

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Instituto de Biologia
Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal



Tese

Características fotossintéticas e modulação do sistema antioxidante de defesa celular em resposta ao estresse de curta duração por alta luminosidade em plantas de três genótipos de Arabidopsis

CAROLINE HERNKE THIEL

Pelotas, 2023

Caroline Hernke Thiel

Características fotossintéticas e modulação do sistema antioxidante de defesa celular em resposta ao estresse de curta duração por alta luminosidade em plantas de três genótipos de Arabidopsis

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Fisiologia Vegetal.

Orientador: Dr. Marcos Antonio Baccarin

Coorientador: Dr. Sidnei Deuner

Pelotas, 2023

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

T431c Thiel, Caroline Hernke

Características fotossintéticas e modulação do sistema antioxidante de defesa celular em resposta ao estresse de curta duração por alta luminosidade em plantas de três genótipos de Arabidopsis / Caroline Hernke Thiel ; Marcos Antonio Baccarin, orientador ; Sidnei Deuner, coorientador. — Pelotas, 2023.

125 f.

Tese (Doutorado) — Fisiologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, 2023.

1. Arabidopsis. 2. Fluorescência da clorofila. 3. Fotoproteção. 4. Fotossíntese. 5. Sistema antioxidante. I. Baccarin, Marcos Antonio, orient. II. Deuner, Sidnei, coorient. III. Título.

CDD : 581.13342

Caroline Hernke Thiel

Características fotossintéticas e modulação do sistema antioxidante de defesa celular em resposta ao estresse de curta duração por alta luminosidade em plantas de três genótipos de *Arabidopsis*

Tese aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Fisiologia Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 17/03/2023.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Marcos Antonio Baccarin

Doutor em Ciências Agrárias (Fisiologia Vegetal) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Prof. Dr. Sidnei Deuner

Doutor em Agronomia (Fisiologia Vegetal) pela Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Prof. Dr. João Domingos Rodrigues

Doutor em Ciências pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP).

Prof. Dr. Diego Ariel Meloni

Doutor em Ciências Florestais pela Universidad Nacional de Santiago de Estero.

Prof. Dr. Junior Borella

Doutor em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Aos meus pais, Leomar e Marileia, meu irmão
Henrique e meu noivo Vagner, dedico.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por sempre guiar os meus caminhos, e me permitir ser forte e persistente nos meus objetivos.

Agradeço aos meus pais, Leomar e Marileia, por todo o amor e apoio que me foi dado ao longo de toda essa trajetória.

Ao meu irmão Henrique, por ser o meu melhor amigo sempre e estar sempre ao meu lado.

Ao meu noivo Wagner, por estar comigo desde o início dessa caminhada, me apoiando e me incentivando a sempre seguir em frente.

Ao Joe e a Maria, que me acolheram como filha, e sempre me apoiaram ao longo dessa jornada.

A todos os meus amigos, em especial a Nayane e a Tatia, que sempre estiveram comigo em todos os momentos.

Aos colegas de pós-graduação, que dividiram comigo momentos de agonia e de alegria, de cansaço e de realização.

Ao Programa de Fisiologia Vegetal e aos meus mestres, em especial aos meus orientadores, professor Dr. Marcos Baccarin e professor Dr. Sidnei Deuner, por todo o conhecimento compartilhado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

Enfim, meus sinceros agradecimentos a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

"It is not the critic who counts; not the man who points out how the strong man stumbles, or where the doer of deeds could have done them better. The credit belongs to the man who is actually in the arena, whose face is marred by dust and sweat and blood; who strives valiantly; who errs, who comes short again and again, because there is no effort without error and shortcoming; but who does actually strive to do the deeds; who knows great enthusiasms, the great devotions; who spends himself in a worthy cause; who at the best knows in the end the triumph of high achievement, and who at the worst, if he fails, at least fails while daring greatly, so that his place shall never be with those cold and timid souls who neither know victory nor defeat."

The man in the arena – Theodore Roosevelt

"A menos que modifiquemos nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo"

Albert Einstein

Resumo

THIEL, Caroline Hernke. **Características fotossintéticas e modulação do sistema antioxidante de defesa celular em resposta ao estresse de curta duração por alta luminosidade em plantas de três genótipos de *Arabidopsis***, 2023. 123f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2023.

As plantas são organismos sésseis que precisam constantemente se adaptar às variações ambientais. Entre os diferentes fatores abióticos que podem afetar o crescimento e desenvolvimento vegetal, temos as variações diárias de luminosidade. O estresse por excesso de luminosidade pode afetar o processo fotossintético e gerar efeitos deletérios em sua maquinaria. Para evitar isso, as plantas desenvolveram mecanismos de fotoproteção no intuito de prevenir danos. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes níveis de estresse luminoso de curta duração sobre a fotossíntese, bem como, a sua relação com o metabolismo de carotenoides. Para o desenvolvimento deste estudo, plantas de *Arabidopsis thaliana* do ecótipo Columbia-O (selvagem - Wt), e dos mutantes deficientes na formação de zeaxantina em alta luz (*npq1* – falta da enzima violaxantina de-epoxidase) e luteína (*lut2* – falta da enzima ϵ -licopeno-ciclase) foram conduzidas sob condições naturais de luz, aproximadamente $100 \pm 20 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e temperatura de $20 \pm 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Quando as plantas apresentaram entre 6-8 semanas realizou-se ensaios de caracterização fotossintética dos três genótipos, em relação às trocas gasosas e à fluorescência transiente da clorofila. Em ensaios adicionais, em folhas destacadas, foram aplicadas as diferentes intensidades luminosas ($100, 800$ e $1200 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$) por período de 30 minutos; a seguir, para os tratamentos de recuperação as folhas foram mantidas por 15 minutos no escuro. A caracterização fotossintética apresentou comportamento semelhante para os três genótipos avaliados, porém, observou-se leve favorecimento para as plantas de *lut2*. Quando submetidas a altas intensidades luminosas, as plantas mutantes *npq1* e *lut2* apresentaram falhas na funcionalidade dos mecanismos de fotoproteção, sem afetar o metabolismo enzimático antioxidante. Portanto, conclui-se que as xantofilas apresentam extrema importância na dissipação do excesso luminoso de curta duração, protegendo a maquinaria fotossintética.

Palavras-chave: *Arabidopsis*; fluorescência da clorofila; fotoproteção; fotossíntese; luteína; sistema antioxidante; trocas gasosas; zeaxantina.

Abstract

THIEL, Caroline Hernke. **Photosynthetic characteristics and modulation of the cellular defense antioxidant system in response to short-term high light stress in plants of three Arabidopsis genotypes**, 2023. 123f. Thesis (Doctorate in Plant Physiology) – Graduate Program in Plant Physiology, Institute of Biology, Federal University of Pelotas/Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2023.

Plants are sessile organisms that constantly need to adapt to environmental changes. Among the different abiotic factors that can affect plant growth and development, there are daily variations in luminosity. Stress from excess luminosity can affect the photosynthetic process and generate harmful effects on its machinery. To avoid this, plants have developed photoprotection mechanisms to prevent damage. Thus, the objective of this paper was to evaluate the effect of different levels of short-term light stress on photosynthesis, as well as its relationship with carotenoid metabolism. For the development of this study, plants of *Arabidopsis thaliana* of the ecotype Columbia-O (wild - Wt), and of the mutants deficient in the formation of zeaxanthin in high light (*npq1* – lack of the enzyme violaxanthin de-epoxidase) and lutein (*lut2* – lack of ϵ -lycopene cyclase enzyme) were conducted under natural conditions of light, approximately $100 \pm 20 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ and temperature of $20 \pm 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$. When the plants were between 6-8 weeks old, tests of photosynthetic characterization of the three genotypes were carried out concerning the gas exchange and transient chlorophyll fluorescence. In additional tests, detached leaves, different light intensities (100, 800, and 1200 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$) were applied for 30 minutes, then, for the recovery treatments, the leaves were kept for 15 minutes in the dark. The photosynthetic characterization showed similar behavior for the three evaluated genotypes. However, a slight favoring of *lut2* plants was observed. When subjected to high light intensities, *npq1*, and *lut2* mutant plants showed failures in the functionality of photoprotection mechanisms, without affecting antioxidant enzymatic metabolism. Therefore, it is concluded that xanthophylls are extremely important in the dissipation of short-term excess light, protecting the photosynthetic machinery.

Keywords: Antioxidant system; arabidopsis; chlorophyll fluorescence; gas exchange; lutein, photoprotection; photosynthesis; zeaxanthin.