 10, 15 and 20 g kg⁻¹ seed) in seed coating hybrid AG8544 VTPRO2, and subplots consisted by Foliar application of potassium silicate (1.0 L h⁻¹ in pre-tassel and 15 days). The evaluations were: plant height, ear insertion height, ear diameter and cob, number of rows per ear, number of kernels per row, weight of 100 grains and productivity. There was no effect of foliar application of potassium silicate in productivity and winter maize production components. The use of phyllosilicate in the seed coating provided benefits to the approximate dose of 13.0 g kg⁻¹ seed for ear diameters and cob, number of rows per ear and number of kernels per row. The grain yield was increased up to a dose of 17.5 g kg⁻¹ seed.

KEY WORDS: *Zea mays* L., silicate, silicon fertilization.

1 INTRODUÇÃO

O milho é um dos principais cereais produzidos no Brasil, ocupando a terceira posição na produção mundial (USDA, 2014); seu cultivo é realizado nas épocas de safra e safrinha, sendo esta segunda adotada como opção de entressafra das maiores e principais áreas agrícolas produtoras do país, em sua maioria após a cultura da soja.

A condução de milho safrinha tem sido associada a um cultivo menos favorável por conta das adversidades climáticas, pois é semeado após a colheita da safra de verão, em condições ambientais peculiares, especialmente a ocorrência de altas temperaturas e pouca disponibilidade de água no solo. Entretanto, com a crescente demanda mundial do cereal, tem-se aumentado a área de semeadura, assim como a realização de mudanças graduais de investimento, por meio da intensificação do manejo fitossanitário e adoção de híbridos mais responsivos (SCHUELTER; BRENNER, 2009).

Em virtude desta demanda, atualmente há procura constante por alternativas que venham reduzir os efeitos de estresses abióticos na cultura. Desta forma, o silício se mostra como ferramenta viável a ser utilizado nestas condições limitantes, principalmente, pela cultura ser uma gramínea acumuladora desse elemento, assim como a cana-de-açúcar e o arroz, nas quais já foram constatados acréscimos de produtividade com a adoção de adubação silicatada (MENDES et al. 2011).

O silício não é considerado um elemento essencial para o crescimento das plantas (MA; YAMAJI, 2008), contudo há diversos estudos apontando os efeitos benéficos que a disponibilização deste elemento pode trazer, tais como: aumento da resistência ao acamamento e eficiência fotossintética; contribuição nas funções físicas de regulação da evapotranspiração (CAMARGO et al. 2007); aumento da absorção e metabolismo de elementos, tais como o fósforo; diminuição do efeito tóxico de ferro, manganês, alumínio; sódio e metais pesados (SHI et al. 2005); resistência mecânica à invasão de microorganismos fitopatogênicos e ao ataque de insetos praga (COSTA et al. 2009).

O principal efeito da disponibilização de silício às plantas é a proteção mecânica atribuída, principalmente, à deposição de sílica amorfa ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) na parede celular. Este elemento se acumula nos órgãos de maior transpiração,

provocando a formação de uma camada dupla de sílica cuticular, que pela diminuição de perda de água para a atmosfera, faz com que a exigência de água pelas plantas seja menor (MA; YAMAJI, 2006).

Solos tropicais, como o brasileiro, são muito intemperizados, altamente lixiviados, e em cultivos sucessivos tendem a apresentar baixos níveis de silício disponível para as plantas, o qual se encontra na forma de ácido silícico na solução do solo (SANDIM et al. 2010). Desta forma, a disponibilização de silício às culturas pode ser uma estratégia interessante, tendo em vista o leque de benefícios morfofisiológicos, visando também o incremento na produtividade.

O fornecimento de silício pode ser feito via solo, incorporado ou em superfície; sulco de semeadura; via semente e aplicação foliar, sendo que a escolha do método de aplicação depende basicamente do produto fonte do elemento e do momento de aplicação.

A principal fonte de silício empregada nas lavouras brasileiras são os silicatos de cálcio e magnésio, oriundos de escória de siderurgia, uma vez que são as fontes mais baratas e abundantes de silicatos (STOCCO et al. 2010). Além de apresentarem baixíssimos teores de silício solúvel também são insolúveis ou apresentam baixa solubilidade em água, possuem metais pesados na sua constituição, e ainda, podem alterar o pH do solo, como foi verificado por Nogueira et al. (2012). Felisberto et al. (2014) apresentam como alternativa o uso de fontes naturais de silício como os filossilicatos, que são compostos minerais silicatados, muito solúveis, não promovendo alteração de pH e apresentando-se completamente livres de metais pesados.

Sabendo-se que o silício é pouco móvel no interior das plantas (PEREIRA et al. 2007), o fornecimento via recobrimento de sementes e aplicação foliar é a garantia de pronta disponibilização do elemento, em dois diferentes momentos, igualmente importantes, na germinação e estabelecimento, e para contribuição na fase reprodutiva da cultura, respectivamente.

Existem alguns estudos que já verificaram o efeito positivo do silício em alguns componentes de produção e produtividade do milho, como Teodoro et al. (2014) que constataram incremento no comprimento de espiga por meio de aplicação foliar de silício em diferentes híbridos. Sousa et al. (2010) também atribuíram ao silício, o aumento na massa de mil grãos e da produtividade do milho,

no entanto estes salientam a diversificação de respostas em relação à intensidade dos estresses em que a cultura é submetida.

Visando contribuir com informações sobre o uso desse elemento na agricultura, este trabalho objetivou estudar o efeito do silício via recobrimento de sementes e aplicação foliar nos componentes de produção e produtividade da cultura do milho cultivado em safrinha.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição do local do experimento

O trabalho foi conduzido na área experimental da Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Chapadão (Fundação Chapadão), localizado no município de Chapadão do Sul-MS, em cultivo safrinha no ano de 2014, nas coordenadas geográficas 18°41'33" S de latitude e 52°40'45" O de longitude, com altitude média de 810 metros.

A classe de solo predominante é Latossolo Vermelho distrófico e o clima é, segundo Köppen, do tipo tropical úmido (Aw), apresentando estação chuvosa no verão e seca no inverno, com precipitação média anual de 1850 mm. Os atributos químicos do solo do local do experimento, teores de macronutrientes e granulometria da camada de 0 a 20 cm de profundidade se encontram na Tabela 1.

2.2 Semeadura

A semeadura foi realizada no dia 05 de fevereiro de 2014, utilizando sementes de milho híbrido simples transgênico AG 8544 PRO2, em sistema de semeadura direto sobre restos de cultura de *Urochloa decumbens*, com semeadora à vácuo de 7 linhas. Na adubação de base utilizou-se 154 kg ha⁻¹ de MAP, e 100 kg ha⁻¹ de ureia em cobertura no estágio V6 da cultura, destacando a ausência da adubação potássica na semeadura, sendo posteriormente aplicado silicato de potássio via foliar.

2.3 Delineamento e descrição do experimento

O experimento foi conduzido em parcelas subdivididas, no qual as parcelas foram constituídas por cinco doses de filossilicato (produto comercial Microton®, composto por 26,68% de Si, 3% de CaO e 1,6% de MgO) via recobrimento de sementes nas doses de 0, 5, 10, 15 e 20 g kg⁻¹ de semente. As subparcelas foram compostas pela presença e ausência de aplicação foliar de silicato de potássio (produto comercial Sifol®, composto por 12,2 % de Si e 15,8% de K₂O) na dosagem de 1,0 L ha⁻¹ em pré-plantio e 15 dias após a primeira aplicação, conforme recomendado pelo fabricante, compondo assim um fatorial 5 x 2 com quatro repetições.

O recobrimento de sementes foi realizado com utilização de betoneira elétrica para melhor aderência das sementes; para isto acrescentou-se a proporção de água de 10 mL kg⁻¹ de semente de milho, conforme recomendação do fabricante. As aplicações foliares de silicato de potássio foram realizadas utilizando pulverizador costal de pressão constante (CO₂), equipado com uma barra de 3,0 m e com seis pontas de jato leque, modelo XR 11002, espaçadas em 50 cm, com volume de calda de 150 L ha⁻¹, e pressão de 3,0 bar.

Cada parcela experimental foi constituída por sete linhas de 5,5 metros de comprimento, em espaçamento de 0,45 m entre linhas, com densidade de três sementes por metro. As avaliações foram realizadas em quatro metros nas três linhas centrais, perfazendo área útil de 5,4 m².

Anterior à semeadura do milho, foi realizada dessecação da *Uroclhoa decumbens*, utilizando Glifosato na dose de 1,5 kg ha⁻¹, e como pós-emergente fez-se duas aplicações de Atrazina (1,5 kg ha⁻¹). Os demais tratamentos fitossanitários utilizados para o controle de pragas e doenças foram: Imidacloprido+Beta-ciflutrina (10+1,25 g ha⁻¹) em estágio V2; Novaluron (15 g ha⁻¹) e Metomil (215 g ha⁻¹) em V4; Novaluron (15 g ha⁻¹) em V6 e Triazol+Estrobilurina (25+66 g ha⁻¹) em R1.

2.4 Parâmetros avaliados

As avaliações realizadas no momento da colheita, 15 de julho de 2014, foram: altura de planta (do colo até a inserção da última folha expandida) e altura de inserção da primeira espiga, em dez plantas aleatórias por parcela com utilização de régua graduada de madeira. As tomadas de medida do diâmetro da espiga e

diâmetro do sabugo foram realizadas com paquímetro digital, medindo-se dez espigas por parcelas; também foi mensurado, o número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira; além da massa de 100 grãos, obtida por meio de contagem manual dos grãos e pesagem utilizando balança semi-analítica.

As espigas da área útil colhidas manualmente foram debulhadas, e a partir do massa dos grãos, corrigido para umidade de 13%, obteve-se a produtividade, em quilos por hectare.

2.5 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e utilizando teste de Tukey a 5% de probabilidade, comparou-se as médias para os tratamentos de aplicação foliar, e análise de regressão para doses via recobrimento de sementes, por meio do programa estatístico Sisvar - Versão 5.3 (FERREIRA, 2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância (Tabela 2), a aplicação de silício, via recobrimento e foliar, não influenciou altura de inserção da espiga e altura das plantas de milho. Resultados semelhantes foram encontrados por Freitas et al. (2011) ao avaliarem doses de silício aplicado via foliar em milho. Teodoro et al. (2014) e Sandim et al. (2010) também verificaram, para a mesma cultura, que em parâmetros como altura da planta, diâmetro do colmo e altura de inserção da primeira espiga, não foram observadas diferenças para a adubação silicatada no sulco e incorporada ao solo. Portanto, independente de quanto o silício mostra-se benéfico em diversos aspectos fisiológicos dos organismos vegetais, não há nenhum fator direto que evidencie maior crescimento efetivo das plantas (DEREN, 2001), independente da fonte utilizada e do momento de aplicação.

As doses de silício via recobrimento de sementes influenciaram o diâmetro de espiga e sabugo, sendo que os dados se ajustaram em equações quadráticas, nas quais se observou o ponto de máximo nas doses de 12,46 e 13,22 g kg⁻¹ de sementes, respectivamente (Figura 2A e 2B). No entanto, a aplicação foliar de silício não influenciou essas variáveis, resultados estes que corroboram com Teodoro et al.

(2014), os quais não observaram diferenças no diâmetro de espiga na aplicação foliar de silício em diferentes híbridos de milho.

Para número de fileiras por espiga houve diferença apenas entre as doses de filossilicato havendo incremento até a dose de $12,83 \text{ g kg}^{-1}$ de sementes, sendo que a partir deste, o número de fileiras decresceu (Figura 3A). Dados semelhantes foram encontrados por Marques (2013), o qual observou que houve aumento no número de fileiras por espiga à medida que se elevou a proporção de silicato de cálcio, incorporado ao solo antes da semeadura, independente da lâmina de irrigação que as plantas de milho foram submetidas.

O número de fileiras de grãos é um importante indicador da boa formação da espiga contribuindo para o aumento da produtividade do milho, pois reflete diretamente sobre o número de grãos por espiga. Este parâmetro está relacionado com o diâmetro de espiga e sabugo, pois o crescimento em diâmetro das espigas recém formadas pré-determinam o número de óvulos que têm a capacidade de fertilizarem e se tornarem grãos.

O número de grãos por fileira foi influenciado pelas doses de silício via recobrimento das sementes (Tabela 2), respondendo positivamente até a dose estimada de $13,19 \text{ g kg}^{-1}$ de sementes (Figura 3B). Estes dados corroboram com os encontrados por Marques (2013), que obteve incremento no número de grãos por fileira de milho quando utilizado silicato de cálcio em ambientes de estresse hídrico; diferentemente de Sandim et al. (2010), que ao avaliar doses de pó de sílica em híbrido simples de milho, não encontraram resultados significativos para este parâmetro. A aplicação de silício via foliar não foi significativa, corroborando com os dados encontrados por Teodoro et al. (2014), que não constatou diferença nesta mesma variável, ao submeter híbrido simples de milho à aplicação foliar de silício em V4.

Esses resultados positivos para os componentes de produção reflete o efeito do silício como amenizador, em épocas de cultivos que expõem a planta à estresses bióticos e abióticos, pois acredita-se que este elemento está envolvido em atividades metabólicas ou fisiológicas vegetais, que de forma indireta, tornam as plantas mais eficientes fotossinteticamente e contribuem com a formação de estruturas reprodutivas (MARQUES, 2013). Este efeito foi verificado em trabalho realizado por Gunes et al. (2008), que ao trabalhar com girassol verificaram que a aplicação de

silício levou ao acúmulo dos níveis de enzimas antioxidantes, maior atividade fotossintética e incremento na produtividade.

Para massa de 100 grãos não houve efeito do silício aplicado na semente ou foliar. Estes dados concordam com Teodoro et al. (2014), Freitas et al. (2011) e Sandim et al. (2010), os quais concluíram que aplicações foliares de silício em diversos híbridos e diferentes épocas, respectivamente, não interferiram na massa de 100 grãos de milho; diferentemente dos resultados encontrados nas culturas de aveia e trigo, as quais refletiram em aumento da massa de grãos quando suplementadas com soluções de silício (LIMA FILHO; TSAI, 2007).

Mauad et al. (2003) também já haviam observado incremento na massa de grãos de arroz, utilizando silicato de cálcio aplicado à lanço no solo. A explicação provável para o aumento da massa de grãos destas culturas seria a maior deposição de silício sobre a pálea e lema destes grãos, as quais correspondem a 20% da massa total do grão (WALTER et al. 2008).

A produtividade de grãos respondeu de forma quadrática às doses de silício via recobrimento de sementes, obtendo-se o ponto máximo com $17,53 \text{ g kg}^{-1}$ de semente (Figura 4). Independente da utilização do silício, as produtividades foram superiores à média nacional obtida em cultivo safrinha, que é de $5381,0 \text{ kg ha}^{-1}$ (CONAB, 2014). O cenário produtivo obtido no presente trabalho justifica-se, pois as condições pluviométricas e climáticas foram satisfatórias para o desenvolvimento da cultura (Figura 1).

A aplicação foliar de silício, como nos demais parâmetros, não incrementou a produtividade do milho. Estes resultados corroboram com os obtidos por Freitas et al. (2011) e Theodoro et al. (2014), que também não obtiveram significância para esta variável; porém contradizem os relatos de Sousa et al. (2010), que constataram aumento na produtividade da cultura do milho com aplicação via foliar de silício. No entanto, estes autores realizaram aplicações foliares de silicato de potássio na dose de 4 L ha^{-1} , nos estádios fenológicos V4 e V6 da cultura do milho.

Mendes et al. (2011) afirmaram que a resposta da produtividade à adubação silicatada pode estar relacionada com resistência à estresses. Contudo, alguns efeitos do elemento no metabolismo da planta, como a indução de resistência à doenças, alocam recursos para a síntese de compostos de defesa e também para outros metabolismos secundários. Isso pode resultar em maior gasto energético da

planta para manter estes metabolismos e promover supostas quedas de produtividade em alguns casos (DÉLANO-FRIER et al. 2004). Tal fato pode explicar a tendência de queda de produtividade nas maiores doses de silício, disponibilizadas na semente, do presente estudo.

Apesar do silício não ser considerado como um elemento essencial para as plantas, o trabalho aqui exposto mostrou que a utilização deste elemento na cultura do milho acarretou em incremento na produtividade. Apesar de não ter sido observado ganho no peso dos grãos, este acréscimo na produtividade pode ser explicado pelo efeito benéfico do silício em alguns componentes de produção importantes, como diâmetro da espiga, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira, os quais conseqüentemente justificam o ganho em produtividade, com o aumento das doses de silício.

4 CONCLUSÕES

Não houve efeito da aplicação foliar de silicato de potássio na produtividade e componentes de produção do milho safrinha.

O uso de filossilicato via recobrimento de sementes incrementou os componentes de produção e a produtividade do milho safrinha.

5 REFERÊNCIAS

BALASTRA, M. L. F.; PEREZ, C. M.; JULIANO, B. O.; VILLREAL, P. Effects of silica level on some proprieties of *Oryza sativa* straw and hult. **Canadian Journal of Botany**, v. 67, p. 2356-2363, 1989.

CAMARGO, M. S.; KORNDÖRFER G. H.; PEREIRA H. S. Solubilidade do silício em solos: influência do calcário e ácido salicílico aplicados. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 637-647, 2007.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). Segundo levantamento - Acompanhamento da Safra Brasileira de grãos 2014/15. **Boletim de Monitoramento Agrícola**. 2014. 103 p.

DÉLANO-FRIER, J. P. The effect of exogenous jasmonic acid on induced resistance and productivity in amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) is influenced by environmental conditions. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 30, n. 5, p. 1001-1034, 2004.

DEREN C. Plant genotypes, silicon concentration and silicon related responses. In: DATNOFF L. E.; SNYDER G. H.; KORNDÖRFER G. H. (Ed.) **Silicon in Agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. p. 149-158.

FELISBERTO, G.; FEHR, R. M.; GODOY, L. J. G.; FELISBERTO, P. A. C. Filossilicatos: Efeitos no crescimento e na nutrição de plantas de milho e no teor de silício do solo. Agrarian Academy, **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 1, n. 2, p. 60-71, 2014.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FREITAS, L. B.; COELHO, E. M.; MAIA, S. C.; SILVA, T. R. B. Adubação foliar com silício na cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, p. 262-267, 2011.

GUNES, A. Influence of silicone on sunflower cultivars under drought stress, ingrowth, antioxidante mechanisms, and lipid peroxidation. **Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 39, p. 1885-1903, 2008.

LIMA FILHO, O. F.; TSAI, S. M. **Crescimento e produção do trigo e da aveia branca suplementados com silício**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Agropecuária Oeste. 2007. 34 p.

MA, J. F.; YAMAJI, N. Functions and transport of silicon in plants. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 65, p.3049-3057, 2008.

MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, Kurashiki, v.11, p.392-397, 2006.

MARQUES, D. J. **Proporções de silicato e carbonato de cálcio no crescimento, nutrição mineral e eficiência do uso da água por plantas de milho sob estresse hídrico**, 2013. 183 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MENDES, L. D.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. N. Adubação com silício: influência sobre o solo, planta, pragas e patógenos. **Cerrado Agrociências**, Patos de Minas, v. 2, p. 51-63, 2011.

NOGUEIRA, N. O.; TOMAZ, M. A.; ANDRADE, F. V.; REIS, E. F.; BRINATE, S. V. B. Influência da aplicação de dois resíduos industriais nas propriedades químicas de dois solos cultivados com café arábica. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 11-21, 2012.

PEREIRA, H. S.; BARBOSA, N. C.; CARNEIRO, M. A. C.; KORNDÖRFER, G. H. Avaliação de fontes e extratores de silício no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 239-247, 2007.

POZZA, A. A. A.; CARVALHO, J. G.; GONTIJO, P. T.; FIGUEIREDO, F. C.; ARAÚJO, A. R. Suprimento do silicato de cálcio e a eficiência nutricional de variedades de cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n.6, p.1705-1714, 2009.

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**, Cascavel, v.3, n.1, p.171-178, 2010.

SCHUELTER, A. R.; BRENNER, D. **Precocidade na safrinha: o mito e a realidade**. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/ArtigosDetalhe.aspx?Id=121>>. Acesso em: 2 Jan. 2015.

SHI, X. H.; ZHANG, C. C.; WANG, H.; ZHANG, F. S. Effect of Si on the distribution of Cd in rice seedlings. **Plant and Soil**, Beijing, v. 272, n. 1-2, p. 53-60, 2005.

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. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 502-513. 2010.

STOCCO, F. C.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F. V.; REIS, E. F.; LIMA, J. S. S.; SANTOS, D. A.; MACHADO, R. V. Uso de escórias de siderurgia na produção de material seca e perfilhamento de duas gramíneas do gênero *Brachiaria* em um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 2, p. 240-248, 2010.

TEODORO, P. E.; RIBEIRO, L. P.; CORRÊA, C. C. G.; TORRES, F. E. Desempenho de híbridos de milho sob aplicação foliar de silício no cerrado sul-mato-grossense. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, v.1, p. 224-231, 2014.

USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE). **World corn supply and use – World agricultural supply and demand estimates**. Disponível em: <<http://usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>> Acesso em: 21 Set 2014.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, 2008.

WEISMANN, M. Fases de Desenvolvimento da Cultura do Milho. **Tecnologia e Produção: Milho Safrinha e Culturas de Inverno**, Dourados, n.1, p. 31-38, 2008.

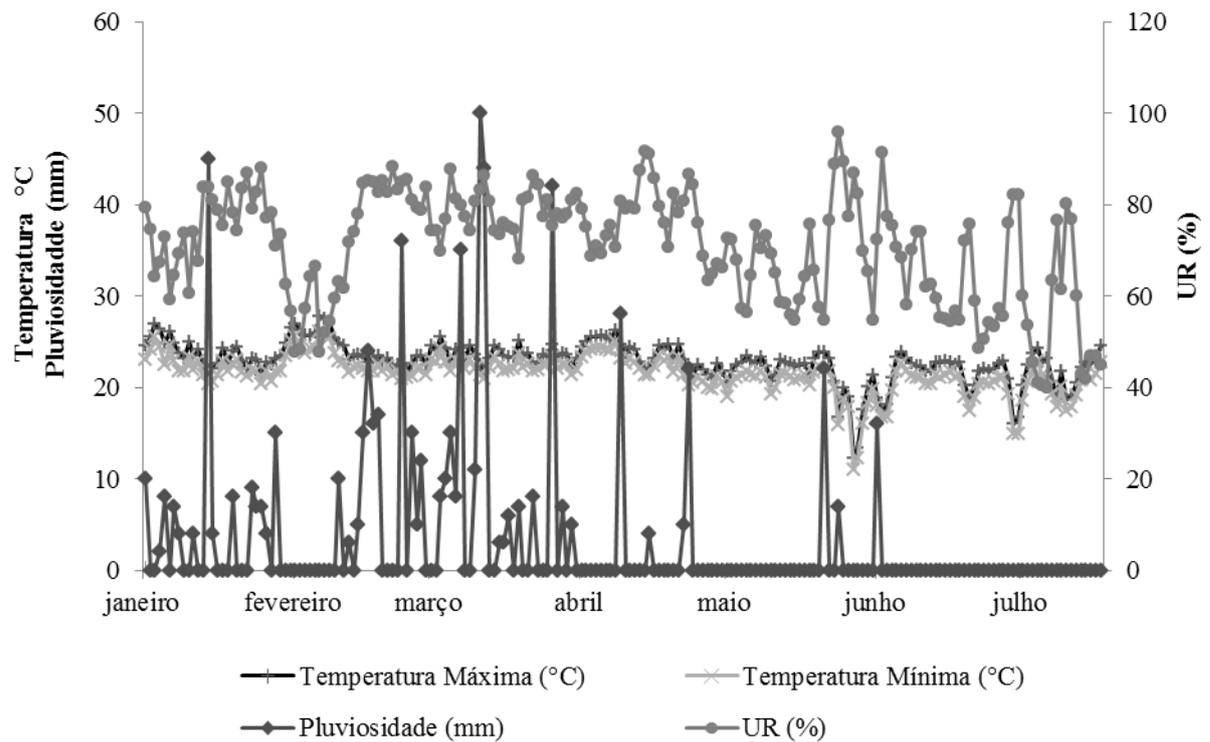


FIGURA 1. Dados diários de precipitação pluviométrica, temperaturas máxima e mínima do ar e umidade relativa do ar (UR) durante a condução do experimento. CPC/UFMS, Chapadão do Sul - MS, 2015.

TABELA 1. Atributos químicos do solo do local do experimento, teores de macronutrientes e granulometria da camada de 0 a 20 cm de profundidade. CPC/UFMS, Chapadão do Sul - MS, 2015.

Ph	Ca	Mg	Al	H+Al	K	P	S
	cmolc dm ⁻³				mg dm ⁻³		
CaCl ₂	KCl 1N			SMP	Mehlich 1	Resina	Acetato de amônio
4,80	2,50	0,60	0,22	2,90	0,19	10,60	5,00
CTC	Sat. Bases	Sat. Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
cmolc dm ⁻³	%		mg dm ⁻³				
			Água quente	Mehlich 1			
6,19	53,20	6,30	0,20	1,40	67,00	18,50	7,60
MO	Argila		Silte		Areia		
g dm ⁻³							
Dicromato de sódio	Dispersão com NaOH						
29,10	635,00		50,00		315,00		

TABELA 2. Altura de inserção de espiga (AE), altura de planta de planta (AP), diâmetro de espiga (DE), diâmetro de sabugo (DS), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), massa de 100 grãos (MCG) e produtividade (P) da cultura do milho, em função da aplicação de silício via recobrimento de sementes e presença ou ausência de aplicação foliar. CPCPS/UFMS, Chapadão do Sul - MS, 2015.

RS (g kg ⁻¹ de sementes)	AE (cm)	AP (cm)	DE (mm)	DS (mm)	NFE	NGF	MCG (g)	P (kg ha ⁻¹)
0	113,1	221,0	45,0	27,1	16,4	31,2	22,6	5726,2
5	111,6	225,1	49,2	30,4	18,6	34,3	24,2	7593,3
10	110,9	224,4	49,4	30,5	18,6	32,5	23,8	7511,7
15	113,6	227,0	48,1	29,7	18,7	34,5	24,4	7463,3
20	114,6	223,6	48,6	30,3	18,3	33,8	24,2	8195,9
AF								
Sem	111,9	224,0	47,5	29,5	18,3	33,1	23,6	7285,7
Com	112,6	224,5	48,2	29,7	17,9	33,8	24,1	7310,5
F (TS)	0,89 ^{ns}	2,92 ^{ns}	16,14*	10,48*	12,41*	5,02*	1,21 ^{ns}	18,38*
F (AF)	0,03 ^{ns}	0,13 ^{ns}	2,55 ^{ns}	0,43 ^{ns}	1,43 ^{ns}	1,80 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,01 ^{ns}
F (TS*AF)	0,08 ^{ns}	0,14 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,65 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,40 ^{ns}
CV (%) RS	4,02	1,62	3,23	4,24	4,39	4,94	7,74	8,38
CV (%) AF	4,40	1,73	2,52	3,77	3,79	4,58	6,40	11,10
Média	112,7	224,2	47,86	29,59	18,11	33,43	23,85	7298,09

^{ns}não significativo, *significativo à 5% de probabilidade. RS- Recobrimento de sementes com doses de filossilicato. AF- Aplicação foliar com silicato de potássio.

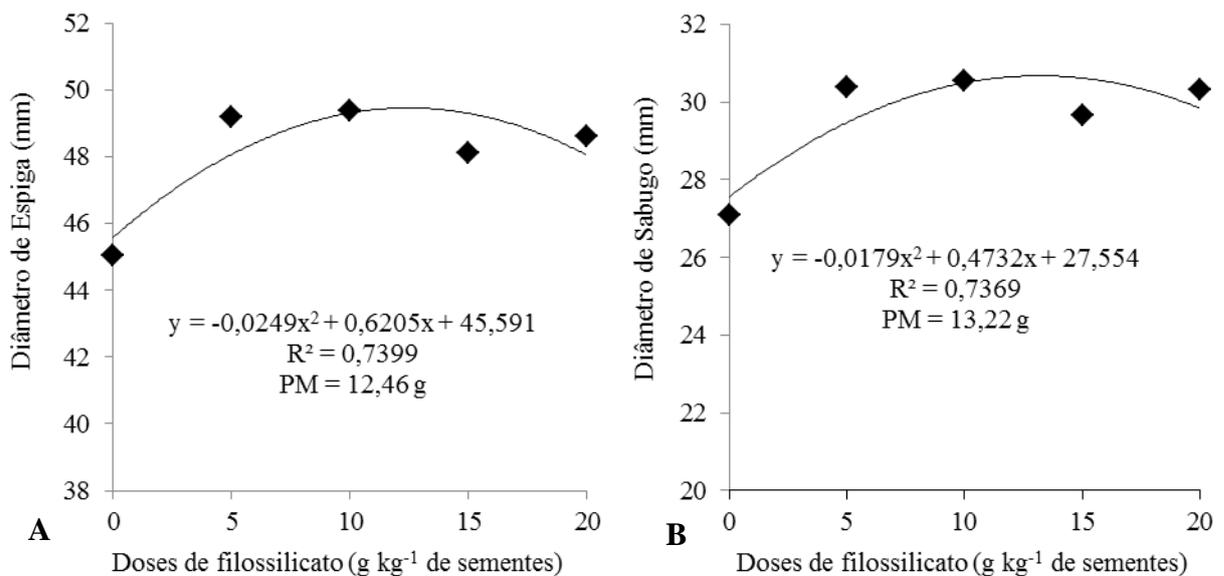


FIGURA 2. Diâmetro de espiga (A) e sabugo (B) de milho em função das doses de filossilicato utilizado no recobrimento de sementes. CPCPS/UFMS, Chapadão do Sul - MS, 2015.

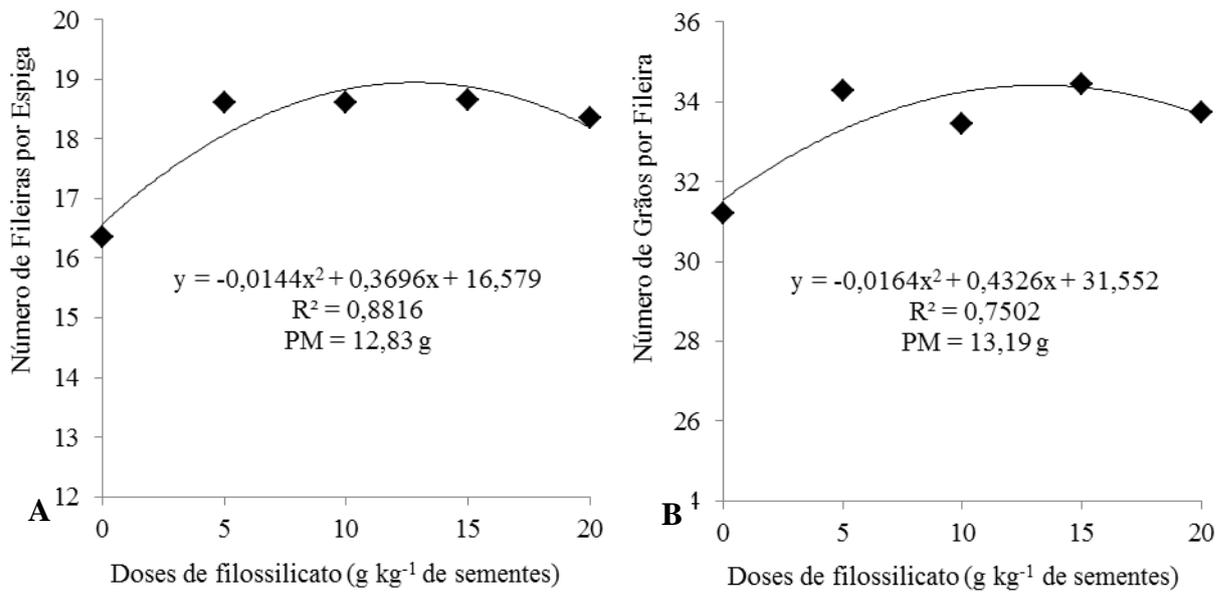


FIGURA 3. Número de fileira por espiga (A) e número de grãos por fileira (B) de milho em função de doses de filossilicato utilizado no recobrimento de sementes. CPCs/UFMS, Chapadão do Sul - MS, 2015.

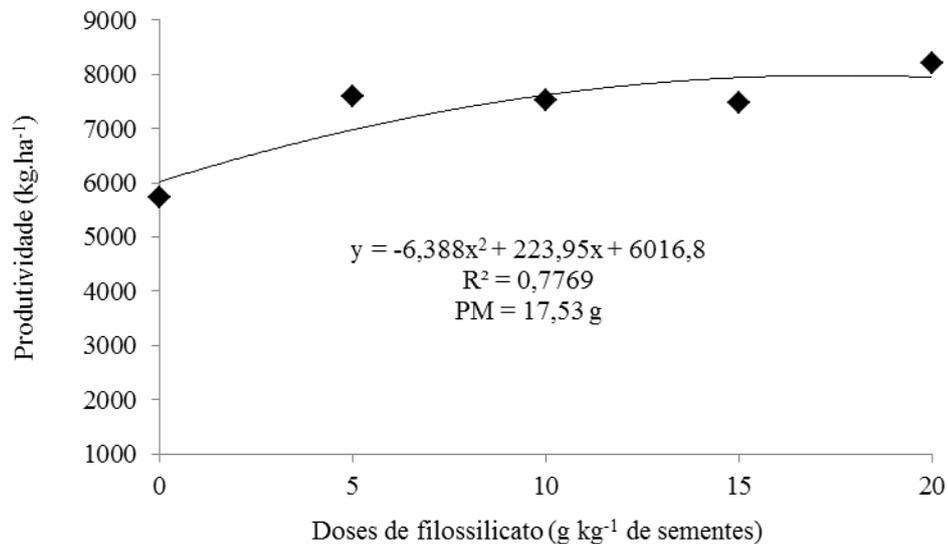


FIGURA 4. Produtividade de milho em função de doses de filossilicato utilizado no recobrimento de sementes. CPCs/UFMS, Chapadão do Sul - MS, 2015.