

SILÍCIO FOLIAR EM DIFERENTES CULTIVARES DE TRIGO

FOLIAR SILICON IN DIFFERENTS WHEAT CULTIVARS

Thomas Newton Martin^{1*1}

Jessica Deolinda Leivas Stecca²

Evandro Ademir Deak²

Lucas Allan Brunnig³

Pedro Gardin Alessio⁴

Resumo: A nutrição vegetal é importante para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Aliado a isso, para obtenção de produtividades elevadas é necessário que não existam restrições bióticas e abióticas que afetem os componentes da produtividade das culturas. O silício embora não reconhecido como elemento essencial, é benéfico às plantas. Objetivou-se avaliar as alterações provocadas na estatura das plantas, na massa de hectolítro e nos componentes de produtividade da cultura do trigo pela aplicação foliar de silício. Os tratamentos foram distribuídos em um modelo bifatorial (15 x 2), em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo o primeiro fator constituído por 15 cultivares de trigo (Sinuelo, TEC Frontale, Ametista, BRS 331, Quartzo, Mestre, Toruk, TEC 10, DNA Oro, Sintonia, Iguaçu, Prisma, Parrudo, TEC 6219, BRS 327) e o segundo por aplicação ou não de silício. As variáveis avaliadas foram número de plantas, estatura de plantas, número de espigas, produtividade de grãos, massa de mil grãos e massa de hectolítro. Os componentes de produtividade não foram alterados pela aplicação foliar de silício. A massa de hectolítro de algumas cultivares apresentaram acréscimos pela aplicação de silício. As demais diferenças observadas são atribuídas às variações entre as cultivares de trigo.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.. Adubação foliar. Manejo nutricional.

¹ Doutor em Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, martin.ufsm@gmail.com

² Doutorando(a) em Agronomia. Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria. jessica.stecca@yahoo.com.br, evandro.deak@hotmail.com

³ Engenheiro Agrônomo, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria. lucasab.agro@gmail.com

⁴ Graduando do Curso de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria. lucasab.agro@gmail.com; pedro.alessio@hotmail.com

Abstract: Plant nutrition is important for the proper growth and development of plants. In order to obtain high yields, it is necessary that there be no biotic and abiotic restrictions affecting crop yield components. Silicon, although not recognized as an essential element, is beneficial to plants. The objective of this study was to evaluate the changes in plant height, in the hectoliter mass and in the wheat crop productivity components by foliar application of silicon. The treatments were distributed in a bi-factorial model (15 x 2), in a randomized block design with four replicates, being the first factor constituted by 15 wheat cultivars (Sinuelo, TEC Frontale, Ametista, BRS 331, Quartzo, Mestre, Toruk, TEC 10, DNA Oro, Sintonia, Iguaçu, Prisma, Parrudo, TEC 6219, BRS 327) and the second by application or not of silicon. The evaluated variables were number of plants, height of plants, number of spikes, grain yield, mass of one thousand grains and mass of hectoliter. The productivity components were not altered by foliar application of silicon. The hectoliter mass of some cultivars increased due to the supply of silicon. The other differences observed are attributed to variations among wheat cultivars.

Keywords: *Triticum aestivum* L.. Foliar fertilization. Nutritional management.

1 INTRODUÇÃO

O trigo é o segundo cereal cultivado em volume no mundo, sendo a commodity mais consumida pela humanidade. No Brasil, a área cultivada com a cultura vem sendo reduzida a cada ano, aumentando a importação de outros países, principalmente do Mercosul (CONAB, 2018, 2019).

Portanto, é necessária a utilização de estratégias que visem reduzir a dependência externa deste grão. Uma alternativa é pelo aumento da produtividade da cultura. A nutrição de plantas é um dos fatores principais na obtenção de altas produtividades do grão, sendo essencial o equilíbrio de macro e micronutrientes para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Dentre estes se destaca o silício (Si), o qual é considerado benéfico para as plantas (TAKAHASHI; MIYAKE, 1977).

A forma disponível de Si na solução do solo para absorção, transporte e deposição pelas plantas é H_4SiO_4 , encontrada em concentrações que variam de 0,1 a 0,6 mM nos níveis de pH da maioria dos solos agrícolas (KNIGHT; KINRADE, 2001). Sendo a fonte de absorção regulada pelo tipo de mineral por

meio de reações de dissolução e adsorção (HIRADATE, 2012). O valor crítico de Si disponível é variável conforme o tipo de solo, as culturas e o procedimento de teste do solo. Pelo método clássico (NaOAc-HOAc), para trigo, esse valor é de aproximadamente 80 mg Si kg⁻¹ solo (XU et al., 2001).

Nas plantas, as diferenças nas concentrações de Si são atribuídas às características de absorção e do transporte desse nutriente (EPSTEIN, 1994; JONES; HANDRECK, 1967). Em gramíneas sua concentração varia de 1 % a 10 % do peso seco das plantas, sendo consideradas altamente acumuladoras. Em geral, as gramíneas absorvem o Si por meio de transportadores com mecanismo ativo, absorvendo bem mais do que outras espécies (MA et al., 2001; LIANG et al., 2005). A maior absorção é atribuída à densidade de transportadores de silício nas raízes da planta, os quais facilitam esse processo através das membranas das células da raiz (CORNELIS et al., 2011).

Os efeitos benéficos pela utilização de Si têm sido apresentados quanto ao aumento do crescimento e produção vegetal, que podem ocorrer por meio de ações indiretas como maior rigidez estrutural dos tecidos pela deposição deste em forma de sílica amorfa em paredes celulares, assim reduzindo o acamamento de plantas e criando uma barreira contra insetos fitófagos e patógenos (EPSTEIN, 1994; SORATTO et al., 2012). Quando o acúmulo desse nutriente ocorre nos estômatos há a formação de uma dupla camada de sílica cuticular, resultando em uma redução da transpiração, portanto, reduzindo a exigência de água pelas plantas (MA; TAKAHASHI, 2002).

Além da rigidez estrutural, plantas adubadas com Si apresentam a formação de compostos como fitoalexinas que exercem função inibidora ou repelente de insetos (FIGUEIREDO; RODRIGUES, 2007). Em plantas de trigo promove proteção ao ataque fúngico de helmintosporiose do trigo (*Bipolaris sorokiniana*), proporcionando uma maior resistência à folha bandeira (DOMICIANO et al., 2010). Também induz a resistência das plantas ao ataque do pulgão verde (*Schizaphis graminum*) (COSTA et al., 2009).

Melhorias na arquitetura de planta também são observadas quando se utiliza Si, folhas ficam mais eretas assim diminuindo o autossombreamento e conseqüentemente aumentando a taxa fotossintética (EPSTEIN, 1999). Além disso, oferece proteção contra estresses abióticos como frio, estresse hídrico e salinidade, e redução dos efeitos tóxicos de Fe, Al e Mn (ALI et al., 2012; KARMOLLACHAAB et al., 2013). Em ambientes com toxidez de Al, como é o caso de muitos solos cultivados no Brasil, dois genótipos de milho foram testados, um tolerante e outro sensível ao Al, em ambos, o Si reduziu o efeito tóxico no crescimento radicular das plantas (GIONCO; BORNEN, 2011).

As informações evidenciam a importância econômica da cultura do trigo e a grande responsabilidade por parte de pesquisadores que buscam tecnologias mais adaptadas que aumentam a produtividade por meio de uma nutrição equilibrada, fisiologicamente mais eficiente e de forma sustentável, como é o caso da utilização de Si. A magnitude entre os benefícios da utilização do Si e o grau de estresse que a cultura do trigo está exposta em condições como a do Rio Grande do Sul, Brasil, sobre os componentes de produtividade ainda são pouco conhecidos. Portanto, objetivou-se com esta pesquisa avaliar as alterações provocadas na estatura das plantas, na massa de hectolítro e nos componentes de produtividade da cultura do trigo pela aplicação foliar de silício.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2015, na área experimental do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Rurais, localizada no campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), latitude 29°43'2.81" S e longitude 53°43'58.28" O, com uma altitude de 116 metros. O clima local, segundo a classificação de Köppen, é 86,7% do tipo Cfa e 13,3% Cfb (ALVAREZ et al., 2013), tendo como características climáticas principais a temperatura do mês mais quente 24,8°C e a temperatura média do mês mais frio 14,1°C (HELDWEIN et al., 2009).

O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (Embrapa, 2013). A análise química do solo apresentou como características: pH (água, 1:1) = 5,7; MO (%; m/v) = 2,8; argila (%; m/v) = 22; P, P-Mehlich (mg dm^{-3}) = 23,9; K (cmol_c dm^{-3}) = 0,266; H + Al (cmol_c dm^{-3}) = 3,9; CTC (pH 7, cmol_c dm^{-3}) = 10,5; saturação de bases (%) = 62,9.

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições e os tratamentos foram distribuídos em um modelo bifatorial (15 x 2), sendo o primeiro fator constituído por 15 cultivares de trigo e o segundo por aplicação ou não de silício. As cultivares utilizadas foram: Sinuelo, TEC Frontale, Ametista, BRS 331, Quartzo, Mestre, Toruk, TEC 10, DNA Oro, Sintonia, Iguaçu, Prisma, Parrudo, TEC 6219, BRS 327. Para o tratamento com silício foi utilizada a dosagem de 250 g ha^{-1} do produto comercial Potency[®] com concentração de 0,681 kg de SiO_2 kg^{-1} , sendo aplicado quando as plantas de trigo estavam no estágio fenológico do afilhamento pela escala de Feeks e Large (LARGE, 1954). As unidades experimentais foram constituídas de 7,75 m de comprimento por 2,25 m de largura, com dez fileiras espaçadas 0,20 m, totalizando 15,5 m² de área total e 6,0 m² de área útil.

A semeadura do trigo foi realizada em sucessão à cultura da soja. No tratamento químico das sementes foi utilizada a mistura de fungicida [difenoconazole (Spectro[®])] + inseticida [thiamethoxam (Cruiser[®] 350 FS)]. A adubação na semeadura foi realizada a partir do resultado da análise química do solo da área, sendo os macronutrientes N, P e K fornecidos via sulco de semeadura, na dose de 300 kg ha^{-1} da fórmula 05-20-20. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada com aplicação de uréia, parcelando a dose total em duas aplicações (início do perfilhamento e início do alongamento). O manejo de insetos, doenças e plantas daninhas foi realizado conforme a incidência desses por meio de produtos recomendados para a cultura do trigo.

Quando as plantas atingiram o estágio 11.4 (ponto de colheita) foram avaliadas as variáveis número de plantas (NP, m^{-2}), estatura de plantas (EP,

cm) e número de espigas (NE, m⁻²). Neste mesmo estágio também foram colhidos cinco metros das seis fileiras centrais da unidade experimental, a qual representa sua área útil. Após a colheita, as amostras foram trilhadas e limpas para a aferição e correção da umidade dos grãos (base 13%) e obtenção da produtividade de grãos (PG, kg ha⁻¹), massa de mil grãos (MMG, g) e massa de hectolitro (MH, kg hL⁻¹).

Os dados foram testados para atendimento às pressuposições do modelo matemático e então submetidos à análise de variância (teste F) (STORCK et al., 2011). As médias foram submetidas a procedimentos complementares de acordo com as respostas apresentadas pela interação. As médias foram separadas pelo método de agrupamento de médias de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro, com auxílio do software estatístico Sisvar® (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Si possui uma importante atuação na interação planta x ambiente, pois proporciona condições que permitem suportar adversidades climáticas, edáficas e biológicas (LIMA FILHO; TSAI, 2007). A utilização de cultivares com ciclos, origens e exigências tecnológicas e produtivas diferentes, portanto, proporcionou uma amplitude de condicionantes que possibilitam a identificação do efeito da adubação foliar com silício. Além das variações na capacidade de absorção das diferentes cultivares, há também variações no teor de silício das plantas em diferentes estágios de desenvolvimento. A maior dependência de Si em plantas de trigo ocorre na fase do afilamento (AHMAD; HADDAD, 2011), bem como o maior acúmulo de Si nas folhas superiores, como a folha bandeira (ANDRADE et al., 2012; SORATTO et al., 2012). Contudo, na análise de variância verificou-se que a interação entre os fatores (cultivares x aplicação de silício) apresentou significância somente para a variável massa de hectolitro (MH). Sendo necessário o estudo dos efeitos principais quando não houve interação significativa (Tabela 1).

Tabela 1 – Resumo da análise de variância, para as variáveis número de plantas (NP, m⁻²), estatura de plantas (EP, cm), número de espigas (NE, m⁻²), massa de hectolitro (MH, kg hl⁻¹), massa de mil grãos (MMG, g) e produtividade de grãos (PG, kg ha⁻¹).

Causas de Variação	NP	EP	NE	MH	MMG	PG
Bloco	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cultivares	*	*	ns	*	*	*
Silício	ns	ns	ns	*	ns	ns
Cultivares x Silício	ns	ns	ns	*	ns	ns
Média	291,8	75,9	320	66,5	29,0	2507,4
CV (%)	10,4	4,5	13,2	1,2	9,7	9,0

ns: não significativo e * significativos a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

A massa de hectolítro é um parâmetro que mensura indiretamente a qualidade do trigo produzido, e conseqüentemente a capacidade de extração de farinha do trigo. Segundo a Instrução Normativa nº 38 de 30 de novembro de 2010 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, nacionalmente o trigo é classificado em Tipos, em que o tipo 1 é aquele que possui a classe segundo a massa hectolítro de no mínimo 78 kg hL⁻¹, tipo 2 com no mínimo 75 kg hL⁻¹ e tipo 3 com no mínimo 72 kg hL⁻¹, todos com 13% de umidade máxima. A classificação é dependente de fatores como grãos mal formados e impurezas, que reduzem a MH (MUNDSTOCK, 1998). Segundo Guariente (1996) a alteração da MH também está ligada com o teor de proteína do grão, fator que é resposta da interação entre genótipo e ambiente. Portanto, fatores que estão relacionados com a qualidade do produto.

No presente estudo observou-se uma MH com valores inferiores ao desejado, indicando indiretamente uma baixa qualidade do trigo produzido, sendo todos os genótipos classificados como Fora de Tipo (MH menor que 72 kg hL⁻¹). Contudo, é possível observar que quando se utilizou da aplicação de Si via foliar, as cultivares Tec Frontale, Quartzo, Mestre, Toruk, Tec 10, Dna Oro e Iguaçu apresentaram valores de MH em média três pontos superiores comparados a não utilização do mesmo (Tabela 2). Esses resultados

corroboram com os encontrados por Tavares et al. (2014) que por meio da adubação silicatada via solo obtiveram aumento na MH de trigo. Esse aumento é vantajoso, pois a remuneração pelo produto varia de acordo com a MH e também pelas classes comerciais, sendo maior quando se encaixa na classificação Tipo 1 > Tipo 2 > Tipo 3 > Fora de Tipo. Essa pode chegar a ser 38% inferior quando se compara um trigo com classificação Tipo 3 ao Tipo 1, reduzindo assim a margem de lucro do produtor (Tabela 3).

Tabela 2 – Média para as características avaliadas de número de plantas (NP, m⁻²), estatura de plantas (EP, cm), massa de hectolitro (MH, kg hl⁻¹), massa de mil grãos (MMG, g) e produtividade de grãos (PG, kg ha⁻¹).

Cultivares	NP	EP	MH		MMG	PG
			Sem	Com		
Sinuelo	270,0 b*	75,0 c	64,8 dA	58,8 eB	25,3 c	2550,5 b
TecFrontale	292,5 a	81,1 b	64,9 dB	67,3 cA	20,8 d	1634,4 c
Ametista	276,2 b	77,1 c	68,9 bA	67,4 cA	29,7 b	2633,3 b
Brs 331	260,0 b	69,7 d	68,9 bA	69,4 bA	30,2 b	1920,4 c
Quartzo	298,7 a	79,0 c	59,9 eB	62,2 dA	29,4 b	2943,0 a
Mestre	343,7 a	72,2 d	63,8 dB	67,5 cA	27,3 c	2555,9 b
Toruk	313,7 a	63,7 e	60,9 eB	62,6 dA	30,0 b	2864,5 a
Tec 10	280,0 b	76,5 c	64,7 dB	67,7 cA	25,8 c	2560,2 b
Dna Oro	310,0 a	70,1 d	58,9 eB	63,1 dA	21,4 d	2424,1 b
Sintonia	323,7 a	72,2 d	69,3 bA	70,6 bA	35,4 a	2382,7 b
Iguaçu	295,0 a	87,2 a	63,2 dB	67,6 cA	28,6 b	2687,0 b
Prisma	290,0a	81,2 b	70,7 aA	70,6 bA	35,3 a	2321,5 b
Parrudo	243,7 b	76,4 c	67,1 cA	65,7 cA	31,8 b	2680,6 b
Tec 6219	342,5 a	76,2 c	71,0 aA	71,4 aA	29,2 b	2395,7 b
Brs 327	237,5 b	81,7 b	71,8 aA	72,4 aA	34,4 a	3056,9 a

* médias com letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-knott.

Tabela 3 – Preço mínimo de remuneração para a cultura do trigo (R\$/sc de 60 Kg) de acordo com as normas específicas de trigo na safra 2017/2018. Comunicado CONAB/MOC n.º 003, de 16/02/2018.

Regiões	MH*	Tipo	R\$/sc de 60 Kg			
			Básico	Doméstico	Pão	Melhorador
Sul	78	1	20,48	25,57	37,26	39,02
	75	2	18,43	23,01	31,92	33,46
	72	3	16,21	19,62	23,60	24,03

*MH=massa de hectolitro (kg hl⁻¹). Fonte: Normas específicas de trigo – safra 2017/2018. Comunicado CONAB/MOC n.º 003, de 6/02/2018.

Uma hipótese para melhoria nos valores de MH é pela redução de danos aos grãos. Essa pode ocorrer pela deposição de sílica na parede celular da epiderme dos tecidos vegetais, a qual contribui como uma barreira resistente à ação de insetos mastigadores (KEEPING et al., 2009). Em trabalho realizado por Hunt et al. (2008) observou-se a preferência de gafanhotos por gramíneas que não foram fertilizadas com Si. Também pela formação de compostos como fitoalexinas, que são substâncias de baixa digestibilidade na composição da seiva utilizada pelos insetos sugadores, exercendo função inibidora ou repelente de insetos (KORNDÖRFER et al., 2011; SORATTO et al., 2012).

Outra hipótese está relacionada à composição dos grãos de trigo o qual é constituído por 7,8 a 8,6% de pericarpo, 87 a 89% de endosperma e 2,8 a 3,5% de gérmen (QUAGLIA, 1991). O endosperma por sua vez consiste numa matriz proteica, no qual está inserido grande número de grânulos de amido e quanto maiores suas concentrações mais elevados serão os valores da MH e, em geral, maior a extração de farinha (GUTKOSKI et al., 2011). Resultados encontrados por Ahmad et al. (2013) na cultura do arroz confirmam que acréscimos no teor de amido dos grãos foram observados conforme aumentava-se a dose de Si aplicado.

Além disso, o silício tem efeito na indução de resistência às doenças fúngicas, como antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*), entre outras (DOMICIANO et al., 2010; MORAES et al., 2006). Porém, os mecanismos de defesa de supressão dos patógenos não são completamente conhecidos, esse pode ocorrer pelo aumento do silício na parede celular que impede o crescimento e a penetração do fungo e de outros patógenos nos tecidos da planta e/ou pela ativação dos mecanismos naturais de defesa da planta como, por exemplo, a produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases e acúmulo de lignina (GOMES et al., 2008).

Quanto ao componente cultivares, verificou-se diferença significativa para as variáveis NP, EP, MH, MMG e PG, sendo esse resultado das

diferenças genotípicas inerentes a cada cultivar, como ciclos, origens e exigências tecnológicas e produtivas (Tabela 1).

A PG é dependente das variáveis EP, NE e MMG. As cultivares que apresentaram maiores PG foram Brs 327, Toruk e Quartzo (Tabela 2). O NP segundo Da Silveira et al. (2010) deve ser superior a 330 plantas por m². Apesar disso, os diferentes cultivares apresentaram capacidades distintas de emissão de perfilhos, os quais produzem espiga, o que homogeneizou o NE por área, não havendo diferença para essa variável. A capacidade das plantas em produzir perfilhos férteis e, por consequência espigas, permite que haja uma homogeneização dos tratamentos, pela regulação dos cultivares em adequação do estande quanto à capacidade de suporte do ambiente que a planta se encontra (VALÉRIO et al., 2013).

A MMG varia conforme o genótipo, mas também é influenciada pelas condições ambientais e práticas de manejo, tais como a nutrição das plantas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Neste estudo a MMG foi maior nas cultivares Sintonia, Prisma e Brs 327 sendo essa não influenciada pela aplicação de Si (Tabela 2).

Em geral, os solos possuem quantidades de Si entre 14 e 20 mg L⁻¹, sendo essas suficientes para interagirem positivamente com o desenvolvimento das plantas (FLOSS, 2011). Deve-se considerar também que não houve estresse por deficiência hídrica e/ou por ambiente salino que pudesse permitir o melhor desempenho do Si sobre os demais, como verificado por Karmollachaab et al. (2013) e Tahir et al. (2006).

Assim, entende-se que as características avaliadas de diferentes cultivares e condições de estudo, com exceção da MH para algumas cultivares, não se alteram devido a aplicação de Si quando as plantas são cultivadas em ambientes livres de estresses.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação foliar de silício na cultura do trigo proporcionou o acréscimo da massa de hectolítro das cultivares Tec Frontale, Quartzo, Mestre, Toruk, Tec 10, Dna Oro e Iguacú.

Os componentes de produtividade não foram alterados pela aplicação foliar de silício.

As demais diferenças observadas (número de plantas, estatura de plantas e massa de mil grãos) são atribuídas às variações entre as cultivares de trigo.

REFERÊNCIAS

AHMAD, A. et al. Effect of foliar application of silicon on yield and quality of rice (*Oryza Sativa* L). **Cercetari Agronomice in Moldova**, v. 46, n. 3, p. 21-28, 2013. <https://doi.org/10.2478/v10298-012-0089-3>

AHMAD, S. T.; HADDAD, R. Study of silicon effects on antioxidant enzyme activities and osmotic adjustment of wheat under drought stress. **Czech Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 47, n. 1, p. 17-27, 2011. <https://doi.org/10.17221/92/2010-CJGPB>

ALI, A. et al. Augmenting the salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) through exogenously applied silicon. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 3, p. 642-649, 2012. DOI: 10.5897/AJB11.3220

ALVAREZ, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507

ANDRADE, F. A.; ANDRADE, C. G. T. J.; MIGLIORANZA, E. Detecção de sílica em folha bandeira de trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2555-2562, 2012. DOI: 10.5433/1679-0359.2012v33Supl1p2555

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: Funep, 2000.

CONAB - Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quarto levantamento, janeiro 2018**. 2018. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 03 de março de 2018.

CONAB - Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quarto levantamento, agosto 2019**. 2019. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 01 de setembro de 2019.

Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias. Paranaguá, PR, v.05, n.02, p. 3-01-15, mar./dez., 2020

CONAB - Companhia nacional de abastecimento. **Título 64 – Normas específicas de trigo – safra 2017/2018. 2018.** Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/conabweb/>>. Acesso em: 03 de março de 2018.

COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; COSTA, R. R. Interação silício-imida croprid no comportamento biológico e alimentar de *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 455-460, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000200014>

CORNELIS, J. T. et al. Identification and distribution of the readily soluble silicon pool in a temperate forest soil below three distinct tree species. **Plant and Soil**, v. 342, n. 1, p. 369-378, 2011. DOI 10.1007/s11104-010-0702-x

DA SILVEIRA, G. et al. Efeito da densidade de semeadura e potencial de afilhamento sobre a adaptabilidade e estabilidade em trigo. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 63-70, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000100009>

DOMICIANO, G. P. et al. Silício no progresso da mancha marrom na folha bandeira do trigo. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, n. 3, p. 86-189, 2010.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa, 2013.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of national academy of sciences of de USA**, v. 91, n. 1, p. 11-17, 1994. DOI: 10.1073/pnas.91.1.11

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology**, v. 50, n. 1, p. 641-664, 1999. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.50.1.641>

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

FIGUEIREDO, F. C.; RODRIGUES, C. R. Silício Líquido Solúvel: A sinergia entre a nutrição e defesa de plantas. **Campos & Negócios**, v. 5, n. 1, p. 12-15, 2007.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê.** Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2011.

GIONGO, V. BOHNEM, H. Relation between aluminum and silicon in maize genotypes resistant and sensitive at aluminum toxicity. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 3. p. 348-356, 2011.

GOMES, F. B. et al. Uso de silício como indutor de resistência em batata a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, v.

Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias. Paranaguá, PR, v.05, n.02, p. 3-01-15, mar./dez., 2020

37, n. 2, p. 185-190, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2008000200013>

GUARIENTE, E. M. **Qualidade industrial de trigo**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1996.

GUTKOSKI, L. C. et al. Características tecnológicas de genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivados no cerrado. **Ciência Agrotecnológica**, v. 31, n. 3, p. 786-792, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000300027>

HELDWEIN, A. B.; BURIOL, A. G.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, v. 38, n. 1, p. 43-58, 2009.

HIRADATE, S. Utilization and research of silicon in recent agriculture: 2. Dissolution of silicic acid from soils and soil minerals. **Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 83, p. 455-461, 2012.

HUNT, J. W. et al. A novel mechanism by which silica defends grasses against herbivory. **Annals of Botany**, v. 102, n. 4, p. 653-656, 2008. doi: 10.1093/aob/mcn130

JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A. Silica in soils, plants, and animals. In: **Advances in agronomy**. Academic Press, 1967. p. 107-149.

KNIGHT, C. T. G; KINRADE, S. D. A primer on the aqueous chemistry of silicon. In: **Studies in Plant Science**. Elsevier, 2001. p. 57-84.

KARMOLLACHAAB, A. et al. Effect of Silicon application on physiological characteristics and grain yield of wheat under drought stress condition. **International journal of Agronomy and Plant Production**, v. 4, n. 1, p. 30-37, 2013. DOI: 10.9755/ejfa.v12i1.5170

KEEPING, M. G.; KVEDARAS, O. L.; BRUTON, A. G. Epidermal silicon in sugarcane: Cultivar differences and role in resistance to sugarcane borer *Eldana saccharina*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 66, n. 1, p. 54-60, 2009. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2008.12.012

KORNDÖRFER, A. P.; GRISOTO, E.; VENDRAMIM, J. D. Induction of insect plant resistance to the spittlebug *Mahanarva fimbriolata* Stal (Hemiptera: Cercopidae) in sugarcane by silicon application. **Neotropical entomology**, v. 40, n. 3, p. 387-392, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2011000300013>

LARGE, E. C. Growth stages in cereals illustration of the Feekes scale. **Plant pathology**, v. 3, n. 4, p. 128-129, 1954. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1954.tb00716.x>

LIANG, Y. et al. Effects of silicon on H⁺-ATPase and H⁺-PPase activity, fatty acid composition and fluidity of tonoplast vesicles from roots of salt-stressed

Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias. Paranaguá, PR, v.05, n.02, p. 3-01-15, mar./dez., 2020

barley (*Hordeum vulgare* L.). **Environmental and Experimental Botany**, v. 53, n. 1, p. 29-37, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2004.02.010>

DE LIMA FILHO, O. F.; TSAI, S. M. Crescimento e produção do trigo e da aveia branca suplementados com silício. **Embrapa Agropecuária Oeste-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2007.

MA, J. F.; TAKAHASHI, E. **Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan**. Amsterdam: Elsevier Science., 2002.

MA, J. F. et al. Role of root hairs and lateral roots in silicon uptake by rice. **Plant Physiology**, v. 127, n. 4, p. 1773-1780, 2001.

MORAES, S. R. G et al. Efeito de fontes de silício na incidência e na severidade da antracnose do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 69-75, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582006000100012>

MUNDSTOCK, C. M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. Porto Alegre: Editora do Autor, 1998.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnologia de La panificación**. Zaragoza: Acribia., 1991.

SORATTO, R. P. et al. Leaf application of silicic acid to white oat and wheat. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1538-1544, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000500018>

STORCK, L. et al. **Experimentação vegetal**. Santa Maria: UFSM, 2000.

TAHIR, M. A. et al. Beneficial effects of silicon in wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. **Pakistan Journal of Botany**, v. 38, n. 5, p. 1715-1722, 2006.

TAKAHASHI, E.; MIYAKE, Y. Silica and plant growth. In: **Proceedings of the International Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture**. 1977.

TAVARES, L. C. et al. Adubação silicatada em trigo: rendimento e qualidade de sementes. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 113, n. 1, p. 94-99, 2014.

TUBAÑA, B. S.; HECKMAN, J. R. Silicon in soils and plants. In: RODRIGUES, F. A.; DATNOFF, L. E. **Silicon and Plant Diseases**. Springer: Cham, Switzerland. 2015. p. 7-51.

VALÉRIO, I. P. et al. Seeding density in wheat: the more, the merrier? **Scientia Agricola**, v. 70, n. 3, p. 176-184, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162013000300006>

XU, G. et al. Assessing methods of available silicon in calcareous soils. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 32, n. 5-6, p. 787-801, 2001. <https://doi.org/10.1081/CSS-100103909>

Enviado em: 12/09/2019

Aceito em: 23/08/2020

Editor Chefe: Prof. Dr. Everaldo dos Santos