

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

JUNI VICENTE DE SOUZA

**APLICAÇÃO DE SILICATO DE POTÁSSIO VIA FOLIAR NO MILHO:
FOTOSSÍNTESE, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE**

**Uberlândia – MG
Novembro – 2008**

JUNI VICENTE DE SOUZA

**APLICAÇÃO DE SILICATO DE POTÁSSIO VIA FOLIAR NO MILHO:
FOTOSSÍNTESE, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Agronomia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para obtenção do
grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Carlos Ribeiro Rodrigues

**Uberlândia – MG
Novembro – 2008**

JUNI VICENTE DE SOUZA

**APLICAÇÃO DE SILICATO DE POTÁSSIO VIA FOLIAR NO MILHO:
FOTOSSÍNTESE, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Agronomia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para obtenção do
grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 17/11/2008

Prof^a Dra. Marli Ranal
Membro da Banca Examinadora

Prof^a Dra. Tatiana Michlovská Rodrigues
Membro da Banca Examinadora

Prof. Dr. Carlos Ribeiro Rodrigues
Orientador

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a Deus, por ter me dado a benção necessária durante toda minha vida e me conduzindo sempre pelo caminho do bem; à minha família, aos meus pais, Alan Kardeck e Aldaíra, e minha irmã Maria Teresinha, por todo o apoio afinal tudo que conquistei até hoje passou pelo aval e pela perseverança deles, que são minha fonte de inspiração e força; a minha namorada Camilla Buiatti, pelo apoio incondicional e companheirismo nos momentos mais difíceis; aos amigos e professores pelos ensinamentos a mim proporcionados e por terem me ajudado a me tornar uma pessoa melhor a cada dia.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que fizeram com que este trabalho pudesse se fazer realidade: em especial ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Ribeiro Rodrigues, por ter acreditado no meu potencial desde o primeiro momento e por ter me oferecido a oportunidade de ampliar meus conhecimentos, aos meus amigos de trabalho Vítor, Paulo César, Tiago, Maria Rita e Maria Clara por ter me dado valorosa ajuda na condução do experimento, a Una Prosil por ter cedido os produtos e a confiança na idoneidade do trabalho, ao GPSi por ter cedido os equipamentos e o laboratório e aos inúmeros amigos que das mais diversas formas me auxiliaram. A todos o meu sincero muito obrigado!

RESUMO

O silício é um micronutriente essencial e atua no manejo de resistência física ao ataque de pragas e patógenos, na melhoria da arquitetura foliar e, em consequência, aumenta as taxas fotossintéticas. O presente trabalho tem como objetivo avaliar doses crescentes de silicato de potássio via aplicação foliar na cultura do milho cultivar 2B587 em cultivo de safra, avaliando a fotossíntese, o crescimento e a produtividade. O experimento foi realizado na Fazenda Chácara dos Ipês II, município de Indianópolis-MG. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, com sete tratamentos em quatro blocos. Os tratamentos foram doses crescentes de K_2SiO_3 (0, 1, 2, 3, 4, 5 e 6 litros ha^{-1}) aplicadas via foliar nas fases de V4 e V6, com quatro e seis folhas completamente expandidas, respectivamente. As medições dos teores de clorofila foram realizadas com clorofilômetro eletrônico e foram realizadas na fase de pendoamento, assim como a coleta das folhas nos terços da planta e do colmo. As variáveis foram analisadas com regressão em função da dose de K_2SiO_3 . Diferença significativa para teores de clorofila foi verificada apenas no terço inferior da planta, sendo que os teores de clorofilas A, B e total tiveram ajuste quadrático negativo. O teor de clorofila A na dose de 2,9 L ha^{-1} alcançou um valor de 24,39 $\mu g\ 8\ cm^{-2}$, a clorofila B um teor de 6,89 $\mu g\ 8\ cm^{-2}$ em 2,8 L ha^{-1} e a clorofila total de 31,2 $\mu g\ 8\ cm^{-2}$ em 2,9 L ha^{-1} . A relação clorofila A/B teve ajuste quadrático positivo com a dose de 2,7 L ha^{-1} proporcionando uma relação máxima de 4,0. Não foi detectada diferença significativa quanto à massa seca da planta nos terços avaliados. A massa seca de colmo teve ajuste quadrático com a dose de 4,0 L ha^{-1} proporcionando um peso máximo de 61,66 gramas. A massa de mil grãos também teve ajuste quadrático em 3,9 L ha^{-1} e 360,2 gramas. A produtividade em ajuste quadrático positivo apresentou 10580,4 kg ha^{-1} com um incremento de 1098,8 kg ha^{-1} , com aplicação de 3,2 L ha^{-1} de silicato de potássio via foliar, quando comparado à testemunha. Portanto a aplicação via foliar de K_2SiO_3 , nas doses estudadas, proporcionou incrementos de produtividade e na massa de mil grãos e no peso de colmo da planta de milho. Os menores teores de clorofila no terço inferior comprovam a melhor incidência de luz e a melhor eficiência fotossintética da planta de milho com uso de silicato de potássio, efeito conjunto dos elementos silício e potássio.

Palavras chave: clorofila, *Zea mays* L., silício foliar, potássio foliar

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1 Milho.....	9
2.2 Silício.....	9
2.3 Silício nas plantas.....	9
2.4 Silício solúvel foliar.....	11
2.5 Fotossíntese.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5 CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

A área de plantio de milho (*Zea mays* L.) vem crescendo sistematicamente ao longo dos anos devido a sua importância tanto na alimentação humana e como fonte protéica em rações. Atualmente surgiu como alternativa para a produção de etanol, tornando-se uma excelente possibilidade de redução no uso de fontes não renováveis de energia. Seu uso para etanol, em países onde a cana-de-açúcar não é uma realidade, vem aumentando o preço deste cereal no mercado internacional, reduzindo os estoques mundiais e diminuindo a disponibilidade deste para a alimentação animal. O crescente aumento da demanda mundial por alimento é uma realidade. Para que essa demanda não venha a resultar em queda nos estoques mundiais de cereais, deve-se proporcionar viáveis condições ao processo produtivo com aumento de produtividade e lucratividade dos produtores. Isso será possível com a adoção de novas técnicas que visem o melhor manejo da cultura com acréscimo de produtividade e redução de custos.

A adubação na cultura do milho é uma prática que nas últimas safras vem despertando bastante interesse devido às altas crescentes no preço dos adubos. Portanto a busca por alternativas faz-se de fato necessária para os produtores. Dentro essas alternativas o silício surge como elemento essencial segundo Epstein e Bloom (2006).

Têm se observado efeitos benéficos da aplicação de silício em curcubitáceas (WAGNER, 1940; MIYAKE; TAKAHASHI, 1983), cafeeiro (SANTOS, 2002; POZZA et al., 2004), algodoeiro (GAMA et al., 2004; LEME et al., 2004), morangueiro (LANNING, 1960; WANG; GALLETTA, 1998), alface (SOBRINHO et al., 2004), cenoura (JULIATTI et al., 2003), tomate (MIYAKE; TAKAHASHI, 1978; CARVALHO et al., 2002; LANA et al., 2002), rosa (VOOGT; SONNEVELD, 2001) e crisântemo (RODRIGUES, 2007a).

A aplicação foliar de silício utilizando silicatos solúveis como o silicato de potássio tem levado a resultados promissores e resultados benéficos em soja, milho (RODRIGUES et al., 2007a), batata (RODRIGUES et al., 2007b) e café (MERRIGHI et al., 2007).

Os efeitos benéficos do silicato de potássio são atribuídos ao efeito conjunto de silício e do potássio na nutrição e na produção das plantas.

O silício é capaz de aumentar a resistência das plantas aos ataques de insetos, nematóides, bactérias e fungos na melhoria do estado nutricional, na redução da transpiração e

possivelmente também em alguns aspectos da eficiência fotossintética (KORNDORFER et al., 2002; KORNDORFER; DATNOFF, 2000). Esse efeito pode ser consequência dos benefícios da aplicação, seu efeito físico com deposição e polimerização de sílica na epiderme foliar, e seu efeito bioquímico segundo atuando na indução da síntese de fitoalexinas (VIDHYASEKARAN, 1997; MENZIES et al., 1991).

Em morangueiro a aplicação de Si proporcionou alteração na composição de metabólicos da planta, como alterações nas proporções de ácidos graxos insaturados em glicolípídios e fosfolípídios (WANG; GALLETTA, 1998). Al-aghabary et al. (2004) relatam aumento nos teores e fluorescência das clorofilas em tomates cultivados em solução nutritiva com Si, indicando aumento da eficiência fotossintética das plantas, em específico do fotossistema II.

O potássio não faz parte de nenhum composto orgânico e não desempenha função estrutural na planta. Este macronutriente atua na ativação de aproximadamente 50 enzimas, destacando-se as sintetases, oxiredutases, desidrogenases, transferases, quinases, aldolases e a Rubisco, enzima chave no processo fotossintético. O potássio está ainda envolvido na síntese de proteínas, plantas com baixos teores de potássio apresentam redução na síntese, com acúmulo de compostos de baixa massa molecular como aminoácidos, amidas, aminas e nitratos (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA et al., 1997).

Os benefícios do uso do silício, como o aumento da tolerância ao ataque de pragas e patógenos, apresentado efeitos sinérgicos com os defensivos, potencializando a sua ação, vem para demonstrar o importante papel deste nutriente. A adoção de técnicas como o uso de fontes silicatadas, neste caso o silicato de potássio, na cultura do milho surge como alternativa para a otimização do uso de insumos, conseqüentemente com aumentos de produtividade, algo primordial em uma agricultura eficiente e economicamente viável.

Neste sentido o presente trabalho objetiva avaliar a clorofila, o crescimento e a produtividade de milho safra com a aplicação de doses crescentes de silicato de potássio líquido via foliar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Milho

Segundo Fancelli (1983) o milho é uma monocotiledônea de distribuição mundial pertencente à família das gramíneas (Poaceae), tribo Maydea, gênero *Zea*, cientificamente denominada *Zea mays* L. O centro de origem do milho fica na região do México, sudoeste dos Estados Unidos e América Central (DUARTE, 2004).

A produção de milho no Brasil (1^a e 2^a safra) totaliza o volume recorde de 58,5 milhões de toneladas em uma área de 14,7 milhões de hectares, com uma produtividade nacional de 3.983 kg ha⁻¹. Isso representou um aumento de 4,7 % em relação à safra de 06/07. Os preços altamente estimulantes, aliados às boas condições climáticas na maioria dos estados produtores, justificam este aumento (CONAB, 2008).

2.2 Silício

Adubos contendo silício são atualmente usados em vários países e este elemento tem sido considerado chave para a sustentabilidade, não apenas da agricultura convencional, mas também da agricultura orgânica e biodinâmica (KORNDÖRFER, 2006). Esse elemento ocorre principalmente em mineral inerte das areias, quartzo (SiO₂ puro), caulinita, micas, feldspato e em outros minerais de argilas silicatadas. Sua absorção pode trazer inúmeros benefícios, principalmente para culturas acumuladoras como as gramíneas (MENGEL; KIRKBY, 1987). Segundo Korndörfer et al. (1999), mesmo com esta abundância na crosta terrestre e na maioria dos solos, os cultivos consecutivos podem diminuir o teor de Si até o ponto que a adubação silicatada seja necessária para maximizar a produção.

2.3 Silício nas plantas

O acúmulo de Si na cutícula das folhas permite a proteção às plantas e ameniza os efeitos de estresse hídrico, fitotóxico e ao ataque de pragas e doenças (EPSTEIN, 1999). O Si ocorre com maior frequência nas regiões de grande transpiração. Estes depósitos de sílica nos tecidos foliares, junto às células-guarda dos estômatos e outras células epidérmicas, promovem a redução na taxa de transpiração (DAYANANDAM et al., 1983).

Os efeitos benéficos do silício são, em geral, óbvios em culturas que o acumulam de modo ativo. Isto porque, muitos dos seus efeitos benéficos são expressos por meio do silício depositado nas folhas e ramos. A resposta benéfica pode ser observada quando se aplica fertilizantes silicatados em campos de arroz, cevada, milho e cana-de-açúcar (MA et al., 2001), culturas essas acumuladoras de silício.

Ma et al. (2001), citam que as plantas consomem diferentes quantidades de silício, de acordo com a sua espécie e, que o conteúdo desse elemento nas mesmas varia de 1 a 10 % em massa seca, sendo essa variação resultado da espécie e do ambiente onde essas plantas crescem.

Em sorgo, Costa e Moraes (2002) verificaram que a aplicação de silicato de cálcio induziu resistência ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae). Para este pulgão em trigo, Basagli et al. (2003) verificaram que a aplicação de silicato de sódio afetou a preferência do pulgão-verde, conferindo às plantas uma moderada resistência. Além disso, os inimigos naturais chave dos pulgões, *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) e *Aphidius colemani* Viereck, 1912 (Hymenoptera: Aphidiidae) não demonstraram alterações em sua biologia quando alimentados com *Schizaphis graminum* criado em trigo tratado com silício (MORAES et al., 2004).

Goussain et al. (2002), avaliando o efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), verificaram maior mortalidade e canibalismo de lagartas ao final do segundo instar, quando alimentadas com folhas de plantas de milho tratadas com silicato de sódio. Também foi observado que houve um desgaste acentuado na região incisora das mandíbulas das lagartas, devido, possivelmente, à ação da barreira mecânica proporcionada pela deposição de silício na parede celular das folhas tratadas. Em plântulas de arroz, Kin e Heinrichs (1982) observaram que poucas ninfas da cigarrinha *Sogatella furcifera* (Horváth, 1899) (Hemiptera: Delphacidae) transformaram-se em adultos nas plantas tratadas com silício.

Corrales et al. (1997) determinaram que plantas de milho tratadas com Si via solução de fertirrigação, apresentaram crescimento radicular de $4,8 \text{ cm dia}^{-1}$, enquanto plantas sem silício tiveram crescimento de $3,8 \text{ cm dia}^{-1}$. O crescimento maior foi devido ao papel do silício atuando na resistência das raízes do milho a toxidez de alumínio em solução. Esse aumento pode ser explicado pelo aumento dos teores de ácidos orgânicos nas paredes em plantas expostas a teores de silício (BARCELÓ et al., 1993). A interação Al/Si aumenta a exsudação de malato e outros ácidos orgânicos que, acumulados na parede celular, favorecem a formação de aluminossilicatos (AS) e hidroaluminossilicatos (HAS), reduzindo assim a toxidez de alumínio nas plantas (COCKER et al., 1998).

A aplicação de silicato de cálcio e magnésio apresentou incremento na produtividade do milho e na redução do acamamento. A dose de 200 kg ha^{-1} de silicato de cálcio e magnésio aplicado na linha de semeadura foi a dose com maior eficiência técnica e econômica, proporcionando a maior produtividade e o menor acamamento (CAT, 2006).

2.4 Silício solúvel foliar

Um dos principais paradigmas da adubação de silício está no uso de fontes que possam aumentar a disponibilidade desse nutriente no meio. As fontes tradicionalmente utilizadas, como os silicatos de cálcio e magnésio e, ou, as escórias de siderurgia, além de apresentarem baixíssimos teores de Si solúvel também são insolúveis ou apresentam baixa solubilidade em água. O uso de silício solúvel, na forma de silicato de potássio, tem proporcionado aumentos significativos de produção pelo aumento da eficiência no uso de nutrientes imóveis, como o cálcio, ferro, zinco, manganês e cobre, e conseqüentemente maior resistência ao ataque de pragas e doenças (RODRIGUES et al., 2007b).

A aplicação de 3 L ha^{-1} de silicato de potássio (K_2SiO_3) via foliar mostrou-se eficiente na redução da severidade de doenças na cultura do milho como *Exserohilum turcicum* (Pass.) (Leonard e Suggs) e *Cercospora zea-maydis* (Tehon e Daniels) em experimento com milho safrinha em Rio Verde - GO. A redução foi observada tanto na folha V4 ou V5 como na folha da espiga (RODRIGUES et al., 2008).

2.5 Fotossíntese

Um dos fatores ligados à eficiência fotossintética de plantas e, conseqüentemente, ao crescimento e à adaptabilidade a diversos ambientes é o conteúdo de clorofila e carotenóides. De forma geral, a clorofila e os carotenóides tendem a aumentar com a redução da intensidade luminosa (FERRAZ; SILVA, 2001).

Além da concentração total desses pigmentos, a proporção entre eles e entre as clorofilas a e b muda em função da intensidade luminosa (LEXENGEL; POGGIANI, 1991). De acordo com isso, folhas adaptadas à sombra possuem uma menor relação clorofila a/b do que as adaptadas ao sol (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O aumento da proporção de clorofila b é uma característica importante de ambientes sombreados, porque esta capta energia de outros comprimentos de onda e a transfere para a clorofila a, que efetivamente atua nas reações fotoquímicas da fotossíntese e representa um mecanismo de adaptação à condição de menor intensidade luminosa (SCALON et al., 2003).

Assim, a eficiência do crescimento pode estar relacionada com a habilidade de adaptação das plântulas e as condições de intensidade luminosa do ambiente; freqüentemente as análises do crescimento são utilizadas para indicar o grau de tolerância das diferentes espécies ao sombreamento (FANTI; PEREZ, 2003).

Segundo Zelitch (1971), o milho é uma planta com alta capacidade de assimilar o CO₂ atmosférico, muito superior a plantas como o feijoeiro e o girassol, sendo que nessas plantas a fotossíntese total é de 12 a 17 mg CO₂ dm⁻² de área foliar h⁻¹ e de 37 a 44 mg CO₂ dm⁻² h⁻¹, enquanto que no milho esses valores chegam de 46 a 63 mg CO₂ dm⁻² h⁻¹.

A eficiência máxima diária de uma planta de milho é de 5%, sem contar as perdas devido a respiração, quando essas são contabilizadas esse valor chega a 3%. Em outras plantas somente 1 ou 2% de toda luz recebida pela folha é utilizado na fotossíntese, mostrando ser o milho uma das melhores taxas de eficiência dentre as plantas cultivadas. Usando a incidência solar total e o poder dessa energia em produzir fotoassimilados para realizar o cálculo chega-se a uma capacidade de produção teórica de 80 g de matéria orgânica m⁻² de área foliar dia⁻¹, entretanto a capacidade de produção atual das plantas de milho pesquisadas foi de 50 g. A fotossíntese é o processo de produção de quase todo o produto vegetal das culturas, na cultura do milho, 90 a 95 % da massa seca da planta provêm da fotossíntese, sendo o restante as cinzas e o nitrogênio. (BARCELÓ et al., 2000)

Nas duas últimas décadas, um significativo aumento do rendimento de culturas como o milho, arroz e trigo, foi conseguido através da manipulação genética da arquitetura da planta (FAGERIA, 1992).

A fotossíntese pode ser facilmente avaliada pela massa seca da parte aérea. A massa seca da matéria seca é o caracter quantitativo que melhor retrata o potencial de crescimento de uma planta em relação aos fatores ambientais. Isto porque, além de quantificar a produção de biomassa, permite verificar como esta massa se distribui pela planta, em decorrência do grau de luminosidade. Em geral, há um decréscimo da produção de matéria seca com o aumento do sombreamento. Esse decréscimo pode ser explicado pelo favorecimento do desenvolvimento do parênquima clorofiliano paliçádico e de cutícula mais espessa nas folhas, pela ação da luz. As reduções na área foliar e na produção de matéria seca total, sob condições de sombra, podem ser explicadas pela menor produção de clorofila e da taxa de fotossíntese aparente por unidade de área foliar (SOUZA, 1981).

Segundo Camacho et al. (1995) em milho, um aumento na área foliar proporciona para determinado genótipo aumentos na produção de biomassa, mas devido ao autosombreamento das folhas a taxa fotossintética medida por unidade foliar decresce. Acredita-se que as folhas superiores, por receberem luz de melhor qualidade, sendo significativa à interceptação da luz até o terço basal sejam fotossinteticamente as mais ativas.

Adatia e Besford (1986) relataram aumento no teor de clorofila total, ou seja, a + b e atividade da rubisco em plantas de pepino cultivadas em solução nutritiva com Si. Segundo os autores, a atividade da rubisco foi 50% superior em relação às plantas não fertilizadas com Si. Gong et al. (2005) relataram que plantas de trigo fertilizadas com Si apresentaram aumento da atividade fotossintética e também aumento nos teores de clorofila a, b, a+b e carotenóides.

Em função de uma camada dupla de sílica abaixo da cutícula, as plantas mantêm as folhas mais eretas promovendo maior aproveitamento da luz (YOSHIDA et al., 1969). Na biossíntese da clorofila, a ciclização de um dos anéis é uma reação dependente de luz (TAIZ; ZEIGER, 2004). Assim, pode-se dizer que quanto maior a exposição das folhas à luz maior e biossíntese da clorofila e com conseqüente maior eficiência na interceptação de luz e transmissão de elétrons para os fotossistemas I e II, da fase fotoquímica da fotossíntese. Nessa fase da fotossíntese os elétrons captados possuem diferentes destinos, sendo uns deles a produção de poderes redutores (ATP e NADPH + H⁺) para a assimilação de CO₂ pela Ribulose bifosfato carboxilase (Rubisco) no Ciclo de Calvim e produção de formas reativas

de oxigênio nas plantas, como os radicais superóxido (O_2^-), oxidrilo (OH^-) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (MARSCHNER, 1995; TAIZ; ZEIGER, 2004).

O potássio está envolvido na fotossíntese. Na carência de K, verifica-se redução na taxa fotossintética por unidade de área foliar, e também maiores taxas de respiração. A combinação desses fatores pode reduzir as reservas de carboidratos da planta. Um suprimento inadequado de potássio também faz com que os estômatos não se abram regularmente, podendo ocorrer menor assimilação de CO_2 nos cloroplastos, diminuindo conseqüentemente a taxa fotossintética (PRETTY, 1982).

O decréscimo da fotossíntese em condições de estresse hídrico é menor quando as plantas estão bem supridas de potássio. O aumento do conteúdo de potássio nas folhas proporciona maior atividade da carboxilase RuBP e maior taxa fotossintética devido a uma menor assimilação de CO_2 nos sítios catalíticos da enzima. Além disso, plantas com baixo nível de potássio apresentam maiores taxas respiratórias. Isso evidencia a participação do potássio na fotossíntese através da sua função na regulação estomática (MARSCHNER, 1995).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na propriedade Chácara dos Ipês II, no município de Indianópolis-MG, localizada a 960 metros de altitude. A cultura da safra anterior foi soja, sendo que a área ficou em pousio na entressafra. A semeadura, em sistema de semeadura direta, foi feita em 07 de novembro de 2007 sendo utilizado o híbrido simples precoce 2B587 da empresa Dow Agrosiences, no espaçamento de 0,70 metros entre linhas de cultivo totalizando um stand final de 64285 plantas por hectare, sendo média de 4,5 plantas por metro.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema seis mais um, com seis doses: 1, 2, 3, 4, 5 e 6 l ha¹ de K₂SiO₃, mais uma testemunha sem aplicação e com quatro blocos. O produto utilizado contém 12,2 % de silício e 15 % de óxido de potássio totalmente solúveis, pH igual a 12 e densidade de 1,4 g dm⁻³. Cada parcela foi constituída por cinco linhas de cultivo e dez metros de comprimento. Para as avaliações foi considerada área útil de três linhas de cultivo nos seis metros centrais.

O manejo de aplicações de fungicidas, inseticidas, adubações e outros tratamentos culturais assim como as épocas de aplicação desses foram iguais para todos os tratamentos. O experimento foi realizado em área sob sistema de semeadura direta. No preparo da área foi realizado uma dessecação com 4,0 L ha⁻¹ de herbicida com princípio ativo glifosato. No momento da semeadura foi realizada adubação de base com 420 kg ha⁻¹ do formulado comercial 12-32-06. Foi realizado tratamento de sementes com 0,6 L de produto comercial a base de tiametoxan e 0,2 L de produto comercial à base de fipronil por 100 kg de sementes. As adubações de cobertura foram realizadas em duas aplicações de 150 e 160 kg ha⁻¹ de uréia aos 20 e aos 40 dias após a semeadura. O manejo de plantas infestantes foi realizada com a aplicação de 5,0 L ha⁻¹ de produto comercial com atrazina e óleo mineral na sua formulação. O controle de pragas da cultura foi realizado com aplicação foliar de inseticida na dosagem de 0,3 L ha⁻¹ com princípio ativo de lufenuron e 0,05 L ha⁻¹ de princípio ativo lambda-cialotrina. O manejo do complexo de doenças fúngicas do milho foi realizado com a aplicação de fungicida na dosagem de 0,3 L ha⁻¹ de princípio ativo azoxistrobina e ciproconazol.

As aplicações dos tratamentos com o K₂SiO₃ foram realizadas em duas épocas do desenvolvimento da cultura do milho. A primeira aplicação foi realizada no estágio V4, com quatro folhas totalmente expandidas, e a segunda aplicação em V6, com seis folhas totalmente

expandidas. As aplicações foram realizadas com pulverizador costal de CO₂ com pressão de trabalho de 3 kgf cm⁻³, bico regulador de vazão com 275 kPa (40 lbf pol.⁻²), tipo leque, utilizando também adjuvante siliconado de princípio ativo copolímero de poliéter e silicone com a dosagem de 0,005% do volume de calda utilizado que foi de 150 L ha⁻¹.

Na época de pleno pendoamento ou fase VT do desenvolvimento fisiológico do milho foi realizada a avaliação dos teores de clorofila com aparelho CFL1030 – clorofiLOG – medidor eletrônico de teor de clorofila. As medições de clorofila foram feitas em quatro plantas por parcela, onde foram determinados os teores de clorofila a, b, teor total em µg 8 cm⁻² e a relação clorofila a/b. Tais medições foram realizadas dividindo-se a planta em terços iguais, como a planta na época possuía em torno de 18-20 folhas foram divididos as folhas em conjuntos de 6-7 folhas para cada terço da planta, nos terços superior, mediano e inferior da planta. Foi utilizada sempre a mesma posição central da folha, evitando regiões de nervura e danificadas por pragas e patógenos. No mesmo período foram coletadas quatro plantas por parcela para análise de crescimento. Na coleta das plantas, as folhas foram divididas nos terços superior, mediano e inferior e também coletadas o colmo para posterior pesagem. Após coletadas, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa a 65 - 70 °C até massa constante. Em seguida o material foi pesado para a obtenção da massa seca de folhas de cada terço e do colmo.

A colheita foi realizada assim quando a umidade dos grãos atingirem aproximadamente 13 % de umidade. Foram colhidas as plantas de 4 metros lineares dentro de cada parcela, descartando a linha de plantio que foi utilizada para a coleta das plantas para análise de crescimento.

Após a colheita manual, as espigas foram debulhadas manualmente, avaliadas quanto à massa e mensurada a umidade em medidor de umidade universal. Na debulha manual também foi contados mil grãos e pesado para a determinação da massa de mil grãos. Posteriormente os dados de produtividade foram convertidos para kg ha⁻¹. Para o cálculo final de produtividade a umidade dos grãos foi ajustada para 13%.

As variáveis foram submetidas à análise de variância (Prob < 5%) pelo programa Sisvar (Ferreira, 2000), em função das doses foliares de K₂SiO₃. O teor de clorofila a, b, total e relação a/b dentro de cada terço foi analisada por teste de Scoot-Knott. O teor de clorofila em função das doses foliares de K₂SiO₃, assim como a massa seca de folhas, de colmo, a massa seca de mil grãos e a produtividade foi avaliada pelo teste de regressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Doses crescentes de K_2SiO_3 proporcionaram alteração significativa nos teores de clorofila somente no terço inferior (Figura 1). O teor de clorofila A, B e o total (Figura 1 A, B e C) tiveram um ajuste quadrático inverso em função das doses foliares de K_2SiO_3 . A relação clorofila A/B (Figura 1D) apresentou ajuste quadrático positivo.

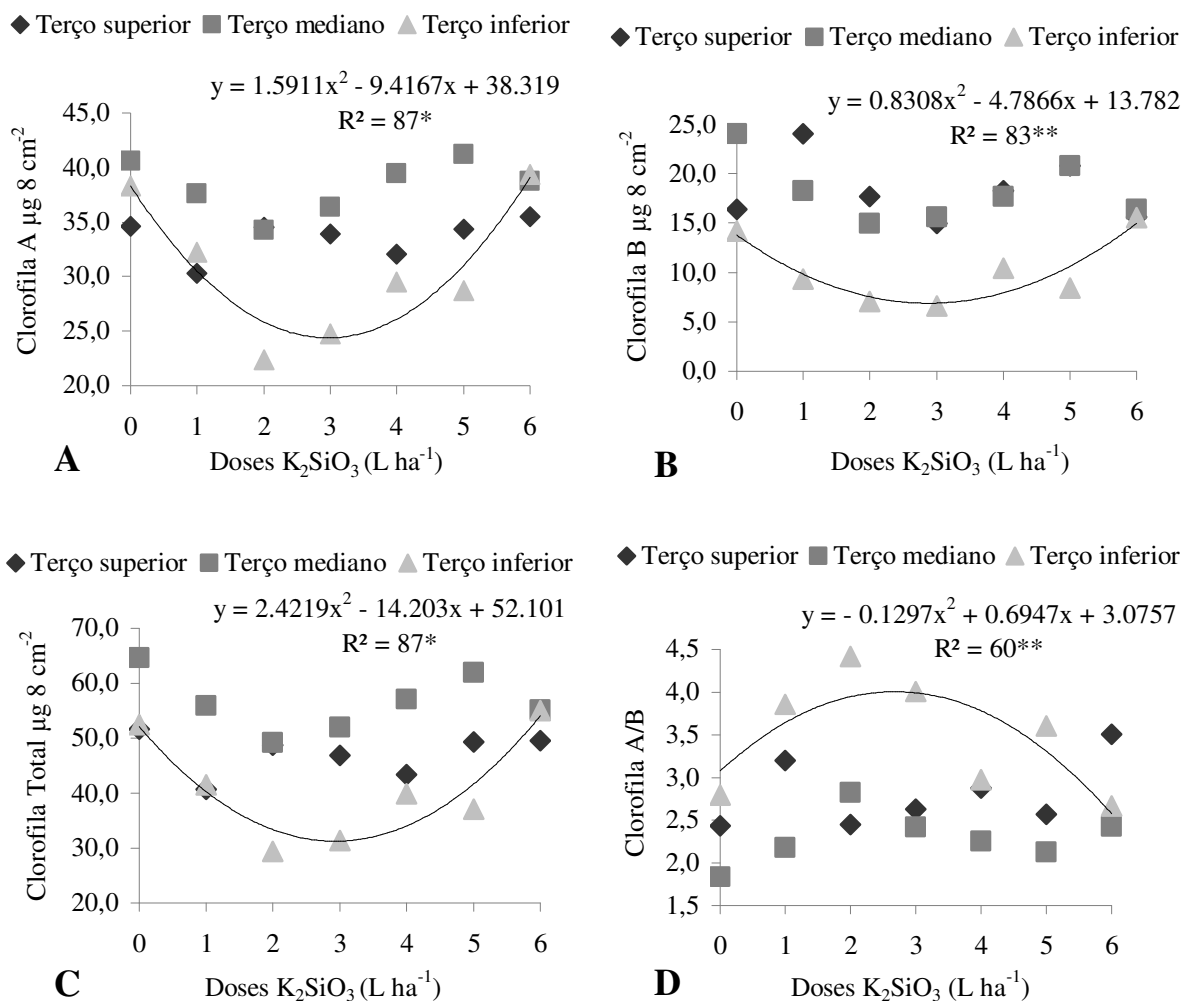


Figura 1 – Teor de Clorofila A, Clorofila B, Clorofila Total (A + B) e relação Clorofila A/B em função de doses de K_2SiO_3 aplicado via foliar na cultura do milho. Indianópolis-MG, 2008. * significância < 1%, ** significância > 1 e < 5%.

No terço inferior das plantas as doses de K_2SiO_3 que proporcionaram os menores teores de clorofila A ($24,4 \mu\text{g } 8\text{cm}^{-2}$), B ($6,9 \mu\text{g } 8\text{cm}^{-2}$) e Total ($31,2 \mu\text{g } 8\text{cm}^{-2}$) foram de 2,9; 2,8 e 2,9 L ha^{-1} , respectivamente. A relação clorofila A/B apresentou o maior valor, 4,0 com a dose de 2,7 L ha^{-1} de K_2SiO_3 via foliar. Devido à não significância não houve equações de

regressão para os teores de clorofila a, b, relação a/b e total nos terços mediano e superior das plantas de milho.

De maneira geral, observa-se redução percentual mais acentuada dos teores de clorofila B em relação à clorofila A. Nas Figuras 1A e B, observa-se que a redução foi de 9,4 e 4,8 $\mu\text{g } 8\text{cm}^{-2}$ a cada 1L ha^{-1} de K_2SiO_3 aplicado para a clorofila A e B, respectivamente, o que equivale à redução percentual de 24,6 e 34% para cada 1L ha^{-1} de K_2SiO_3 para clorofila A e B, respectivamente. Esses resultados explicam o incremento da relação da clorofila A/B até a dose de $2,7\text{ L ha}^{-1}$ de K_2SiO_3 .

Os teores de clorofila a, b, total e relação a/b diferiram entre si quando comparados dentro de cada terço segundo teste de Scoot-Knott a 5% de probabilidade (Tabela 1 e 2). Quando ocorre uma diferença estatística dentro dos terços essa é somente notada, no terço inferior, onde existe tendencialmente um menor teor de clorofila porque a planta naquela região tem uma menor incidência de luz. Nota-se uma tendência de igualdade entre os teores o que evidencia que os teores não se diferem estatisticamente nos terços superior e mediano na maioria das doses de silicato de potássio avaliadas. Esse comportamento de igualdade entre os terços vem comprovar que a planta ao receber a luz de forma mais homogênea dentro dos terços tem a capacidade de biosintetizar clorofila de maneira equivalente.

Essas alterações nos teores, ocorridas devido à influência da aplicação do silicato de potássio, são confirmadas segundo Engel e Poggiani (1991) e Inoue et al. (1995) que observaram que o aparelho fotossintético das plantas sofre influências marcantes no âmbito da interação genótipo x ambiente. Essas alterações são fruto principalmente das condições de luminosidade e nutrientes que atuam de maneira preponderante.

Tabela 1 – Teor de clorofila A e B ($\mu\text{g } 8\text{cm}^{-2}$) nos terços da planta com aplicação de K_2SiO_3 foliar no milho. Indianópolis-MG, 2008. Letras diferentes são diferentes entre os terços da planta pelo teste de Scoot-Knott a 5% de probabilidade.

Tratamento (L ha ⁻¹)	Terço da planta			Terço da planta		
	Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior
	Clorofila A	Clorofila A	Clorofila A	Clorofila B	Clorofila B	Clorofila B
0	34,600 a	40,6250 a	38,2750 a	16,400 a	24,000 a	14,1750 a
1	30,300 a	37,6250 a	32,2000 a	24,000 a	18,250 a	9,3500 a
2	34,520 a	34,2600 a	22,3600 b	17,700 a	14,980 a	7,0800 b
3	33,900 a	36,4000 a	24,7667 a	14,980 a	15,600 a	6,6000 a
4	32,025 a	39,4250 a	29,5250 a	18,250 a	17,700 a	10,4000 a
5	34,375 a	41,2000 a	28,7500 a	20,775 a	20,775 a	8,4000 b
6	35,525 a	38,7500 a	39,4000 a	15,600 a	16,400 a	15,5500 a

Tabela 2 – Teor de clorofila total, A+B ($\mu\text{g } 8\text{cm}^{-2}$) e relação A/B nos terços da planta com aplicação de K_2SiO_3 foliar no milho. Indianópolis-MG, 2008. Letras diferentes são diferentes entre os terços da planta pelo teste de Scoot-Knott a 5% de probabilidade.

Tratamento (L ha ⁻¹)	Terço da planta			Terço da planta		
	Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior
	Clorofila A+B	Clorofila A+B	Clorofila A+B	Relação A/B	Relação A/B	Relação A/B
0	51,575 a	64,625 a	52,450 a	2,435 a	1,84 a	2,795 a
1	40,650 a	55,875 a	41,550 a	3,200 a	2,18 a	3,855 a
2	48,760 a	49,240 a	29,440 b	2,450 b	2,82 b	4,418 a
3	46,900 a	52,000 a	31,367 a	2,627 a	2,42 a	4,007 a
4	43,375 a	57,125 a	39,925 a	2,880 a	2,26 a	2,975 a
5	49,250 a	61,975 a	37,150 a	2,570 a	2,13 a	3,600 a
6	49,525 a	55,150 a	54,950 a	3,508 a	2,43 a	2,668 a

Na Figura 2A, para a massa seca de parte aérea nos terços de planta não foi obtida variação significativa pelo teste F(Prob > 5%). Carvalho (2000) também não observou variação significativa de massa seca de parte aérea de plantas de arroz quando fertilizadas com doses crescentes de silício via solo.

A massa seca de colmo (Figura 2B) apresentou variação significativa pelo teste de F em função das doses de K_2SiO_3 foliar, apresentando ajuste quadrático positivo. A máxima produção de colmo foi de 61,66 gramas quando aplicado 4,0 L ha⁻¹ de K_2SiO_3 . Observa-se um incremento de 53% na massa seca de colmo em relação ao tratamento testemunha (40,3 g planta⁻¹).

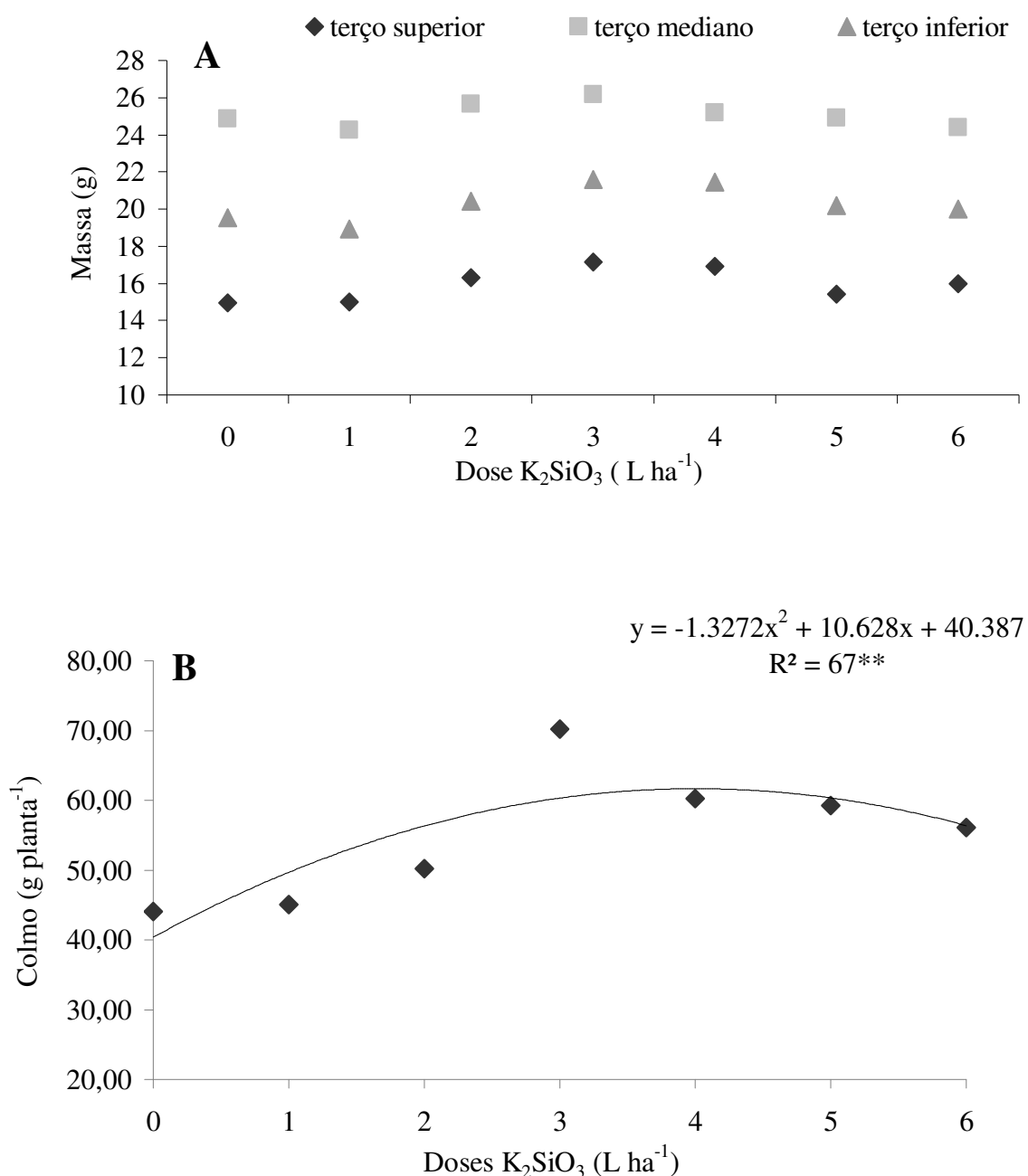


Figura 2 – Massa seca de folhas (A) e massa seca de colmo (B) em função de doses de K_2SiO_3 aplicado via foliar na cultura do milho. Indianópolis-MG, 2008. * significância < 1%, ** significância > 1 e < 5%.

Mesmo não apresentando variação significativa para massa seca de folhas os resultados de clorofila permite inferir que com as doses de K_2SiO_3 foliar houve aumento da eficiência fotossintética da planta, o que pode ser atribuído à melhor arquitetura das folhas.

Esse efeito pode ser verificado pelo aumento da massa seca de colmo (Figura 2B) e também pela massa de mil grãos (Figura 3A) e produtividade (Figura 3B), que apresentaram variação significativa pelo teste de F (Prob > 5%) em função das doses de K_2SiO_3 . A máxima

massa de mil grãos (360,2 gramas) e a produtividade (10 580,4 kg ha⁻¹) foram obtidos com as doses de 3,9 e 3,2 L ha⁻¹, respectivamente. Com os resultados obtidos verifica-se um incremento de 11,2 e 10,2 % na produção de mil grãos e na produtividade, respectivamente, em relação à testemunha.

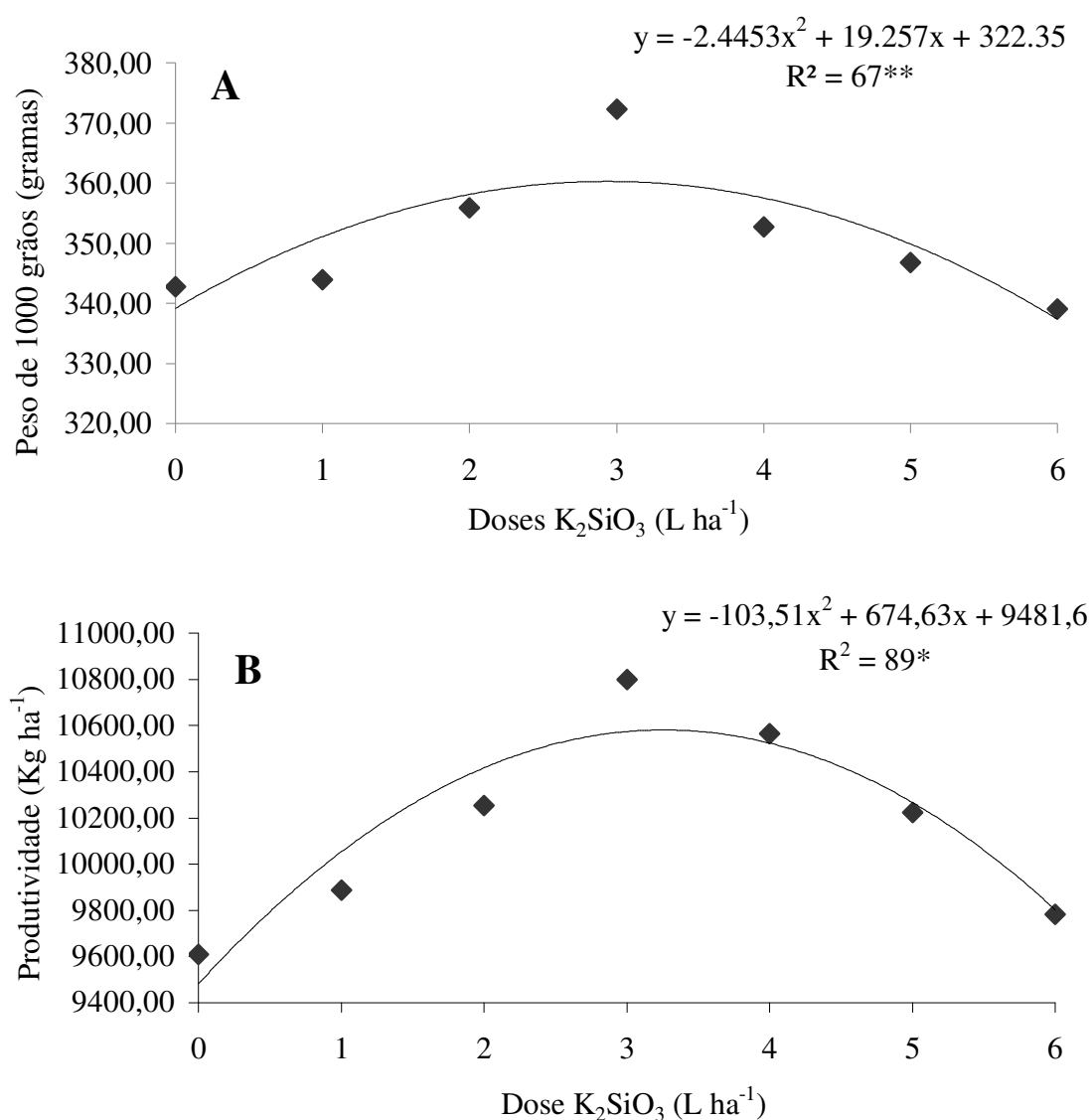


Figura 3 – Massa de mil grãos (gramas) e produtividade (kg ha⁻¹) em função de doses de K₂SiO₃ aplicado via foliar na cultura do milho. Indianópolis-MG, 2008. * significância < 1%, ** significância > 1 e < 5%.

Modificações nos níveis de luminosidade os quais uma espécie está adaptada podem condicionar diferentes respostas fisiológicas em suas características bioquímicas, anatômicas e de crescimento (ATROCH et al., 2001).

O aumento da clorofila b em plantas sombreadas pode ser devido a um aumento da proporção do complexo coletor clorofila a/b-proteína, em relação ao complexo P₇₀₀ – clorofila

a - proteína. Um outro fator importante pode ser o maior desenvolvimento de “grana” em cloroplastos de folhas de sombra em relação a folhas de sol, que é onde se encontra o complexo a/b-proteína (MEBRAHTU; HANOVER, 1991).

O crescimento e a adaptação da planta a diferentes condições de ambiente relacionam-se a sua eficiência fotossintética que, por sua vez, está associada, entre outros fatores, aos teores de clorofila foliar. Diversos fatores externos e internos afetam a biossíntese de clorofilas, por isso, os seus conteúdos foliares podem variar de maneira significativa. Entre estes fatores, a luz é essencial a sua biossíntese (WHATLEY; WHATLEY, 1982). A clorofila está sendo constantemente sintetizada e destruída (foto-oxidação) em presença de luz, porém sob intensidades luminosas mais elevadas ocorre maior degradação, e o equilíbrio é estabelecido a uma concentração mais baixa. Portanto, folhas de sombra possuem concentração maior de clorofila do que as folhas de sol (KRAMER; KOZLOWSKI, 1979).

A planta com alta concentração de clorofila seria capaz de atingir taxas fotossintéticas mais altas, pelo seu valor potencial de captação de “quanta” na unidade de tempo. Entretanto, nem sempre esta relação existe, pois a etapa bioquímica da fotossíntese (fase escuro) pode limitar o processo (PORRA et al., 1989; CHAPPELLE; KIM, 1992).

Portanto, o ajuste quadrático inverso dos teores de clorofila no terço inferior das plantas significa que houve menor produção de clorofilas nessa parte, nas doses de K_2SiO_3 estudadas, confirmando que a planta de milho foi fotossinteticamente mais eficiente. O não ajuste da análise de regressão para os terços mediano e superior provavelmente decorre do autosombreamento da planta nesses terços ser pequeno, visto que a planta já tem uma nítida arquitetura onde as folhas superiores e medianas sofrem baixo grau de sombreamento e portanto maior inserção de luz. Segundo Mebrahtu e Hanover (1991) e Kramer e Kozlowski (1979), as folhas de sombra possuem maiores teores de clorofila devido ao aumento do complexo antena, conseqüentemente os menores valores dos teores de clorofila nas doses críticas vem comprovar indiretamente que nas plantas adubadas com K_2SiO_3 havia uma melhor arquitetura, efeito benéfico propiciado pela aplicação de K_2SiO_3 conforme relatado por Yoshida et al. (1969). Com a melhor arquitetura há menor sombreamento, melhor incidência dos raios solares e uma melhor conversão dessa luz incidente em fotoassimilados que posteriormente foram convertidos em matéria orgânica na planta e amido nos grãos do milho. Ocorrendo uma ideal inserção de luz a planta não necessita produzir maiores quantidades de clorofila, visto que com a quantidade que já possui esta é capaz de captar a luz necessária.

A redução nos teores de clorofila do terço inferior também pode ser uma reação ao excesso de luz. Segundo Taiz e Zeiger (2004) e Buchanan et al. (2001) o excesso de luz é um

dos causadores do estresse oxidativo, que é o aumento de fluxo de elétrons na fase fotoquímica da fotossíntese, com conseqüente formação de formas reativas de oxigênio. Segundo os mesmos autores, um dos mecanismos contra o estresse oxidativo é a redução da biossíntese e/ou degradação de clorofila.

Os resultados obtidos no experimento realizado seguem o padrão dos resultados obtidos por CAT (2007), na safra 06/07 com duas aplicações de $3 \text{ L ha}^{-1} \text{ K}_2\text{SiO}_3$ foliar em híbrido AS1575, onde foi obtido um acréscimo de sete sacas ha^{-1} , ou 420 kg ha^{-1} . Quando aplicados altos volumes, como a dosagem de 6 L ha^{-1} , observou-se comportamento de redução da produtividade final, comportamento semelhante ao obtido nesse trabalho. No tocante à massa de mil grãos os resultados também são coincidentes com os valores encontrados por CAT (2007), onde houve acréscimo da massa na dose de $3,0 \text{ L ha}^{-1}$ em relação à testemunha, porém quando foi aplicada uma dose de $6,0 \text{ L ha}^{-1}$ foi observado redução no massa quando comparados à testemunha.

O comportamento de aumento da produtividade encontrado neste experimento também foram encontrados por Rodrigues et al. (2008), com duas aplicações de 3 L ha^{-1} em V4 e V6. Todavia, as produtividades obtidas pelos autores foram menores que os obtidos nesse trabalho. Essa diferença pode ser atribuída ao fato dos experimentos realizados por Rodrigues et al. (2008), terem sido realizados em milho safrinha, onde em médias as produtividades são numericamente menores, devido a problemas de ordem climática, como falta de chuvas nos momentos críticos onde a cultura mais necessita, como por exemplo, na fase de enchimento de grãos.

Os resultados obtidos por CAT (2006), só que com aplicação de silicato de cálcio de magnésio via solo em milho também mostraram redução na massa de mil grãos e na produtividade com a dose de 250 kg ha^{-1} . Com a aplicação de silicato de cálcio e magnésio via solos na linha de semeadura foi verificado incrementos de 1,7 e 7,1% na massa de mil grãos e na produtividade, respectivamente, do milho safra com a dose de 200 kg ha^{-1} . Mesmo apresentado incrementos de produção, tanto com a aplicação via solo em linha de plantio, quanto foliar, a comparação das tecnologias é complexa. Apesar do objetivo sendo o mesmo, fornecer silício para as plantas, a comparação é indevida, pois, os fatores que interferem na eficiência no fornecimento do nutriente são totalmente distintos, além do fato do cátion acompanhante (Ca e Mg ou K), também ser diferente e possuir função distinta na fisiologia das plantas. Para tal é necessário isolar o efeito dos cátions acompanhantes, Ca e Mg, para os silicatos via solo, e do K, para o silicato foliar, e também avaliar a eficiência no incremento da produção para cada unidade de silício aplicada. Se feito isso, no trabalho apresentado por

CAT (2006), observa-se que para a dose 200 kg ha^{-1} de silicato de cálcio e magnésio, ou seja, 46 kg ha^{-1} de Silício, houve incremento de 5 sacas ha^{-1} , ou seja, para cada 1 kg ha^{-1} de silício houve incremento de $0,11 \text{ sacas ha}^{-1}$ de milho. Para o presente trabalho, para a dose que obteve a máxima produção ($3,2 \text{ L ha}^{-1}$ de K_2SiO_3 com $171 \text{ g de Si l}^{-1}$) em relação à testemunha, houve incremento de $18,3 \text{ sacas ha}^{-1}$, ou seja, para cada 1 kg ha^{-1} de silício houve incremento de $33,3 \text{ sacas ha}^{-1}$.

A redução de massa de mil grãos, da produtividade, da massa seca de colmo e da relação clorofila a/clorofila b e o aumento dos teores de clorofila a, b e total com altas dosagens de silicato de potássio vem demonstrar que altas dosagens desse sal possuem função fitotóxica dentro da planta, exemplificado nas doses testadas no presente experimento. Um possível desbalanço nutricional e de cargas dentro da planta também pode ser a causa de tal redução de caracteres agrônômicos. Segundo Alcarde et al. (1998) em relação à quantidade ou dose é fundamental levar também em consideração, principalmente no caso dos fertilizantes, a “Lei dos Incrementos Decrescentes”, que estabelece o seguinte: para cada incremento sucessivo da quantidade de fertilizante, ocorre um aumento cada vez menor na produção. Em termos práticos, essa lei orienta no sentido de que as adubações não devem visar a Produtividade Máxima (PM), mas a produtividade que proporcione o maior lucro para o agricultor, ou seja, a Produtividade Máxima Econômica (PME). Portanto seguindo o princípio da lei dos incrementos decrescentes ao se aumentar a dose excessiva de silicato de potássio, a produtividade tem uma tendência a não acompanhar tal acréscimo, visto que já foi alcançada a produtividade máxima econômica.

Um fator que também chama a atenção é o fato que a dose K_2SiO_3 foliar de onde foi encontrada a massa de mil grãos não é a mesma onde foi encontrada a máxima produtividade. A dose onde foi observada a maior massa de mil grãos foi a de $3,9 \text{ L ha}^{-1}$ de K_2SiO_3 que colocada na equação do gráfico de produtividade fornece uma produtividade potencial de $10538,2 \text{ kg ha}^{-1}$, sendo que a produtividade máxima real foi de $10580,4 \text{ kg ha}^{-1}$. Essa diferença significa um aumento de $42,2 \text{ kg ha}^{-1}$, que não foram obtidos diretamente do maior massa de grãos e sim de outros fatores como número de fileiras por espiga ou número de grãos por espiga. Esses caracteres são principalmente afetados pela genética do híbrido utilizado e portanto tem menor expressão que o massa dos grãos que tem correlação específica com o manejo adotado. O incremento de produtividade foi muito mais influenciado pelo massa de mil grãos (99,6%) do que pelo outros caracteres (0,04%). Esse comportamento também foi observado por CAT (2007), onde a dose de $2,9 \text{ L ha}^{-1}$ de K_2SiO_3 foi a que proporcionou a maior massa de mil grãos e quando calculada na equação da produtividade

mostrou uma produtividade 24,48 kg ha⁻¹ menor. Essa pequena diferença evidencia que o caracter que mais influencia quando se trata de produtividade é a massa de mil grãos.

De maneira geral, a aplicação foliar do K₂SiO₃ proporcionou incrementos significativos na produtividade do milho o que pode ser atribuído ao aumento da atividade fotossintética da planta, como verificado pela redução dos teores de clorofila a, b e total e aumento da relação clorofila a/b (Figura 1). Na literatura, vários trabalhos têm demonstrado que do Si aumenta a eficiência fotossintética das plantas (YOSHIDA et al., 1969; ADATIA; BESFORD, 1986; GONG et al., 2005). No entanto, o potássio, cátion acompanhante, é nutriente essencial e apresenta várias funções dentro da planta como controle osmótico e regulação da atividade enzimática da via glicolítica (BUCHANAN et al., 2001; TAIZ, ZEIGER; 2004; MALAVOLTA, 2006; EPSTEIN; BLOOM, 2006), sendo agente ativo dos incrementos observados no presente trabalho. Para trabalhos futuros, é interessante isolar o efeito do potássio e do silício. Oliveira (2007) trabalhando com aplicação de diferentes fontes de potássio via foliar na cultura da soja observou, para a mesma dose de potássio, que o silicato apresentou maior eficiência agrônômica. O silicato de potássio proporcionou maior incremento de produção em relação ao fosfito de potássio, nitrato de potássio e sulfato de potássio. Devido ao exposto e ao apresentado no presente trabalho sabe-se que o fornecimento conjunto desses nutrientes via foliar tem proporcionado incrementos na produtividade, não só do milho, como para várias culturas.

De maneira geral o que pode ser observado neste trabalho é que a aplicação de silicato de potássio tem influência na fotossíntese e na fisiologia da planta. Essa influência traz consigo aumentos de produtividades e de outros caracteres muito importantes como a massa de colmo e de mil grãos. Esse efeito da aplicação não pode ser analisado com um efeito singular do silício na arquitetura de plantas, lembrando sempre que o potássio tem papel primordial na fotossíntese, ativando a Rubisco e na abertura dos estômatos. Portanto esse efeito em clorofila e fotossíntese deve ser analisado conjuntamente desses dois nutrientes essenciais. A melhor arquitetura de plantas e a resistência física da camada de sílica têm certamente influência na fisiologia da planta e já foi comprovada por vários autores com outras formas de aplicação de silício que não o silicato de potássio.

O efeito em produtividade e na massa de mil grãos é reflexo da melhoria da taxa fotossintética que foi promovida com a arquitetura de plantas e incidência correta de luz. Com o funcionamento balanceado da fotossíntese dentro dos terços da planta há uma maior produção de fotoassimilados e acúmulo destes nos grãos.

O efeito do silicato de potássio, portanto, é a combinação do efeito fisiológico, arquitetura e fotossíntese, com o reflexo em acúmulo de fotoassimilados e maiores produtividades finais.

5 CONCLUSÕES

As doses de K_2SiO_3 influenciaram significativamente nas variáveis teores de clorofila A, B, total (A + B) e relação a/b somente terço inferior, massa seca de colmo, massa de mil grãos e produtividade.

A aplicação de silicato de potássio via foliar influenciou a arquitetura de planta e melhor incidência de luz e produção de fotoassimilados que polimerizados em amido são armazenados nos grãos de milho. É essa correta inserção de luz que reduz os teores de clorofila e melhora a eficiência fotossintética do milho, por uma ação conjunta do silício e do potássio. Esse aumento de eficiência tem reflexo na produção e na massa de mil grãos e de colmo.

Portanto a aplicação de silício na forma de silicato de potássio tem influência positiva na cultura do milho, com ganhos expressivos de produtividade pelo binômio das funções de silício e potássio na fisiologia da planta.

REFERÊNCIAS

- ADATIA, M. H.; BESFORD, R. T. The effects of silicon in cucumber plants grown in recirculation nutrient solution. **Annals Botany**, Londres, v. 58, n. 3, p. 343-351, 1986.
- AL-AGHABARY, K.; ZHU, Z.J.; SHI, Q.H. Influence of silicon suplí on chlorophyll content, chlorophyll fluorescente and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress, **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.27, p. 2101–2115, 2004.
- ALCARDE, J.C; GUIDOLIN, J.A.; LOPES, A.S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. São Paulo, ANDA, 1998, 35p. 3a ed. (Boletim Técnico, 6).
- ATROCH, E. M. A. C.; SOARES, A. M.; ALVARENGA, A. A. de.; CASTRO, E. M. de. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata* submetidas a diferentes condições de sombreamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.4, p.853-862, 2001.
- BARCELÓ, J. C., RODRIGO, G. N., GARCÍA, B. S., TAMÉS, R. S. **Fisiología vegetal**. Barcelona. 2000, 568p.
- BARCELÓ, J.; GUEVARA P.; POSCHENRIEDER C.H. Silicon amelioration of aluminium toxicity in teosinte (*Zea mays* L. ssp. *mexicana*). **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 154, n.2, p.249–255, 1993.
- BASAGLI, M.A.B.; MORAES, J.C.; CARVALHO G. A.; ECOLE, C. C.; GONÇALVES-GERVÁSIO R. C. R. Effect of sodium silicate on the resistance of wheat plants to green-aphids *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, p.659-663, 2003.
- BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants physiologists**. 3.ed. Rockville: American Society of Plant, 2001. 1367 p.
- CAMACHO, R.G.; GARRIDO, O.; LIMA, M.G. Caracterizacion de nueve genotipos de maiz (*Zea mays* L.) en relacion a area foliar y coeficiente de extincion de luz. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n.2, p.294-298, 1995.
- CARVALHO, J. C. **Análise de crescimento e produção de grãos da cultura do arroz irrigado por aspersão em função da aplicação de escórias de siderurgia como fonte de silício**. Botucatu, 2000. 119 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- CARVALHO, J.de G.; MACHADO, A.Q.; NASCIMENTO, I.R. do; BOAS, R.C.V. Desempenho da cultura do tomate adubado com silifétil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.20, n.2,p. 402-407, julho, 2002. Suplemento 2.
- CAT. **Boletim Técnico**: Resultados de Pesquisa - Safra 2005/2006. Clube Amigos da Terra. Uberlândia, MG, 2006. Disponível em http://www.catuberlandia.com.br/Boletim_tecnico_CAT_Safra_2005-06.pdf . Acesso em 18 de outubro de 2008

CAT. **Boletim Técnico:** Resultados de Pesquisa - Safra 2006/2007. Clube Amigos da Terra. Uberlândia, MG, 2007. Disponível em http://www.catuberlandia.com.br/Boletim_tecnico_CAT_Safra_2006-07.pdf. Acesso em 18 de outubro de 2008.

CHAPPELLE, E. W.; KIM, M.S. Ratio analysis of reflectance spectra (RARS): an algorithm for a remote estimation of the concentrations of chlorophyll A, chlorophyll B, and carotenoids in soybean leaves. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 39, p. 239- 247, 1992.

COCKER K. M.; EVANS D. E.; HODSON M. J. The amelioration of aluminium toxicity by silicon in higher plants: solution chemistry or an in planta mechanism? **Physiologia Plantarum**, Copenhagen. v. 104, n.04, p.608–614, 1998.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira - 12º Levantamento de Grãos 2007/2008.** Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília, DF, Agosto 2008 Disponível em http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf. Acesso em 05 de outubro de 2008

CORRALES, I.; POSCHENRIEDER, C.; BARCELÓ, J. Influence of silicon pretreatment on aluminium toxicity in maize roots. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 190, n.2, p. 203-209, 1997

COSTA, R.R., J.C. MORAES. Resistência induzida em sorgo por silicato de sódio e infestação inicial pelo pulgão-verde *Schizaphis graminum*. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 27, p. 37-39, 2002.

DAYANANDAM, P.; KAUFMAN, P. B.; FRAKIN, C. I. Detection of silica in plants. **American Journal Botany**, Columbus, v. 70, p. 1079-1084, 1983.

DUARTE, J. O. **Introdução e importância econômica do milho.** Sete Lagoas: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, 2000. Disponível em <http://www.cnpms.embrapa.br/public>. Acesso em 27 de agosto de 2008.

ENGEL, V.L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Paulo, v. 3, n.1, p. 39-45, 1991.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas.** Ed. 2004. Londrina: Editora Planta, 2006. 410 p.

FAGERIA, N. K. **Maximizing crop yields.** New York: Marcel Dekker, 1992. 274 p.

FANCELLI, A. L. Tecnologia de produção. In: FANCELLI, A. L.; LIMA, U. A. (Ed.) **Milho: produção, processamento e transformação industrial.** São Paulo: Secretaria da Indústria e Comércio, Ciência e Tecnologia, 1983. p. 1-68

FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Influência do sombreamento artificial e da adubação química na produção de mudas de *Adenanthera pavonina* L. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 49-56, 2003.

FERRAZ, K. K. F.; SILVA, D. M. Avaliação ecofisiológica do crescimento inicial de espécies florestais usadas na recuperação de áreas degradadas – II. *Calliandra calothyrsus*

Meisn. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 8., 2001, Ilhéus, BA. **Resumos...**, Ilhéus: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2001. 1 CD-ROM.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45, 2000, São Carlos. **Anais...**, UFSCar. p. 255-258, 2000.

GAMA, A.J.M.; KORNDÖRFER, G.H.; JULIATTI, F.C.; NOLLA, A.; BUCK, G.B.; ARAÚJO, L.S. Controle de doenças fúngicas na cultura do algodão com adubação de silício via solo e foliar. In: FERTBIO, 4, Lages-SC, **Resumos...**, Lages-SC, 2004. CD-ROM. 2004.

GONG, H. J.; ZHU, X. Y.; CHEN, K. M.; WANG, S. M.; ZHANG, C. C. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. **Plant Science**, Limerick, v. 169, n. 2, p. 313-321, Aug. 2005.

GOUSSAIN, N. 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). **Neotropical Entomology**, Londrina, p.305-310, 2002.

INOUE, A.K., MELLO, R.N., NAGATA, T. & KITAJIMA, E.W. Characterization of Passionfruit woodiness virus isolates from Brasília and surrounding region, Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, p. 479-485. 1995.

JULIATTI, F.C.; RAMOS, H.F.; KORNDÖRFER, G.H.; OLIVEIRA, R.G.; AMADO, D.F.; CARNEIRO, L.M. e S.; LUZ, J.M.Q. Controle da queima das folhas de cenoura pelo uso do silício. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, XXXVI, 2003, Uberlândia. **Resumos...**Uberlândia, 2003. CD-ROM. 2003.

KIN, H. S.; HEINRICHS, E. A. Effects of silica level on whitebacked planthopper. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 7, n. 4, p. 17, 1982

KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF, L. E. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. In.: SECAP2000, SEMINÁRIO DE CANA-DE-AÇÚCAR DE PIRACICABA, 5, **Anais...**, Piracicaba. Julho/2000.

KORNDORFER G.H.; PEREIRA H. S.; CAMARGO M. S. **Silicato de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: EDUFU. 23p. (Boletim técnico, 01), 2002.

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

KORNDORFER, G. H.; COELHO, N. M.; SNYDER, G. H.; MIZUTANI, C. T. Avaliação de métodos de extratores de silício para solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 3, n.1. p.101-106, 1999.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de cálcio e magnésio**. 2. ed. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2002. 23 p. (Boletim Técnico, 1).

KRAMER, T.; KOSLOWSKI, T. **Physiology of woody plants**. New York: Academic Press, 1979. 811p

LANA, R.W.Q.; CÉSAR, E.U.R.; KORNDÖRFER, G.H.; ZANÃO JÚNIOR, L.A. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro, **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.20, n.2, julho, 2002. Suplemento 2.

LANNING, F. C. Nature and distribution of silica in strawberry plants. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 76, p. 349-358, Dec. 1960.

LEME, E.; GAMA, A.J.M.; KORNDÖRFER, G.H.; NOLLA, A.; BITTENCOURT, M.F.; PACHECO, L.P. Eficiência do silício (NaSiO₃) aplicado via foliar na nutrição de plantas de algodão. In: FERTBIO, 4, Lages-SC, **Resumos...**, Lages-SC, 2004. CD-ROM. 2004.

LEXENGEL, V.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, DF v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. New York: Academic Press, 1995. 887 p.

MEBRAHTU, T.; HANOVER, J.W. Leaf age effects on photosynthesis and stomatal conductance of black locust seedlings. **Photosynthetica**, Praga, v.25, n.4, p. 537- 544,1991.

MENGEL, K. E.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4ed. Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.

MENZIES, J.G.; EHRET, D.L.; GLASS, A.D.M.; HELMER, T.; KOCH, C.; SEYWERT, F. The influence of silicon on cytological interactions between *Sphaerotheca fuliginea* and *Cucumis sativus*, **Physiological and Molecular Plant Pathology**, Londres, v.39, p.403-414, 1991.

MERRIGHI, A. L. N.; FERNANDES, A. L. T.; FIGUEIREDO, F. C. Novas pesquisas reforçam os efeitos do silício líquido solúvel aplicado via foliar em cafeeiros. **Revista Campo e Negócios**, Uberlândia, ano 4, n. 56, p.25-27. 2007

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon deficiency of tomato plant. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 24, n. 2, p. 175-189, June 1978.

MORAES, J. C.; GOUSSAIN, M. M.; BASAGLI, M. A. B.; CARVALHO, G. A.; ECOLE, C. C.; SAMPAIO, M. V. Silicon influence on the tritrophic interaction: wheat plants, the Gressnbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae), and its natural enemies, *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 619-624, 2004.

OLIVEIRA, A F. **Produtividade da soja e severidade de ferrugem asiática (Phakopsora pachirhirizi) influenciadas pela aplicação foliar com fontes de potássio e doses de tebuconazole**. Uberlândia, 2007, 40 f. Tese de Mestrado – Universidade Federal de Uberlândia.

PORRA, R.J; THOMPSON, W.A ; KRIDEMANN, P.E. Determination of accurate extinction coefficients an simultaneous equations for assaying a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophylls standards by atomic absorption spectroscopy. **Biochimic et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 975, p. 384-394, 1989.

POZZA, A.A.A.; ALVES, E.; POZZA, E.A.; CARVALHO, J.G. de; MONTANARI, M.; GUIMARÃES, P.T.; SANTOS, D.M. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro, **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.29, p.185-188, 2004.

PRETTY, K. M. O potássio e a qualidade da produção agrícola. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N. R. (Coord.). **O potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto de Potassa e Fosfato, 1982. p. 177-199.

RODRIGUES, C. R.; RODRIGUES, T. M.; FIGUEIREDO, F. C. Aplicação de Silício Líquido Solúvel via Foliar em Batata: Aumento de 5 toneladas/ha de batata extra. **Revista Campo e Negócios HF**, Uberlândia, Ano 1, n.10, p.66-70. 2007a.

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

RODRIGUES, C. R.; FIGUEREDO, F.C.; RODRIGUES, T.M.; BOTREL, P.P. Sili-K supera prova de fogo. **Revista Campo e Negócios**, Uberlândia, ano 5, n. 67, p.34-35. 2008.

SANTOS, D.M. dos. **Efeito do silício na intensidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke) em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2002. 43f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; RIGONI, M. R.; SCALON FILHO, R. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 753- 758, 2003

SOBRINHO, R.R. de L.; ARAÚJO, J.L.; RODRIGUES, T.M.; TREVISAN, D.; RODRIGUES, C.R.; FAQUIN, V. Crescimento da alface americana em solução nutritiva sob diferentes concentrações e formas de aplicação de silício. In: FERTBIO, 4, Lages-SC, **Resumos...**, Lages-SC, 2004. CD-ROM. 2004.

SOUZA, L. J. B. de. **Fotomorfose e crescimento de *Cedrella fissilis* Vell. no viveiro e no plantio de enriquecimento em linhas.** Curitiba, 1981. 117f. Dissertação Mestrado - Universidade Federal do Paraná.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Porto Alegre: Artmed, 2004. 720 p.

VIDHYASEKARAN, P. **Fungal pathogenesis in plant and crops** – molecular biology and host defense mechanisms. New York: Marcel Dekker, 1997. 553p.

VOOGT, W.; SONNEVELD, C. Silicon in horticultural crops grown in soilless culture. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. (Ed.). **Silicon in agriculture.** Amsterdam: Elsevier Science. 2001. p.115-131.

WAGNER, F. Die bedeutung der Kieselsäure für das Wachstum einiger Kulturpflanzen ihren Nährstoffhaushalt und ihre Anfälligkeit gegen echte Mehltapilze, **Journal of Phytopathology**, Berlin, v.12, p.427-429, 1940.

WANG, S.Y.; GALLETTA, G.J. Foliar application of potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants, **Journal of Plant Nutrition**, New York. v.21, p.157-167, 1998.

WHATLEY, J.M.; WHATLEY, F.R. **A luz e a vida das plantas.** São Paulo: EPU-EDUSP, 1982. 101p. (Temas de Biologia, 30).

YOSHIDA, S.; NAVASERO, S. A.; RAMIREZ, E. A. Effects of silica and nitrogen supply on some leaf characters of the rice plant, **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 31, n. 1, p. 48-56, 1969

ZELITCH, I. **Photosynthesis, photorespiration, and plant productivity.** New York: Academic Press, 1971. 275 p.