

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

MATHEUS GREGORIO MARQUES

**TEOR FOLIAR DE SILÍCIO EM *Brassica napus* E *Brassica juncea* FERTILIZADAS
COM SILICATO DE CÁLCIO**

Uberlândia – MG

2017

MATHEUS GREGORIO MARQUES

**TEOR FOLIAR DE SILÍCIO EM *Brassica napus* E *Brassica juncea* FERTILIZADAS
COM SILICATO DE CÁLCIO**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado à
Universidade Federal de Uberlândia, como
requisito para obtenção do grau de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Lísias Coelho

Uberlândia – MG

2017

MATHEUS GREGORIO MARQUES

**TEOR FOLIAR DE SILÍCIO EM *Brassica napus* E *Brassica juncea* FERTILIZADAS
COM SILICATO DE CÁLCIO**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado à
Universidade Federal de Uberlândia, como
requisito para obtenção do grau de Engenheiro
Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 31 de julho de 2017.

Dr. Ernane Miranda Lemes
Membro da banca

Eng. Agr. Thiago Nunes Landim
Membro da banca

Lísias Coelho, Ph.D.
Orientador

Uberlândia – MG

2017

RESUMO

A canola é terceira espécie oleaginosa mais produzida no mundo e é uma excelente opção para a segunda safra na região central do Brasil. A inserção da canola na rotação de culturas possibilita a quebra do ciclo dos fitopatógenos das culturas mais utilizadas para a produção de grãos, como milho e soja. O silício é um elemento benéfico para o desenvolvimento de várias espécies vegetais, e aumenta a resistência das plantas contra estresses bióticos e abióticos. O objetivo do trabalho foi avaliar a absorção de silício nas espécies *Brassica napus* e *Brassica juncea*. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2x3, com duas espécies (*B. napus* e *B. juncea*) e três adubações (0 kg ha⁻¹ de Si, 2000 kg ha⁻¹ de Si e dose equivalente em carbonato de cálcio), e oito repetições por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Foi avaliado o teor de Si nas folhas (%). A adubação de silício proporcionou maiores teores de Si na folha das espécies utilizadas no estudo, com maior teor na espécie *B. juncea* comparado à *B. napus*. Os teores de Si na folha foram semelhantes aos encontrados em plantas dicotiledôneas de outras famílias.

Palavras-chave: Canola. Mostarda. Si. Silicato de cálcio. Carbonato de cálcio.

ABSTRACT

Canola is the third most produced oilseed in the world and is an excellent option for the second crop in central Brazil. The insertion of canola in the crop rotation makes it possible to break the phytopathogen cycle of the most used crops for grain production, such as corn and soybean. Silicon is a beneficial element for the development of various plant species, and increases plant resistance against biotic and abiotic stresses. This study evaluated the uptake of silicon in the species *Brassica napus* and *Brassica juncea*. The experiment was done in randomized block design, as a 2x3 factorial with two species (*B. napus* and *B. juncea*) and three fertilization doses (0 kg ha⁻¹ of Si, 2000 kg ha⁻¹ of Si and equivalent dose in calcium carbonate), and eight replicates per treatment. The Si content in the leaves (%) was evaluated. Data were submitted to analysis of variance by the test F and the averages compared by the Tukey test at 5% probability. Silicon fertilization provided greater levels of Si in the leaves of the species used in the study, with the greatest content in *B. juncea* compared to *B. napus*. The contents of Si in the leaves were similar to those found in dicotyledonous plants of other families.

Keywords: Canola. Mustard. Si. Calcium silicate. Calcium carbonate.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1 Histórico da canola	8
2.2 Características da cultura	8
2.3 O elemento silício na nutrição de plantas	9
2.3.1 Teor foliar de Si nas plantas	9
2.3.2 Benefícios do silício	9
3 MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1 Localização do experimento	10
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	10
3.3 Instalação	11
3.4 Análise do teor de Si nas folhas	12
3.5 Análise estatística	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
5 CONCLUSÕES	17
REFERÊNCIAS	18

1 INTRODUÇÃO

A canola é uma planta herbácea da família Brassicaceae. É a terceira espécie oleaginosa mais produzida no mundo, representando 14,6% da produção mundial de óleos vegetais, sendo superada apenas pela palma e soja, que representam 34,2% e 29,2% respectivamente (USDA, 2017). Os grãos de canola são compostos por aproximadamente 38% de óleo, e o farelo resultante da extração do óleo possui de 34% a 38% de proteínas. A canola pode ser utilizada como adubo verde para enriquecimento do solo, forragem verde para alimentação animal, e os seus grãos são matéria-prima para a extração de óleo, que pode ser utilizado pela indústria, para a alimentação humana e para a produção de biocombustível (MORI; TOOM; FERREIRA, 2014).

No Brasil, estima-se que a produção de grãos de canola na safra 2017 seja de 74,2 mil toneladas, um aumento de 3,2% em relação à safra anterior. O aumento da produção é uma consequência do aumento na produtividade que ocorreu nos últimos anos (CONAB, 2017). A cultura é uma excelente opção para a segunda safra no Brasil e está em expansão para regiões tropicais do país, como o cerrado. A inserção da canola na rotação de culturas tem como benefício a quebra do ciclo dos fitopatógenos e dos insetos-praga específicos das culturas leguminosas e gramíneas (MARQUES et al., 2016).

Atualmente, tem-se uma demanda crescente por combustíveis, ao mesmo tempo que as reservas de combustíveis fósseis no mundo diminuem. Portanto, os óleos vegetais surgem como fonte de combustíveis alternativos. Embora a canola seja uma ótima alternativa para a diversificação do processo produtivo, a consolidação do cultivo desta espécie oleaginosa no país ainda requer a adoção de práticas culturais que resultem em maiores rendimentos. Entre essas práticas, estão o manejo correto da fertilização do solo e o controle de pragas e doenças.

O silício é um elemento que influencia na resistência das plantas ao ataque de insetos e fitopatógenos, na melhoria do estado nutricional, na redução da transpiração e na melhoria da eficiência fotossintética. O silício é acumulado nas paredes celulares tornando-as mais resistentes à ação de fungos e insetos, podendo ser utilizado em gramíneas e em diferentes espécies de dicotiledôneas (RODRIGUES et al., 2011; REIS, 2007). O silício pode ser obtido a partir da escória siderúrgica, um subproduto da produção de aço. A escória siderúrgica atua como um corretivo da acidez do solo e como fornecedor de cálcio, magnésio e silício. Desta forma, a utilização desse subproduto na agricultura evita problemas com o descarte deste resíduo (VIDAL; PRADO, 2011).

Diversas pesquisas já foram realizadas com o intuito de conhecer a dinâmica sobre a absorção, acúmulo e comportamento do silício em plantas, principalmente nas espécies da família Poaceae e em outras culturas de importância econômica. Entretanto, há poucos estudos sobre o potencial do uso do silício para a canola. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o teor foliar de silício em duas espécies de brássica (*Brassica napus* L. e *Brassica juncea* (L.) Czern).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Histórico da canola

A canola foi desenvolvida a partir do melhoramento genético da colza em 1974, por pesquisadores da Universidade de Manitoba do Canadá. A colza comum produz grãos com alto teor de ácido erúcico e glucosinolatos, que são tóxicos para o consumo humano e animal. Devido a estas características, por meio do melhoramento convencional de plantas, os pesquisadores identificaram plantas com baixo teor de ácido erúcico no óleo e outras com baixo teor de glucosinolatos no farelo. Realizando o cruzamento entre essas plantas conseguiram produzir a primeira cultivar de canola (MORI et al. 2014). O termo canola é uma abreviação de *Canadian Oil Low Acid* (óleo canadense de baixo teor ácido) e compreende as sementes do gênero *Brassica* (*Brassica napus*, *Brassica rapa* e *Brassica juncea*) que contém menos de 2% de ácido erúcico no óleo e menos de 30 micromoles de glucosinolatos por grama de farinha livre de óleo, seca ao ar livre (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2013).

2.2 Características da cultura

A canola é uma planta herbácea anual da família Brassicaceae. No Brasil, a canola (*B. napus*) cultivada é de primavera, utilizando-se híbridos oriundos da Austrália. É a terceira oleaginosa mais produzida no mundo e atualmente sua produção está direcionada principalmente para a obtenção de grãos, óleo para alimentação humana, óleo para uso industrial, óleo para biocombustível e produção de farelo utilizado na formulação de ração para animais. Os grãos produzidos no país apresentam aproximadamente 38% de óleo e 24 a 27% de proteínas. O farelo resultante da extração do óleo possui de 34 a 38% de proteínas. O óleo de canola possui alto teor de ácidos graxos insaturados, entre eles o ômega-3, ômega-6 e ômega-9, e apresenta apenas 7% de ácidos graxos saturados, o menor teor entre diversos óleos vegetais (ANGELOTTI-MENDONÇA et al. 2016.; CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2013.; WITTER et al., 2014).

A mostarda (*B. juncea*) tem sido melhorada para regiões mais quentes e secas, e genótipos desta espécie podem ou não apresentar as características do padrão canola, sendo classificadas em mostarda padrão canola, mostarda para condimento e mostarda industrial. A mostarda para condimento apresenta níveis de glucosinolatos maiores que a canola, entretanto

os níveis de ácido erúico são adequados para o consumo humano, enquanto que a mostarda industrial apresenta altos níveis de glucosinatos e ácido erúico (MCCAFFERY et al. 2009).

2.3 O elemento silício na nutrição de plantas

2.3.1 Teor foliar de Si nas plantas

O silício que está na solução do solo é absorvido pela planta na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4) através da absorção de água. O elemento é translocado via xilema e se acumula nas áreas com maior taxa de transpiração. Na planta, o silício se encontra, principalmente, na forma insolúvel na forma de sílica amorfa. O Si acumula-se nos tecidos das plantas, representando 0,1 a 10% da matéria seca. As espécies de plantas podem ser classificadas como acumuladores de Si quando possuem teores de Si acima de 1% nas folhas e não acumuladoras quando possuem teores de silício menores que 0,5% (KORNDÖRFER, 2015).

2.3.2 Benefícios do silício

O silício não é considerado um elemento essencial às plantas, porque não está diretamente envolvido no metabolismo da mesma, que é um requisito para o estabelecimento da essencialidade do elemento nutritivo (EPSTEIN, 2006). Entretanto, a adubação com silício apresenta vários benefícios às plantas. Na solução do solo, o ácido silícico forma complexos com o alumínio trocável, reduzindo a toxidez desse elemento para as plantas. Na rizosfera, como sílica amorfa reduz o estresse por excesso de manganês. Nas folhas, o silício aumenta a resistência da planta aos estresses abióticos, reduz a transpiração e o estresse salino e hídrico, melhora a arquitetura das folhas tornando-as eretas, o que resulta em uma melhor taxa fotossintética. Além disso, o silício forma uma barreira física aos insetos e fungos. O silício também atua induzindo reações metabólicas nas plantas que são responsáveis pela formação de compostos com atividade antimicrobiana (MA et al., 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido na Área Experimental do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia em casa de vegetação, no período de junho a agosto de 2016.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 2x3, sendo duas espécies de canola (*B. napus* e *B. juncea*) e a aplicação de silicato de cálcio (2000 kg ha⁻¹ de Si), dose equivalente em carbonato de cálcio (Tabela 1) e sem aplicação de corretivo. O silicato de cálcio utilizado é composto por 16% de CaO e 64% de SiO. Os genótipos utilizados foram o híbrido Hyola 433 para a espécie *B. napus* e a variedade Ibiola 90 para a espécie *B. juncea*. O experimento foi composto por 8 repetições por tratamento. Os tratamentos estão descritos na Tabela 2.

Tabela 1. Capacidade de neutralização de diferentes materiais, em relação ao CaCO₃.

Materiais Neutralizantes	Capacidade de neutralização relativa ao CaCO₃
CaCO ₃	1,00
MgCO ₃	1,19
Ca(OH) ₂	1,35
Mg(OH) ₂	1,72
CaO	1,79
MgO	1,72
CaSiO ₃	0,86
MgSiO ₃	1,00

Fonte: ALCARDE, 2005.

Tabela 2. Descrição das doses aplicadas e genótipos de *Brassica* spp. Uberlândia – MG, 2016.

Tratamento	Adubação	Genótipo
1	0 kg ha ⁻¹ de Si	<i>B. napus</i> (Hyola 433)
2	0 kg ha ⁻¹ de Si	<i>B. juncea</i> (Ibiola 90)
3	2000 kg ha ⁻¹ de Si	<i>B. napus</i> (Hyola 433)
4	2000 kg ha ⁻¹ de Si	<i>B. juncea</i> (Ibiola 90)
5	4195 kg ha ⁻¹ CaCO ₃ (Eq. CaSiO ₃ *)	<i>B. napus</i> (Hyola 433)
6	4195 kg ha ⁻¹ CaCO ₃ (Eq. CaSiO ₃ *)	<i>B. juncea</i> (Ibiola 90)

* Equivalente em silicato de cálcio com base na dose de 2000 kg ha⁻¹ de Si.

3.3 Instalação

O experimento foi conduzido em copos plásticos de 0,5 dm³. Como substrato utilizou-se o solo coletado na Fazenda Experimental Água Limpa da Universidade Federal de Uberlândia, cuja caracterização química e física se encontra na Tabela 3. O silicato de cálcio e o carbonato de cálcio foram aplicados ao solo e realizou-se a homogeneização antes do enchimento dos copos. Após 5 dias, semearam-se 5 sementes por copo, e 15 dias após a semeadura foi realizado um desbaste para restarem apenas 2 plantas por vaso. Os vasos foram irrigados diariamente e a cada 15 dias adicionaram-se 50 mL de solução nutritiva. Para cada 1 L de água utilizada na formulação da solução nutritiva foi adicionado 1 mL de EDTA férrico, 1 mL de KH₂PO₄, 5 mL de KNO₃, 5 mL de Ca(NO₃)₃.2H₂O, 2 mL de MgSO₄.7H₂O e 1 mL de micronutrientes.

Tabela 3. Caracterização química e física do solo da Fazenda Água Limpa. Uberlândia – MG, 2016.

pH H ₂ O	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	t	T	V	m	M.O.	Si
1- 2,5	mg dm ⁻³					cmolc dm ⁻³				%		dag kg ⁻¹	mg dm ⁻³
5,7	19	39	1,0	0,3	0,0	1,5	1,4	1,4	2,9	48	0	1,2	2,9
Areia Grossa			Areia Fina			Silte			Argila				
g kg ⁻¹													
301			389			10			300				

3.4 Análise do teor de Si nas folhas

As folhas foram coletadas no início do florescimento. A secagem foi realizada em estufa por 72h na temperatura de 65°C. Em seguida, as folhas foram moídas e a determinação dos teores de Si na planta foi realizada pela metodologia proposta por Korndörfer et al. (2004). Por este método, as folhas são digeridas com NaOH e H₂O₂ numa autoclave, e o teor de silício é determinado por um espectrofotômetro UV-Visível no comprimento de onda de 670 nm.

3.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre genótipos e adubação foi significativa a 5% de probabilidade pelo teste de F conforme demonstrado no quadro de análise de variância (Tabela 4).

Tabela 4. Quadro de análise de variância para teor de Si na folha (%), em função do genótipo e das diferentes adubações. Uberlândia – MG, 2016.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Adubação	2	0.098686	0.049343	28.855*
Genótipos	1	0.122432	0.122432	71.597*
Adubação*Genótipos	2	0.039508	0.019754	11.552*
Bloco	7	0.019016	0.002717	1.589
Resíduo	35	0.059850	0.001710	
C.V. = 31,79%				

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

A espécie *B. napus* (Hyola 433) apresentou 0,04% de teor de Si na folha na dose de 0 kg ha⁻¹ Si e 0,09% na adubação equivalente em carbonato de cálcio. Esta adubação resultou em acréscimo de 125% no teor de Si em comparação à dose de 0 kg ha⁻¹ Si, mas não diferiu das outras doses avaliadas. A adubação de 2000 kg ha⁻¹ de Si proporcionou o maior teor foliar de Si, com 0,11%, representando um incremento de 175% em relação à dose de 0 kg ha⁻¹ Si.

A espécie *B. juncea* (Ibiola 90) apresentou teores de 0,15% e 0,12% de Si na folha para as doses de 0 kg ha⁻¹ Si e adubação equivalente em carbonato de cálcio, e estas adubações não diferiram entre si. A adubação de 2000 kg ha⁻¹ de Si promoveu o maior teor de Si na folha com 0,28%, sendo superior em 87% em relação à dose de 0 kg ha⁻¹ Si.

A espécie *B. juncea* (Ibiola 90) foi superior a *B. napus* (Hyola 433) para as doses de 0 kg ha⁻¹ Si e 2000 kg ha⁻¹ Si com incremento de 275% e 155% no teor foliar de Si respectivamente. As espécies não diferiram entre si na adubação equivalente em carbonato de cálcio (Tabela 6).

Tabela 5. Teor de Si na folha (%) de *B. napus* (Hyola 433) e *B. juncea* (Ibiola 90). Uberlândia – MG, 2016.

Adubação	Genótipos	
	<i>B. napus</i> (Hyola 433)	<i>B. juncea</i> (Ibiola 90)
0 kg ha ⁻¹ Si	0,04 Bb	0,15 Ba
Eq. em CaCO ₃	0,09 ABa	0,12 Ba
2000 kg ha ⁻¹ Si	0,11 Ab	0,28 Aa

*Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de Si na folha (%) para ambas espécies estudadas, foi semelhante ao teor encontrado nas folhas de plantas de café, rosa e soja (Tabela 7). Todas essas espécies são dicotiledôneas, e pertencem ao grupo de plantas não-acumuladoras de silício, pois apresentam a concentração de Si menor que 0,5% e a razão molar Si:Ca nos tecidos menor que 0,5 (MA et al. 2001; MA; TAKASHI, 2002).

Estudos realizados com plantas de tomate, pepino e arroz, demonstraram que o transporte radial de Si da solução externa para as células corticais das raízes é realizado pelo SIT1 (*silicon transporter 1*) e por difusão passiva, e o transporte de Si pelo xilema é realizado pelo SIT2 (*silicon transporter 2*) em plantas de arroz e por difusão passiva em plantas de tomate e pepino. O baixo teor de Si nas plantas de pepino e tomate pode ser atribuído à baixa densidade do SIT1 e à falta do SIT2 (MA et al., 2004; MITANI; MA, 2005).

Tabela 6. Teores de Si no tecido de algumas plantas cultivadas.

Cultura	Parte da planta	Teor de Si na matéria seca (%)
Arroz sequeiro	Folha + Colmo	1,16 – 1,49
Aveia	Folha + Colmo	1,09
Café	Folha	0,20 – 0,30
Cana-de-açúcar	Folha	0,70 – 1,90
Feijão	Folha jovem	0,63
Capim-colonião	Folha	1,48
Capim-jaraguá	Folha	3,91
Milheto	Folha	2,70 – 4,30
Capim-elefante	Folha	1,93
Braquiária	Folha	0,80 – 1,08
Tomate	Folha jovem	0,03 – 0,05
Pepino	Folha jovem	0,40 – 1,40
Melão	Folha jovem	0,06 – 1,09
Alface	Folha jovem	0,03
Morango	Folha jovem	0,36
Rosa	Folha jovem	0,08 – 0,36
Milho	Folha + Colmo	0,25 – 1,14
Soja	Folha	0,10 – 0,35
Sorgo Forrageiro	Folha + Colmo	0,14 – 0,40
Sorgo Granífero	Folha + Colmo	0,41 – 1,43
Trigo	Folha + Colmo	0,51 – 1,69

Fonte: Adaptado de Korndörfer et al. (2004).

Entretanto, apesar do baixo teor de Si nas folhas de *B. napus* e *B. juncea*, este elemento traz inúmeros benefícios. Vatehová et al. (2012) observaram a interação entre silício e cádmio (Cd) em ambas espécies. O cultivo destas espécies em solução nutritiva contendo cádmio levou à inibição da elongação da raiz primária e ao aumento no número de raízes laterais. Além disso, o cádmio interferiu na eficiência fotossintética das plantas pela redução do conteúdo de clorofila a, clorofila b e pigmentos carotenoides. Quando as plantas foram cultivadas em solução contendo cádmio e silício, todas as interferências negativas presentes no tratamento contendo apenas cádmio, foram mitigadas pela presença do silício. Estes mesmos parâmetros não foram afetados pelo Si comparado ao tratamento controle dessas duas espécies. Além disto, a espécie *B. napus* acumulou mais o elemento cádmio e produziu maior

quantidade de biomassa nas condições do estudo em relação a *B. juncea*, quando exposta ao silício e cádmio concomitantemente, sendo a primeira mais indicada para o processo de fitorremediação e fitoextração de cádmio quando exposta ao silício e cádmio concomitantemente.

Rehman et al. (2016), avaliou a resposta fisiológica e bioquímica de vários genótipos de *B. juncea* e observaram incremento no comprimento da planta, na biomassa fresca e seca e na área foliar em plantas cultivadas em solo com irrigação de solução contendo silício, na forma de $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_3$. O estudo dos diferentes genótipos de *B. juncea* demonstrou uma alta variabilidade de resposta à aplicação de Si. Neste estudo, a solução de 0,8 mM de Si administrada em 10, 12, 14, 16 e 18 dias após a germinação na quantidade de 100 mL, resultou em melhor eficiência fotossintética e resposta antioxidante para os genótipos estudados. Enquanto que a concentração de 1,6 mM de Si acarretou em efeitos adversos no crescimento e desenvolvimento das plantas, podendo ser considerado uma concentração tóxica. Entretanto, a fonte de Si utilizada neste estudo continha sódio (Na), que também pode ter influenciado negativamente nos caracteres avaliados quando se encontrava em concentração maiores.

Plantas que sofrem estresse químico por arsênio (As) produzem espécies de oxigênio reativo que causam danos à permeabilidade da membrana e às biomoléculas (lipídios, proteínas, pigmentos, etc.). Pandey et al. (2016) avaliaram o impacto do silício no crescimento das raízes e em repostas antioxidantes de *B. juncea* sob estresse químico por arsênio. As plantas cultivadas em solução de Si+As acumularam maior quantidade de As em comparação ao tratamento que continha apenas As. Ainda assim, o tratamento Si+As apresentou melhores parâmetros de crescimento de raízes que o tratamento As isolado. Além disso a presença do Si reduziu a toxicidade do As em outros parâmetros avaliados como a peroxidação lipídica.

5 CONCLUSÕES

As duas espécies utilizadas no trabalho apresentaram acréscimo no teor de Si das folhas quando é realizada a adubação com este elemento.

A espécie *B. juncea* apresentou maiores teores de Si na folha em relação à *B. napus*. Entretanto, *B. napus* apresentou um maior ganho proporcional em relação à *B. juncea*, comparando-se as doses de 0 e 2000 kg ha⁻¹ Si.

Os teores de Si na folha foram semelhantes aos encontrados em plantas dicotiledôneas de outras famílias consideradas plantas não-acumuladoras.

REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos:** características e interpretações técnicas. São Paulo: ANDA, 2005. 24p. (ANDA. Boletim Técnico, 06).
- ANGELOTTI-MENDONÇA, J.; RIBOLDI, L. B.; SOARES, C. D. F.; CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. **Canola (*Brassica napus* L.)**. Piracicaba: ESALQ, 2016.
- CANOLA COUNCIL OF CANADA. **Health benefits of canola oil**. 2013. Disponível em: <<http://www.canolacouncil.org/oil-and-meal/canola-oil/health-benefits-of-canola-oil/>>. Acesso em: 15 abr. 2016.
- CANOLA COUNCIL OF CANADA. **The history of canola**. 2013. Disponível em: <<http://www.canolacouncil.org/oil-and-meal/what-is-canola/>>. Acesso em: 15 abr. 2016.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília: CONAB, 2017. v.4, 171p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 12 jul. 2017.
- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas:** princípios e perspectivas. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 2006.
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício no solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: UFU, 2004. (GPSi-ICIAG-UFU. Boletim Técnico, 02).
- KORNDÖRFER, G. H. **Uso do silício na agricultura**. 2015. Disponível em: <<http://www.dpv24.iciag.ufu.br/Silicio/Efeitos/Efeitos.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2016.
- MARQUES, M. G.; LANDIM, T. N.; SAMPAIO, M. V.; DIAS, A. H. F.; NERY-SILVA, F. A.; FAGUNDES, G. M. Resistência de híbridos de canola ao pulgão *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis) (Hemiptera: Aphididae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 26., 2016, Maceió. **Anais**. Maceió: SEB, 2016.
- MA, J. F.; MITANI, N.; NAGAO, S.; KONISHI, S.; TAMAI, K.; IWASHITA, T.; YANO, M. Characterization of the silicon uptake system and molecular mapping of the silicon transporter gene in rice. **Plant Physiology**, Rockville, v. 136, p. 3284-3289, out. 2004.
- MA, J. F.; MIYAKE Y.; TAKASHI, 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, p. 17-39, 2001.
- MA, J. F.; TAKASHI, E. **Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan**. Amsterdam: Elsevier Science, 2002.
- MCCAFFERY, M. J.; BAMBACH, R.; HASKINS, B. **Brassica juncea in north-western NSW**. 2 ed. Orange: NSW Department of Primary Industries, 2009., 10p. (Primefact, 786).
- MITANI, N.; MA, J. F. Uptake system of silicon in different plant species. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 56, n. 414, p. 1255-1261, abr. 2005.

MORI, C. de; TOOM, G. O.; FERREIRA, P. E. P. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da canola no mundo e no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. (Embrapa Trigo, Documentos online, 149).

PANDEY, C.; KHAN, E.; PANTHRI, M.; TRIPATHI, R. D.; GUPTA, M. Impact of silicon on Indian mustard (*Brassica juncea* L.) root traits by regulatin growth parameters, cellular antioxidants and stress modulators under arsenic stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 104, p. 216-225, jul. 2016.

REHMAN, B.; YUSUF, M.; KHAN, T. A.; FARIDUDDIN, Q.; HAYAT, S.; AHMAD, A. Silicon elicited varied physiological and biochemical responses in Indian mustard (*Brassica juncea*): a concentrarion dependent study. **Israel Journal of Plant Sciences**. Bet-Dagan, v. 63, p. 158-166, fev. 2016.

REIS, T. H. P.; GUIMARÃES, P. T. G.; FIGUEIREDO, F. C., POZZA, A. A. A.; NOGUEIRA, F. D.; RODRIGUES, C. R. **O silício na nutrição e defesa de plantas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. (EPAMIG. Boletim Técnico, 82).

RODRIGUES, F. de A.; OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, A. P.; KORNDÖRFER, G. H. **Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas**. IPNI: Piracicaba, 2011. p. 14 – 20. (IPNI. Informações Agronômicas, 134).

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Economic Research Service**. 2017. Disponível em: < <http://www.ers.usda.gov/data-products/oil-crops-yearbook.aspx>>. Acesso em: 04 jun. 2017.

VATEHOVÁ, Z.; KOLLÁROVÁ, K.; ZELKO, I.; RICHTEROVÁ-KUCEROVÁ, D.; BUJDOS, M.; LISKOVÁ, D. Interaction of silicon and cadmium in *Brassica juncea* and *Brassica napus*. **Biologia**, Springer, v. 67, n. 3, p. 498-504, abr. 2012.

VIDAL, A. de A.; PRADO, R. de M. Aplicação de escória siderúrgica, calcário e ureia em Latossolo cultivado com arroz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 364-272, abr./jun. 2011.

WITTER, S.; NUNES-SILVA, P.; BLOCHTEIN, B (Org.). **Abelhas na polinização da canola: benefícios ambientais e econômicos**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2014.