

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XX Jornada de Pesquisa

## **EFEITOS DO SILÍCIO SOBRE PARÂMETROS FOTOSSINTÉTICOS EM PLANTAS DE BATATA CULTIVADAS SOB ESTRESSE DE ALUMÍNIO<sup>1</sup>**

**Luana De Campos De Jesus<sup>2</sup>, Athos Odin Severo Dorneles<sup>3</sup>, Aline Soares Pereira<sup>4</sup>, Katieli Bernardy<sup>5</sup>, Liana Veronica Rossato<sup>6</sup>, Luciane Almeri Tabaldi<sup>7</sup>.**

<sup>1</sup> DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGROBIOLOGIA DA UFSM.

<sup>2</sup> Bolsista Cnpq, aluno do Curso de Graduação em Engenharia Florestal da UFSM. luanacamppos@yahoo.com

<sup>3</sup> Biólogo, Msc. Agrobiologia/UFSM. athos\_odin@hotmail.com

<sup>4</sup> Bióloga, mestranda em Agrobiologia da UFSM. Bolsista CAPES. lyne\_asp@hotmail.com

<sup>5</sup> Bióloga, Msc. em Agrobiologia/UFSM. katibernardy@hotmail.com

<sup>6</sup> Pós Doc. do Departamento de Biologia, UFSM. liana.rossato@gmail.com

<sup>7</sup> Prof. Dr<sup>a</sup> do Departamento de Biologia, UFSM. lutabaldi@yahoo.com.br

No Brasil, os problemas relacionados com o aumento da concentração de metais em solos têm relação com as atividades agrícolas e industriais. Além dos fertilizantes fosfatados, a aplicação repetida de biossólido, lodo de esgoto e resíduos agroindustriais fazem com que as concentrações de metais nos solos agrícolas aumentem, principalmente de alumínio (Al). O Al é um fator limitante de crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo o sintoma mais visível de toxidez a redução do crescimento do sistema radicular, causada por diferentes mecanismos, que atuam fora ou no interior das células. Entre as alternativas para solucionar os problemas com este metal tóxico no crescimento de plantas está o uso de elementos tidos até então como benéficos. Entre estes elementos está o silício (Si), que pode atuar na redução de estresses bióticos e abióticos, incluindo os provocados pela toxidez de Al. Deste modo, é de grande importância o desenvolvimento de estratégias que resultem em menor absorção e acúmulo pelas plantas de elementos tóxicos presentes no solo, principalmente quando se trata de plantas alimentícias. Nesse sentido, a batata (*Solanum tuberosum* L.) é um dos principais alimentos para a humanidade, consumida por mais de um bilhão de pessoas em todo mundo, sendo muito sensível a estresses abióticos como seca, frio, salinidade e alta irradiação. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar os efeitos da interação entre o Si e o Al sobre parâmetros fotossintéticos em genótipos de batata com distinta sensibilidade ao Al (SMIJ319-7, sensível ao Al, e SIMF212-3, tolerante ao Al).

Os ensaios foram desenvolvidos no Laboratório de Biotecnologia Vegetal, Laboratório de Bioquímica de Plantas e nas casas de vegetação pertencentes ao Departamento de Biologia da Universidade Federal de Santa Maria. Foram usados dois genótipos de batata, SMIJ319-7 (sensível ao Al) e SIMF212-3 (tolerante ao Al) (ROSSATO, 2014), obtidos do Programa de Genética e Melhoramento da Batata, UFSM, Santa Maria, RS, os quais foram propagados in vitro por 25 dias em meio de cultivo MS (MURASHIGE; SKOOG, 1962), suplementado com 30 g L<sup>-1</sup> de sacarose, 0,1 g L<sup>-1</sup> de mio inositol e 6 g L<sup>-1</sup> de ágar. Após esse período, as plantas foram transferidas para bandejas plásticas com capacidade de 17 L contendo solução nutritiva completa, objetivando a aclimatização. Cada bandeja suportou 30 plantas. As plantas foram expostas a uma solução nutritiva

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** XX Jornada de Pesquisa

completa por três dias. A solução nutritiva teve a seguinte composição (em  $\mu\text{M}$ ): 6090,5 de N; 974,3 de Mg; 4986,76 de Cl; 2679,2 de K; 2436,2 de Ca; 359,9 de S; 243,592 de P; 0,47 de Cu; 2,00 de Mn; 1,99 de Zn; 0,17 de Ni; 24,97 de B; 0,52 de Mo; 47,99 de Fe ( $\text{FeSO}_4/\text{Na-EDTA}$ ). Após este período de aclimação, as plantas foram cultivadas por quatorze dias em uma nova solução nutritiva (sem fósforo e pH  $4,5 \pm 0,1$ ) expostas a combinações de duas concentrações de Al (0 e 50 mg L<sup>-1</sup> ( $\text{AlCl}_3$ )) e três concentrações de silício (Si) (0; 0,5 e 1,0 mM ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )). Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições por tratamento e quinze plantas por repetição, para cada genótipo. Com exceção do Al e do Si, as concentrações dos outros elementos minerais na solução nutritiva foram as mesmas para todos os tratamentos. A solução nutritiva com os tratamentos foi substituída a cada sete dias e o pH foi ajustado diariamente.

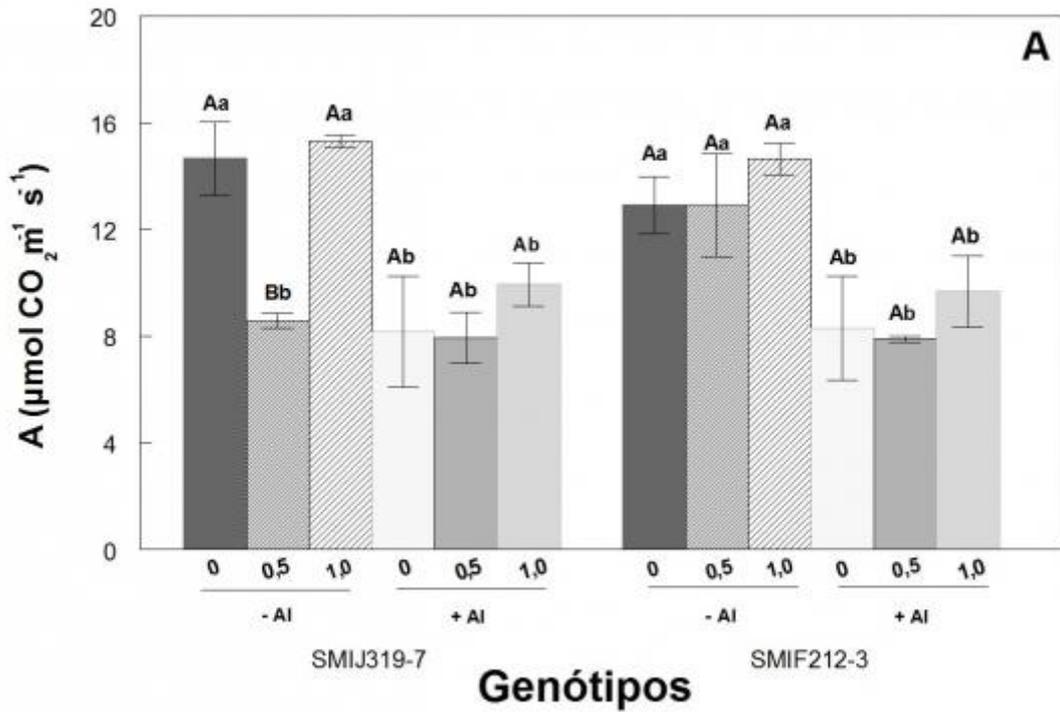
Após o período de exposição aos tratamentos, foram realizadas as avaliações dos parâmetros fotossintéticos na quarta folha completamente expandida de duas plantas por repetição. As avaliações foram realizadas no período entre as 8 e 11h com a utilização do medidor portátil IRGA, marca LI-COR, modelo LI-6400XT. Foram determinadas a condutância estomática de vapores de água ( $G_s$  - mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), a taxa fotossintética ( $A$  -  $\mu\text{mol CO}_2$  m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), a concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $\text{C}_i$  - mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), taxa transpiratória ( $T_{\text{rmmol}}$  - mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e a eficiência do uso da água (EUA - mol CO<sub>2</sub> mol H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>) obtida pela relação entre quantidade de CO<sub>2</sub> fixado pela fotossíntese e quantidade de água transpirada.

Os dados foram analisados conforme experimento bifatorial (genótipos x tratamentos) através de análise de variância e teste de Scott Knott para os tratamentos em 5% de probabilidade de erro, utilizando o aplicativo Sisvar (FERREIRA, 2008).

Os dados de taxa fotossintética (Fig. 1A) mostram diferença significativa entre os tratamentos dentro de cada genótipo. As taxas fotossintéticas foram reduzidas na presença do Al em ambos os genótipos bem como no tratamento contendo apenas 0,5 mM de Si para o genótipo sensível ao Al (SMIJ319-7). Embora trabalhos na literatura mostrem o efeito amenizador do Si sobre parâmetros fotossintéticos em outras espécies vegetais sob estresse de metais (ALI et al., 2013; SONG et al., 2014), no presente estudo tal efeito não foi observado. Portanto, o Si não amenizou de forma significativa os danos promovidos pelo Al sobre as taxas fotossintéticas em ambos os genótipos. Essa pode ser uma resposta dose-dependente ou variável entre as espécies. No comparativo entre os genótipos, o SMIJ319-7 apresentou menor taxa fotossintética na presença de 0,5 mM de Si no meio de crescimento, comparado com o SMIF212-3.

A condutância estomática (Fig. 1B) apresentou respostas semelhantes às da taxa fotossintética no genótipo SMIJ319-7 (sensível ao Al). Porém, SMIJ319-7 apresentou uma condutância maior no tratamento controle e na presença de 1,0 mM de Si quando comparado com o SMIF212-3 (tolerante ao Al). No entanto, na menor concentração de Si sem Al (0,5 mM) o SMIJ319-7 apresentou menor condutância estomática, comparado com o SMIF212-3. Ambos os genótipos sofreram redução na condutância estomática (Fig. 1B) quando foram expostos ao tratamento contendo apenas 0,5 mM de Si no meio de crescimento em relação ao controle, e o Si não amenizou esse efeito negativo do Al para este parâmetro.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico  
Evento: XX Jornada de Pesquisa



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico  
Evento: XX Jornada de Pesquisa

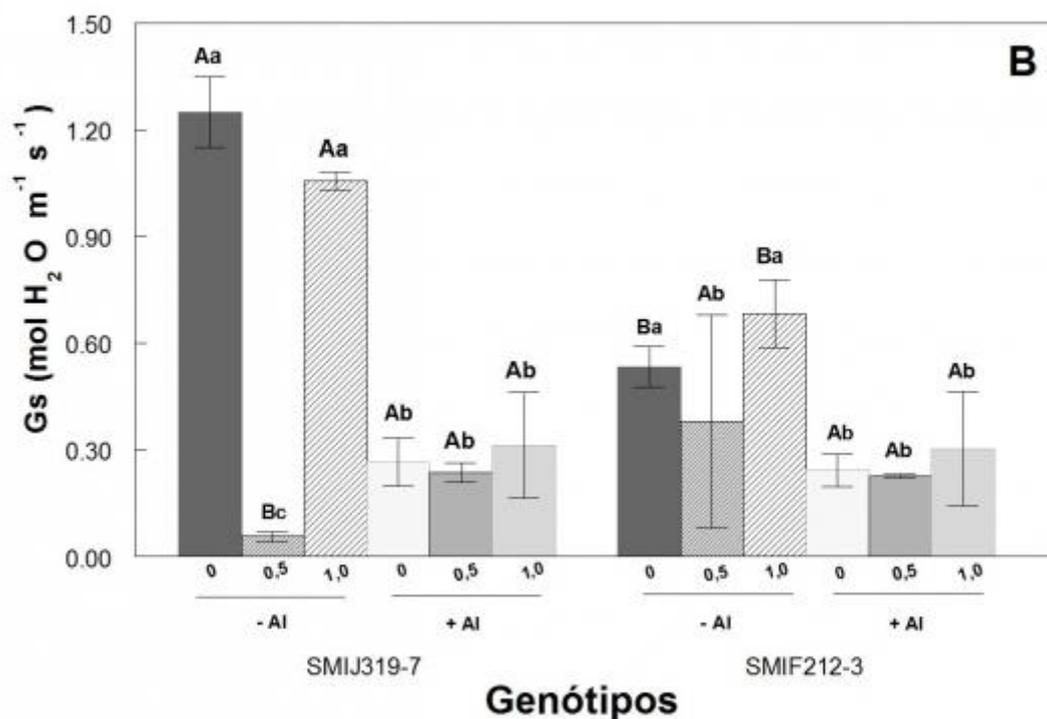


Figura 1 – Efeito de concentrações de silício (0; 0,5 e 1,0 mM) sobre a taxa fotossintética (A) e condutância estomática (B) em dois genótipos de batata, SMIJ319-7 (sensível ao Al) e SMIF212-3 (tolerante ao Al) cultivados na presença (+Al; 50 mg L<sup>-1</sup>) ou ausência de Al (-Al). Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos dentro do mesmo genótipo. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os genótipos dentro do mesmo tratamento.

O Si na concentração de 0,5 mM promoveu uma redução na concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) e na taxa de transpiração em ambos os genótipos e uma maior eficiência de uso da água (EUA) (Tabela 1) no SMIJ319-7. Além disso, a presença de Al no meio de crescimento também promoveu uma redução na taxa de transpiração em ambos os genótipos. O genótipo SMIJ319-7 apresentou menor concentração interna de CO<sub>2</sub> e taxa de transpiração na presença de 0,5 mM de Si sem Al e, maior EUA que o genótipo SMIF212-3. Além disso, SMIJ319-7 apresentou maior taxa de transpiração nas plantas controle, comparado com o genótipo SMIF212-3.

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XX Jornada de Pesquisa

<i>Genótipo</i>	<i>Tratamentos</i>	<i>Ci</i>	<i>Trmmol</i>	<i>EUA</i>
SMIJ319-7	Controle	349,49 ± 2,45 Aa	5,73 ± 0,03 Aa	2,56 ± 0,22 Ab
	0,5 Si	134,36 ± 36,5 Bb	0,88 ± 0,20 Bc	10,6 ± 2,95 Aa
	1,0 Si	344,05 ± 1,51 Aa	5,31 ± 0,06 Aa	2,88 ± 0,08 Ab
	Al	360,74 ± 35,8 Aa	3,53 ± 0,54 Ab	1,94 ± 1,47 Ab
	0,5 Si + Al	319,56 ± 9,93 Aa	2,34 ± 0,15 Ab	3,46 ± 0,60 Ab
	1,0 Si + Al	310,79 ± 24,7 Aa	2,81 ± 0,97 Ab	3,90 ± 1,06 Ab
SMIF212-3	Controle	328,06 ± 2,99 Aa	4,07 ± 0,29 Ba	3,20 ± 0,05 Aa
	0,5 Si	281,02 ± 52,6 Ab	2,98 ± 1,66 Ab	4,77 ± 1,67 Ba
	1,0 Si	333,29 ± 2,67 Aa	4,59 ± 0,23 Aa	3,20 ± 0,03 Aa
	Al	341,80 ± 50,0 Aa	3,28 ± 0,84 Ab	2,69 ± 2,09 Aa
	0,5 Si + Al	321,34 ± 1,86 Aa	2,40 ± 0,01 Ab	3,30 ± 0,05 Aa
	1,0 Si + Al	315,68 ± 22,6 Aa	2,85 ± 1,06 Ab	3,63 ± 0,89 Aa

\*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre genótipos dentro do mesmo tratamento. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos dentro do genótipo.

Tabela 1 – Efeito de concentrações de silício (0; 0,5 e 1,0 mM) sobre a concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci -  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), taxa transpiratória (Trmmol –  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e Eficiência do Uso da Água (EUA -  $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ ), em dois genótipos de batata, SMIJ319-7 (sensível ao Al) e SMIF212-3 (tolerante ao Al) cultivados na presença (+Al; 50  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) ou ausência de Al (-Al). \*

Os resultados do presente estudo mostraram que o Al promoveu uma redução nas taxas transpiratórias de ambos os genótipos de batata e que o Si não amenizou de forma significativa os efeitos tóxicos do Al. Contudo, estas reduções na taxa transpiratória e condutância estomática podem estar relacionadas à maior EUA (Tabela 1), que apresentou valores maiores na concentração de 0,5 mM de Si, na ausência de Al, para o genótipo sensível ao Al (SMIJ319-7). Isso pode ser consequência da menor taxa transpiratória (Tabela 1). No entanto, o genótipo SMIF212-3 obteve maior crescimento do que o SMIJ319-7, possivelmente devido a melhor eficiência deste genótipo na utilização do CO<sub>2</sub> absorvido. Os fatores sugeridos acima podem ter influenciado nas tendências do Si em amenizar os efeitos do Al. Embora o Si não tenha aumentado as taxas fotossintéticas em relação ao controle na presença de Al, as plantas que foram tratadas com Al e Si mostram uma tendência no aumento destas taxas na maior dose de Si (1,0 mM) utilizada neste trabalho.

O Al apresentou efeitos negativos sobre os parâmetros fotossintéticos de ambos os genótipos de batata e o Si não se mostrou eficaz na amenização dos efeitos tóxicos do Al. Ainda assim, experimentos mais longos são necessários para melhor investigar o potencial do Si em amenizar os efeitos tóxicos do Al em plantas de batata.

Palavras-chave: Fotossíntese. *Solanum tuberosum* L. Alumínio. Silício.

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XX Jornada de Pesquisa

#### Referencia

ALI, S. et al. The influence of silicon on barley growth, photosynthesis and ultra-structure under chromium stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.89, p.66–72, 2013.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises estatísticas e ensino de estatística. *Revista Symposium*, v.6, n.8, p.36-41, 2008.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Plant Physiology*, v.6, n.15, p.473-497, 1962.

ROSSATO, L. V. Respostas fisiológicas e Bioquímicas ao estresse de alumínio e fósforo em genótipos de batata (*Solanum tuberosum*). Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, p.151, 2014.

SONG, A. et al. The effect of silicon on photosynthesis and expression of its relevant genes in rice (*Oryza sativa* L.) under high-zinc stress. *PLoS ONE*, v.9, n.11, p.1-21, 2014.