

DETERMINAÇÃO DE CLOROFILA EM FOLHAS DE COUVE-FLOR NO DESENVOLVIMENTO INICIAL SOBRE DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE SILÍCIO

GUSTAVO SOARES WENNECK¹, RENI SAATH², ROBERTO REZENDE³,
LARISSA LEITE DE ARAÚJO⁴, ANDRÉ FELIPE BARION ALVES ANDREAN⁵,
DANILO CESAR SANTI⁶

¹ Eng. Agrônomo, mestrando em agronomia, Universidade Estadual de Maringá, email:gustavowenneck@gmail.com

² Eng.^a Agrícola, Professora Dr.^a, Universidade Estadual de Maringá, Fone (44) 3011-5428, e-mail: rsaath@uem.br

³ Eng. Agrícola, Professor Dr., Universidade Estadual de Maringá, Fone (44) 3011-1317, e-mail: rrezende@uem.br

⁴ Discente de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, e-mail: larissa_leite_araujo@hotmail.com

⁵ Eng. Agrônomo, doutorando em agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Fone, email:andre_andrian@hotmail.com

⁶ Eng. Agrônomo, mestrando em agronomia, Universidade Estadual de Maringá, e-mail: danilosantiago@gmail.com

Apresentado no

XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020

23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: O teor de clorofila está relacionado as condições fisiológicas das plantas, podendo ser mensurado de forma indireta, permitindo a obtenção de resultados imediatos por técnica não destrutiva. O trabalho teve como objetivo analisar o teor de clorofila em folhas de couve-flor, durante o desenvolvimento inicial, submetida à diferentes níveis de irrigação e doses de silício. O trabalho foi desenvolvido em ambiente protegido, adotando delineamento de blocos ao acaso, em fatorial 3x4 sendo três níveis de irrigação (40, 70 e 100% da evapotranspiração diária), quatro doses de silício (0, 17, 33 e 50 kg ha⁻¹) e 4 repetições. O silício, utilizando como fonte óxido de silício (SiO₂), foi aplicado no solo aos 13 dias após o transplante (DAT). A análise da clorofila foi realizada 20 DAT, com medidor portátil, em folhas totalmente desenvolvidas. Os dados foram submetidos a análise de variância, as médias comparadas pelo teste Tukey (p<0,05) e análise da regressão. Nas condições de 40% e 100% de reposição da evapotranspiração diária não houve efeito significativo no teor de clorofila em função da aplicação de silício. O teor de clorofila foi superior na dose de 50 kg ha⁻¹ de Si na condição de reposição de 70% da evapotranspiração diária.

PALAVRAS-CHAVE: *Brassica oleracea* var. *Botrytis*; Déficit hídrico; Elemento benéfico.

CHLOROPHYLL DETERMINATION IN LEAVES OF CAULIFLOWER IN THE INITIAL DEVELOPMENT ON DIFFERENT IRRIGATION LEVELS AND SILICON DOSES

ABSTRACT: The chlorophyll content related to the physiological conditions of the plants, and can be measured indirectly, allowing immediate results to be obtained by a non-destructive technique. The work aimed to analyze the chlorophyll content in cauliflower leaves, during the initial development, submitted to different levels of irrigation and doses of silicon. The work was developed in a protected environment, adopting a randomized block design, in a 3x4 factorial with three levels of irrigation (40, 70 and 100% of daily evapotranspiration), four doses of silicon (0, 17, 33 and 50 kg ha⁻¹) and 4 repetitions. Silicon, using silicon oxide

(SiO₂), applied to the soil at 13 days after transplanting (DAT). Chlorophyll analysis was performed 20 DAT, with a portable meter, on fully developed leaves. The data were subjected to analysis of variance, the means compared by the Tukey test ($p < 0.05$) and regression analysis. Under conditions of 40% and 100% replacement of daily evapotranspiration, there was no significant effect on the chlorophyll content due to the application of silicon. The chlorophyll content was higher in the dose of 50 kg ha⁻¹ of Si in the condition of replacement of 70% of the daily evapotranspiration.

KEYWORDS: *Brassica oleracea* var. *Botrytis*; Water deficit; beneficial element.

INTRODUÇÃO: O índice do teor de clorofila da folha é indicador das condições-nutricionais da planta, sendo que diagnóstico apresenta grande potencial para reposição de nutrientes e recomendação no manejo da cultura (NOGUEIRA et al, 2018), principalmente se associado a indicadores do solo. A determinação indireta de clorofila pode ser realizada utilizando equipamento portátil que termina valores com base na transmitância de luz em diferentes comprimentos de onda (MALAVOLTA, 2006), apresentando como vantagem ser técnica não destrutiva e com resposta instantânea.

A couve-flor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) em condições hídricas e nutricionais apropriadas desempenha de forma eficiente as trocas gasosas (BARRAL, 2019). No contexto agrícola, em função de aspectos relacionadas eficiência de manejo da irrigação, a demanda hídrica durante o ciclo, a condições ambientais e custos envolvidos, há dificuldade em manter condições hídricas ideais para cultura durante todo desenvolvimento. O silício (Si), embora não caracterizado como elemento essencial para o desenvolvimento das plantas, é considerado como elemento benéfico, capaz de melhorar o desenvolvimento em condições desfavoráveis (MALAVOLTA, 2006), atuando contra danos oxidativos e preservação da clorofila (CURVELO et al., 2013).

Em condições de estresse hídrico, a utilização do Si permite manter o potencial hídrico no tecido vegetal, além de favorece o desenvolvimento foliar (LIMA FILHO, 2011). Em solos intemperizados, o teor do Si é baixa, podendo ser fornecido para plantas através de fertilizantes silicatados como elemento principal, como óxido de silício, ou associado a outros nutrientes, como silicato de potássio e silicato de cálcio (MALAVOLTA, 2006). A dinâmica do elemento no desenvolvimento vegetal também está associado a cultura, apresentando maior acúmulo em gramíneas (MENEGALE et al., 2015).

Em hortaliças, a utilização do Si apresenta resultados positivos relacionados a resistência a cultura ao ataque de patógenos, resiliência produtiva em condições hídricas desfavorável e melhoria na qualidade final, com reflexos na pós-colheita dos produtos (LOZANO et al, 2018; CURVELO et al., 2019). Nesse sentido, o trabalho teve como objetivo analisar os teores de clorofila, mensurados por método indireto, no desenvolvimento inicial de couve-flor submetida a diferentes níveis de irrigação e doses de silício.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi desenvolvido no Centro Técnico de Irrigação (CTI) pertencente a Universidade Estadual de Maringá, localizada à 23°25'S, 51°57' O e 542 m de altitude, Maringá-PR. Foi adotado delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x4x4 com 3 níveis de irrigação (40, 70 e 100% da evapotranspiração), 4 doses (0, 17, 33 e 50 kg ha⁻¹) de silício e 4 blocos.

Foi utilizada a cultivar sharon, semeada em bandejas de polietileno de 128 células em substrato comercial e transplantadas 30 dias após a semeadura. O cultivo da couve-flor foi realizado em ambiente protegido, com dimensões de 25 m de comprimento, 7 m de largura e

3,5 m de pé direito. A evapotranspiração diária foi determinada com lisímetros de lençol freático de nível constante, instalados no interior do ambiente, e a reposição de água foi realizada via sistema de gotejamento, com vazão de 4 L h⁻¹. As doses de silício foram aplicadas utilizando o produto comercial Agrisil® (98% SiO₂) diluído em água, 13 dias após o transplântio (DAT).

A clorofila foi determinada aos 20 DAT, utilizando o medidor SPAD-502 Plus®, sendo mensurado em folhas totalmente expandidas. A análise estatística foi realizada utilizando o *software* SISVAR (Ferreira, 2019), com dados submetidos a análise de variância, as médias foram comparadas pelo teste Tukey, com 5% de significância, e análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os efeitos do Si são relacionados a espécie de cultivo, sendo consideradas acumuladoras ou não acumuladoras de acordo com velocidade de acúmulo, teor de Si e relação Si/Ca na matéria seca (LANA et al., 2003). Embora, em culturas acumuladoras as respostas sejam mais significativas, principalmente para produtividade, os benefícios são estudados para diversas espécies com resultados diretos e indiretos na morfologia e fisiologia vegetal (CURVÊLO et al., 2013; LIMA FILHO, 2011; MENEGALE et al., 2015; CURVELO et al., 2019). A absorção do elemento ainda é influenciado pela disponibilidade no solo e fornecimento através da fertilização (MALAVOLTA, 2006). Ao submeter os dados à análise de variância foi observado significância ($p \geq 0,05$) para os fatores bloco e dose (Tabela 1).

TABELA 1. Resumo da análise de variância.

| Fonte de variação | Graus liberdade | Soma de quadrados | Quadrado médio | Fc | Pr > Fc |
|-------------------|-----------------|-------------------|----------------|-------|---------|
| Bloco | 3 | 77,83 | 25,942 | 1,148 | 0,3327 |
| Lâmina (L) | 2 | 128,57 | 64,283 | 2,844 | 0,0621 |
| Dose (D) | 3 | 233,06 | 77,686 | 3,437 | 0,0191 |
| L*D | 6 | 288,38 | 48,064 | 2,127 | 0,0550 |
| Resíduo | 129 | 2734,82 | 22,602 | | |

Coeficiente de variação (%) = 8,86

Considerando a significância das fontes de variação (TABELA 1) e realizando o desdobramento da variável dose em cada nível de reposição (TABELA 2), foi obtido média significativamente superior para o teor de clorofila nas folhas, em condição de reposição de 70% da evapotranspiração diária, na dose de 50 kg ha⁻¹ de Si. Sendo o efeito do Si eficiente no incremento dos teores de clorofila em condições de restrição hídricas específicas.

No contexto de existir correlação entre o potencial hídrico foliar e a fotossíntese, em plantas estressadas, a redução do potencial prejudicou atividades enzimáticas no processo de fixação de CO₂ (KOONJAH et al., 2006), logo plantas de altos valores de potencial hídrico foliar naturalmente apresentam menores valores de produtividade. Pesquisas analisando o teor de clorofila nas folhas de couve-flor obtiveram incrementos no teor de clorofila em função de adubação bórica (SOUZA et al., 2015), e adubação com boro associado ao manejo de água com tensão de 25 kPa obtiveram respostas eficientes em relação à trocas gasosas (NOGUEIRA et al., 2018).

A efetividade do benefício do Si é variável quanto a cultura de interesse, teor no solo, características da fonte, presença de limitações e interação da planta com o ambiente, sendo observados efeitos indiretos associados a morfologia e eficiência fotossintética. Em algumas

condições, o resultado da aplicação sobre a produtividade não é significativo, como analisado por LANA et al. (2003) em tomate, e por LIMA et al. (2011) em feijão-caupi, ambos com à aplicação de silicato de cálcio. Entretanto, segundo LIMA et al. (2011), ao utilizar o Si na solução nutritiva foi possível aliviar os efeitos tóxicos do NaCl em mudas de milho.

Embora o fator lâmina de reposição de água não tenha apresentado efeito significativo sobre a couve-flor, relacionando ao índice SPAD, em pesquisa desenvolvida com a cultura aveia-branca ao analisar o manejo de irrigação na cultura, na reposição de 74,3% da ETC obteve-se maior índice de clorofila (COELHO et al., 2018). Considerando o silício o elemento benéfico em condições desfavoráveis (MALAVOLTA, 2006), na condição de reposição total da evapotranspiração (sem déficit hídrico), não foi observado efeito significativo das doses aplicadas (TABELA 2).

TABELA 2. Desdobramento do fator dose de Si nos níveis de reposição de água em relação ao teor de Clorofila (unidades SPAD) em folhas de couve-flor em desenvolvimento inicial.

| Reposição de água (%) ¹ | Dose de Silício (kg ha ⁻¹) | | | | DMS | Erro Padrão |
|------------------------------------|--|---------|----------|---------|------|-------------|
| | 0 | 17 | 33 | 50 | | |
| 40 | 54,23 a | 51,04 a | 49,50 a | 53,48 a | 5,33 | 1,44 |
| 70 | 52,24 b | 52,90 b | 54,20 ab | 59,13 a | 5,26 | 1,43 |
| 100 | 52,59 a | 54,06 a | 53,79 a | 54,51 a | 5,13 | 1,39 |

*Letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste Tukey, com 5% de significância. ¹Reposição realizada conforme evapotranspiração diária.

Na reposição de 40% em relação a evapotranspiração (déficit hídrico de 60% da evapotranspiração diária) não foram observadas diferenças significativas, podendo estar associado à limitação da ação do silício em déficit elevado, à variação dos resultados e a necessidade de avaliação em períodos, doses e técnicas diferentes das abordadas por este estudo. Com base na diferença significativa das doses de silício sobre a clorofila na reposição de 70% da evapotranspiração diária, foi realizada análise de regressão (FIGURA 1).

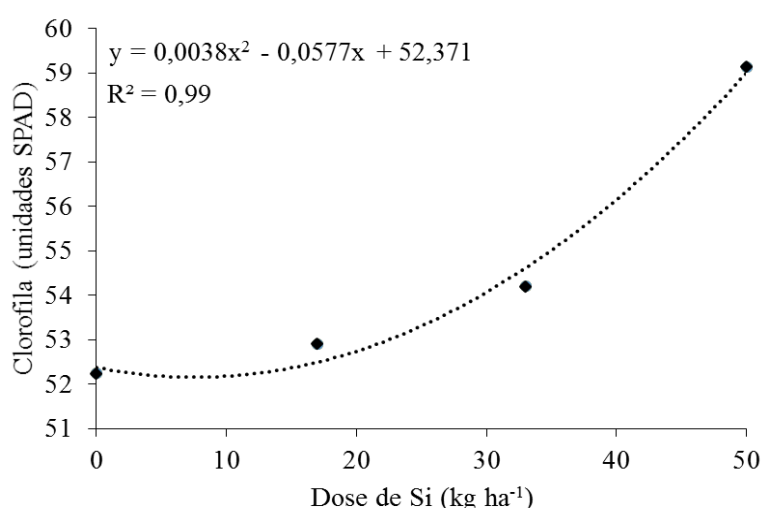


FIGURA 1. Clorofila em folhas de couve-flor submetida a reposição de água de 70% evapotranspiração diária, em função da aplicação de silício.

O teor de clorofila está diretamente relacionada a capacidade e eficiência fotossintética da planta, com consequência no desenvolvimento e rendimento em diversas culturas (NOGUEIRA et al., 2018). O índice SPAD considera a transmissão de luz entre 650 a 940 nm, faixa de absorção de luz pela clorofila, sendo adotado para estimar o teor de N e auxiliar de forma eficiente no manejo de pepino japonês e diversas outras culturas (PÔRTO et al., 2014). O incremento da quantidade de Si aplicada, na condição de 30% de déficit hídrico, elevou o teor de clorofila das folhas (FIGURA 1).

Conforme SOUZA (2018), a aplicação de Si foliar gera incremento no acúmulo do elemento, no crescimento, na produção e qualidade de hortaliças folhosas. Ainda, plantas são mais resilientes ao déficit hídrico ao serem submetidas a disponibilidade de Si por tempo prolongado (VIANA, 2015).

Além da eficiência do Si no teor de clorofila, abordado por este trabalho, e a eficiência no desenvolvimento vegetal, abordado na literatura, o elemento apresenta resultados significativos na pós-colheita com menor perda da massa fresca e cor, como obtidos em repolho por SOUZA (2014).

A necessidade de doses elevadas pode estar associada a retenção de silício pelos coloides com indisponibilidade parcial para a planta, relacionada a baixa concentração em solos tropicais (MENEGALE et al., 2015), sendo necessário novos estudos com quantidades superiores a 50 kg ha⁻¹ e/ou aplicações foliares tornando mais disponível.

CONCLUSÕES: Nas condições de 40 e 100% de reposição da evapotranspiração diária, o silício não apresentou efeito significativo sobre o teor de clorofila, determinado pelo método indireto.

Com déficit hídrico de 30%, em relação a evapotranspiração diária, a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de Silício no solo elevou o teor de clorofila em folhas de couve-flor no desenvolvimento inicial.

AGRADECIMENTOS: À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), financiamento código 001; à Universidade Estadual de Maringá (UEM) pela estrutura; e a empresa Agrobiológica soluções naturais pela doação de material para desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS:

BARRAL, D. S. **Avaliação das trocas gasosas na cultura da couve-flor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) submetidas a diferentes tensões de água no solo e doses de boro.** Universidade Federal Rural da Amazônia, 2019, 53p.

COELHO, A. P.; FARIA, R. T.; DARLI, A. B.; PALARETTI, L. F.; ZANINI, J. R. Clorofilômetro portátil como forma de manejo da irrigação e adubação nitrogenada em aveia-branca. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.12, n.2, p.2542-2553, 2018.

CURVELO, C. R. S.; FERNANDES, E. F.; DINIZ, L. H. B.; PEREIRA, A. I. A. Desempenho agrônomico da couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) em função da adubação silicatada. **Revista Agricultura Neotropical**, v.6, n.1, p.87-91, 2019.

CURVÊLO, C. R. S.; RODRIGUES, F. A.; PEREIRA, L. F. SILVA, L. C.; DAMATTE, F. M.; BERGER, P. G. Trocas gasosas e estresse oxidativo em plantas de algodoeiro supridas com silício e infectadas por *Ramularia areola*. **Bragantia**, v. 72, n.4, 2013.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects Split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, n.4, p.529-535, 2019.

KOONJAH, S. S.; WALKER, S.; SINGELS, A.; VAN ANTWERPEN, R.; NAYAMUTH, A. R. A quantitative study of water stress effect on sugarcane photosynthesis. **Proceedings South African Sugar Technology Association**, Pretoria, v. 80, p. 148-158, 2006.

LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; SILVA, A. F.; LANA, A. M. Q. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro. **Bioscience Journal**, v.19, n.2, p.15-20, 2003.

LIMA FILHO O. F. **O silício é um fortificante e um antiestressante natural para as plantas**. 2011. Disponível em: <<https://www.agrogushi.com.br/o-silicio-e-um-fortificante-e-antiestressante-natural-para-as-plantas>>. Acesso em: mar. 2020.

LIMA, M. A.; CASTRO, V. F.; VIDAL, J. B.; ENÉAS-FILHO, J. Aplicação de silício em milho e feijão-de-corda sob estresse salino. **Revista Ciência Agrônômica**, v.42, n.2, p.398-403, 2011.

LOZANO, C. S.; REZENDE, R.; HACHMANN, T. L.; SANTOS, F. A. S.; LORENZONI, M. Z.; SOUZA, Á. H. C. Produtividade e qualidade de melão sob doses de silício e lâminas de irrigação em ambiente protegido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 2, p. p. 140-146, 2018.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. 1 ed., São Paulo: Editora Agrônômica Ceres, 2006, 638p.

MENEGALE, M. L. C.; CASTRO, G. S. A.; MANCUSO, M. A. Silício: interação com o sistema solo-planta. **Journal of Agronomic Sciences**, v.4, n. especial, p.435-454, 2015.

NOGUEIRA, B.B.; IGLESIAS, L.; MESQUITA, J.V.; NAKATANI, M.C.; PUTTI, F.F. Índice SPAD em plantas de tomateiro cultivado em fibra de coco e submetido a pulsos de fertirrigação. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v.12, n.1, p.1-6, 2018.

PÔRTO, M. L. A.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; ALVES, J. C. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura do pepino japonês em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.32, p.292-296, 2014.

SOUZA, J. A.; MORAES, V. R. NASCIMENTO, R.; MOREIRA, A. **Teor de clorofila na couve-flor em função de fontes e doses de boro**. In: REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO, 4, Cascavel, 2015. Desafios da ciência do solo no contexto das diferentes agriculturas do Paraná: resumos. Curitiba: SBCS, 2015.

SOUZA, J. Z. **Fontes e concentrações de silício foliar na produção e na qualidade da acelga e da couve**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018. 26p.

SOUZA, R. S. **Efeitos da aplicação de silício sobre a qualidade pós-colheita do repolho (*Brassica oleracea* var. *Capitata* L.) durante o armazenamento**. Monografia - Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2014. 34 p.

VIANA, D. M. P. **Efeito do silício e irrigação na produtividade do tomate de mesa no sudeste Goiano**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Goiás, 2015. 66p.