



FILME DE PARTÍCULAS AUMENTA/PRESERVA TEORES DE CLOROFILA EM SOJA NÃO RECOMENDADA AO NORDESTE BRASILEIRO

Thiago Herbert Santos Oliveira¹, João Pedro Ferreira Barbosa², Lusivaldo Luiz dos Santos³, Anna Beatriz Nogueira de Araújo⁴, Genilza Almeida da Graça⁵, Júlio Renovato dos Santos⁶

1. Universidade Federal de Sergipe, e-mail: oliveira_engenheiro@hotmail.com;
2. Universidade Federal de Sergipe, e-mail: barbosapedro112@gmail.com;
3. Universidade Federal de Sergipe, E-mail: lusivaldosantos97@gmail.com;
4. Universidade Federal de Sergipe, e-mail: anna.b.n.araujo@gmail.com;
5. Universidade Federal de Sergipe, e-mail: almeidagenilza@hotmail.com;
6. Universidade Federal de Sergipe, e-mail: jrsagronomo@yahoo.com.br

RESUMO - A cultura da soja (*Glycine max* L.) enfrenta desafios em regiões com estresses abióticos, como altas temperaturas, luminosidade intensa e restrição hídrica, o que pode afetar as moléculas de clorofila. Neste contexto, a tecnologia de filme de partículas de cálcio tem se destacado como uma alternativa de mitigação de estresses abióticos. Com isso, objetivou-se avaliar os teores de clorofila em uma cultivar de soja não adaptada a região Nordeste do Brasil sob condições estressantes. O experimento foi conduzido em estufa agrícola sob condições de altas temperaturas e luminosidade oriundas do Nordeste brasileiro, sob três regimes hídricos (80, 40 e 20% da capacidade de campo do solo) e aplicação foliar de filme de partículas de óxido de cálcio na proporção de 6% e a testemunha livre de aplicação do mesmo. Os teores de clorofila *a* e *b* foram avaliados por meio de índices de clorofila Falker em folhas expostas à luz solar durante a fase vegetativa (V8). Os resultados demonstram que o filme de partícula contribuiu para a preservação/aumento dos teores de clorofila nas plantas. Concluiu-se o uso de filme de partícula de cálcio apresenta potencial para melhorar a adaptação de plantas de soja às condições adversas encontradas na região Nordeste do Brasil.

Palavras-chave: Estresses abióticos. Óxido de cálcio. Respostas adaptativas.

ABSTRACT - The soybean crop (*Glycine max* L.) faces challenges in regions with abiotic stress, such as high temperatures, intense light and water restriction, which can affect chlorophyll molecules. In this context, calcium particle film technology has emerged as an alternative for mitigating abiotic stresses. Thus, the objective was to evaluate the chlorophyll contents in a soybean cultivar not adapted to the Northeast region of Brazil under stressful conditions. The experiment was carried out in an agricultural greenhouse under conditions of high temperatures and light coming from the Brazilian Northeast, under three water regimes (80, 40 and 20% of the soil field capacity) and foliar application of calcium oxide particle film in the proportion of 6% and the control free of application of the same. Chlorophyll *a* and *b* contents were evaluated using Falker chlorophyll indices in leaves exposed to sunlight during the vegetative phase (V8). The results demonstrate that the particle film contributed to the



preservation/increase of chlorophyll contents in the plants. It was concluded that the use of calcium particle film has the potential to improve the adaptation of soybean plants to the adverse conditions found in the Northeast region of Brazil.

Keywords: Abiotic stresses. Calcium oxide. Adaptive responses.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é uma cultura de importância econômica e alimentar global, sendo uma fonte vital de proteína vegetal, óleos e outros compostos essenciais para a alimentação humana, animal e a indústria. A expansão contínua da produção de soja reflete sua crescente demanda no cenário mundial. A produção de soja no Brasil está concentrada principalmente nas regiões Centro-Oeste e Sul, contudo há uma expansão da cultura para a região Nordeste. No entanto, condições climáticas adversas encontradas na região, como altas temperaturas, alta luminosidade e restrição hídrica, podem danificar o aparato fotossintético (MONTROYA et al., 2019).

A clorofila, o pigmento responsável pela captação de luz e pela conversão da energia luminosa em energia química durante a fotossíntese, é essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Estresses abióticos podem desencadear uma série de respostas que diminuem os teores de clorofila. Isso ocorre devido à degradação da clorofila causada por processos oxidativos, à diminuição da síntese de clorofila e à perda de células foliares (DINIS et al., 2016; TAIZ et al., 2017; WANG et al., 2018).

Tais alterações nos níveis de clorofila não apenas comprometem a capacidade da planta de realizar a fotossíntese eficientemente, mas também podem servir como um indicador valioso da saúde das plantas sob condições de estresse abiótico, auxiliando na detecção precoce e no monitoramento dos impactos desses estresses e na implementação de medidas adequadas de manejo para mitigar seus efeitos prejudiciais. Diante deste cenário desafiador, a busca por estratégias inovadoras que possam mitigar o impacto de estresses abióticos nos teores de clorofila torna-se de extrema importância (NIEVOLA et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2022).

Uma abordagem que tem ganhado atenção considerável é a aplicação de filmes de partículas. Esses filmes apresentam propriedades únicas que podem ser exploradas para otimizar o manejo de culturas sob condições de estresse. O uso de filmes de partículas de cálcio tem se destacado como uma estratégia promissora na mitigação de estresses abióticos em



plantas. A aplicação da tecnologia cria uma barreira física que reduz a perda de água transpiração, reflete a luminosidade e melhora a temperatura foliar (SILVA et al., 2019; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2019).

Estudos sobre a utilização de filmes de partículas nos teores de clorofila em cultivares de soja não adaptadas à região Nordeste do Brasil possuem extrema relevância devido às condições ambientais desafiadoras dessa região, que incluem altas temperaturas, luminosidade intensa e escassez de água. Com isso, objetivou-se avaliar os teores de clorofila em uma cultivar de soja não adaptada a região sob condições estressantes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local da pesquisa

O experimento foi desenvolvido na Universidade Federal de Sergipe, localizada no município de São Cristóvão-SE, em estufa agrícola de fevereiro a março de 2023. O clima da região é caracterizado como tropical chuvoso, tendo temperatura média anual em torno de 25,2 °C (Oliveira et., 2019). As coordenadas geográficas de localização são: 10° 55' 46" de latitude sul e 37° 06' 13" de longitude oeste.

Procedimento metodológico

O semeio foi realizado em vasos com capacidade de 5,5 L, semeando-se cinco sementes da cultivar de soja BMX Cromo TF IPRO por vaso, com aproximadamente 2 cm de profundidade, após a emergência das plântulas, foi realizado desbaste, deixando-se somente a mais vigorosa por vaso. A adubação foi realizada de acordo com a análise de solo.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, tendo sido alocadas cinco repetições para cada tratamento. Os tratamentos em questão foram três manejos hídricos, controle (80% da capacidade de retenção de água no solo), estresse hídrico moderado (40% da capacidade de retenção de água no solo) e estresse hídrico severo (20% da capacidade de retenção de água no solo) em arranjo fatorial, com aplicação foliar de filme de óxido de cálcio na proporção de 6% e a testemunha livre de aplicação dele (controle).



A aplicação do filme de óxido de cálcio teve início quando as plantas se encontravam no estágio de desenvolvimento V5. A formulação dos filmes contendo o composto de cálcio foi efetuada através da mistura controlada de água nas quantidades desejadas. Após a devida preparação, a aplicação do filme foi realizada utilizando um dispositivo de pulverização elétrica costal (modelo Kawashima PEM-P20), com uma taxa de fluxo de $2,9 \text{ L min}^{-1}$ e uma pressão de 450 kPa, assegurando a distribuição uniforme das partículas nas plantas que apresentavam folhas de tonalidade clara. A reflectância registrada foi aproximadamente de 90%, sendo que as partículas utilizadas possuíam dimensões inferiores a $2 \mu\text{m}$. A reaplicação do filme ocorreu semanalmente ao longo de todo o ciclo de crescimento, mantendo o valor da luminosidade (*L*) constante, seguindo o protocolo descrito por Silva et al. (2019). As plantas invasoras foram removidas semanalmente com o auxílio de ferramentas apropriadas.

A mensuração dos teores de clorofila *a* e *b* se deu por meio dos índices de clorofila Falker, analisando-se a terceira folha totalmente expandida a partir da extremidade superior da planta, esta folha foi exposta à luz solar. Duas aferições foram realizadas para cada planta, durante o intervalo horário entre as 9h00 e 10h00, a fase vegetativa (estádio V8). A obtenção dos índices de clorofila Falker, foi realizada através do uso de um medidor de clorofila portátil (modelo ClorofiLOG CFL1030, produzido pela empresa Falker no Brasil), tal procedimento foi realizado seguindo as orientações fornecidas por Schlichting et al. (2015) e Krenchinski e et al. (2018). Seu mecanismo de operação é fundamentado na absorvância da luz emitida por diodos em três comprimentos de onda (λ), 635 e 660 nm (vermelho) e 880 nm (infravermelho), após atravessar a folha, a luz é detectada por fotodiodos de silício transmitindo os sinais de maneira analógica, o aparelho oferece leituras de absorvância, permitindo calcular o pool de clorofilas *a* e *b* (BARBIERI JÚNIOR et al., 2012).

Análise de dados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e posteriormente ao teste de Tukey ($p < 0,05$) no software no Sisvar 5,6 (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO



Os teores de clorofila *a* e *b* foram sensíveis ao uso do filme de partículas de cálcio, ocorreu um aumento de 20,98% para clorofila *a* e 31,68% para clorofila *b* nas plantas sob condições hídricas de controle, enquanto para plantas sob estresse hídrico moderado, ocorreram alterações em 25,92% para clorofila *a* e 52,25% clorofila *b*, todavia nas plantas sob estresse hídrico severo, o filme de partículas não influenciou no aumento/manutenção dos teores de clorofila (Tabela 1).

Tabela 1. Teores de clorofila *a* e *b* (Índice Falker) de soja submetida a três regimes hídricos, controle – 80%, estresse hídrico moderado (EHM) – 40 % e estresse severo (EHS) – 20% da capacidade de campo do solo, com e sem aplicação de filme de partículas de óxido de cálcio.

Regime hídrico	Clorofila <i>a</i>		Clorofila <i>b</i>	
	Controle	Filme de partículas	Controle	Filme de partículas
Controle	26,32aB	33,31abA	10,72aB	15,69abA
EHM	26,92aB	36,34aA	9,85aB	20,63aA
EHS	27,16aA	30,36bA	8,94aA	12,24bA
CV(%)	11,79		21,78	

Valores seguidos da mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si, pelo Teste Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Arquivo dos autores.

Atribui-se ao efeito de fotoproteção, uma vez que a planta que não é recomendada para região, mesmo sob condições hídricas ideais ou moderadas, encontra-se no estado de estresse, como discutido por Boari et al. (2016) e Dinis et al. (2016). As plantas submetidas a um estresse hídrico severo enfrentaram níveis muito elevados de estresse, o qual o filme de partículas se mostrou insuficiente na proteção das moléculas de clorofila. Não foi observada variação quanto aos regimes hídricos, sendo indício do nível de estresse da planta a outros fatores abióticos, tal como a temperatura, como visto por Oliveira et al. (2022).

A fotoproteção fez com que as clorofilas fossem preservadas e até mesmo incrementadas, indicando que sob a aplicação de filmes de partículas, as plantas de soja aumentam a eficiência de absorção de luz (Ilić et al., 2015; Sano et al., 2018; Stagnari et al., 2018). Assim, como uso do filme de partículas de cálcio, ocorreu o aumento na síntese de clorofila para capturar mais luz sob uma intensidade mais baixa. Além disso, aumentar a quantidade de clorofila *b* também pode mitigar a absorção de luz azul-violeta em condições de pouca luz, como um possível mecanismo adaptativo para melhorar o crescimento da planta (Zhang et al., 2016).



CONCLUSÕES

O filme de partículas de óxido de cálcio pode se tornar um importante mecanismo de adaptação da cultura da soja em ambientes sob estresse abiótico, baseando-se em teores de clorofila.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Agrônômica e ao Laboratório de Ecofisiologia e Pós-Colheita pela disponibilização espaço e/ou equipamentos para realização da pesquisa.

CONFLITO DE INTERESSE

Os autores não declararam conflito de interesse para este artigo.

REFERÊNCIAS

- BARBIERI JUNIOR, É. et al. Um novo clorofilômetro para estimar os teores de clorofila em folhas do capim Tifton 85. **Ciência Rural**, v. 42, n. 12, p. 2242-2245, 2012.
- BOARI, F. et al. Kaolin improves salinity tolerance, water use efficiency and quality of tomato. **Agricultural Water Management**, v. 167, p. 29-37, 2016.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- ILIC, Z. S. et al. Effect of coloured shade-nets on plant leaf parameters and tomato fruit quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 13, p. 2660-2667, 2015.
- KRENCHINSKI, F. H. et al. Post-emergent applications of isolated and combined herbicides on corn culture with cp4-epsps and pat genes. **Crop Protection**, v. 106, p. 156-162, 2018.
- MONTOYA, F.; OTERO, Á. Is Irrigating Soybean Profitable In Uruguay? A Modeling Approach. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 2, p. 749-763, 2019.
- NIEVOLA, C. C. et al. Rapid responses of plants to temperature changes. **Temperature**, v. 4, n. 4, p. 371-405, 2017.



- OLIVEIRA, P. S. S. et al. Calcium carbonate particle films and water regimes affect the acclimatization, ecophysiology and reproduction of tomato. **Environmental and Experimental Botany**, v. 165, p. 19–29, 2019.
- OLIVEIRA, A. et al. Particle film improves the physiology and productivity of sweet potato without affecting tuber's physicochemical parameters. **Agriculture**, v. 12, n. 4, p. 558, 2022.
- OLIVEIRA JÚNIOR, L. F. G. D. et al. Physiological parameters of cowpea treated with CaO-based particle film and subjected to water restriction. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, p. e00033, 2019.
- SANO, T. et al. Effect of shading intensity on morphological and color traits and on chemical components of new tea (*Camellia sinensis* L.) shoots under direct covering cultivation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 15, p. 5666-5676, 2018.
- SCHLICHTING, A. F. et al. Efficiency of portable chlorophyll meters in assessing the nutritional status of wheat plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 12, p. 1148-1151, 2015.
- STAGNARI, F. et al. Light quantity and quality supplies sharply affect growth, morphological, physiological and quality traits of basil. **Industrial Crops and Products**, v. 122, p. 277-289, 2018.
- SILVA, P. S. O. et al. Effects of calcium particle films and natural shading on ecophysiological parameters of conilon coffee. **Scientia Horticulturae**, v. 245, p. 171-177, 2019.
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal - 6ed.** Artmed Editora, 2017.
- WANG, Y.; FREI, M. Stressed food – The impact of abiotic environmental stresses on crop quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 141, n. 3-4, p. 271-286, 2011.
- ZHANG, H. et al. Adaptive changes in chlorophyll content and photosynthetic features to low light in *Physocarpus amurensis* Maxim and *Physocarpus opulifolius* “Diabolo”. **PeerJ**, v. 4, p. e2125, 2016.