

Tìm hiểu ảnh hưởng của ánh sáng mạnh, nhiệt độ cao và sự thiếu khí carbon dioxide trên hiện tượng quang ức chế ở lá Mai Dương *Mimosa pigra* L.

- Đỗ Thường Kiệt
- Trần Triết
- Bùi Trang Việt

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM

- Thomas J. Givnish

Trường Đại học Wisconsin-Madison, Bang Wisconsin, Mỹ.

(Bài nhận ngày 20 tháng 03 năm 2013, nhận đăng ngày 20 tháng 9 năm 2013)

TÓM TẮT

Các điều kiện ánh sáng mạnh ($2000 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$), nhiệt độ cao (40°C), và sự thiếu CO_2 (CO_2 0%) được dùng để khảo sát hiện tượng quang ức chế ở lá Mai Dương. Các kết quả cho thấy ánh sáng cao kích thích sự mở khẩu, tăng sự thu CO_2 , sự phóng thích O_2 , sự làm dịu năng lượng theo hướng không quang hóa (qN) và vận tốc chuyển điện tử (ETR) của lá Mai Dương. Tỷ lệ F_v/F_m (thể hiện hiệu suất hoạt động của quang hệ II) giảm nhẹ dưới tác động của ánh sáng mạnh và

được phục hồi sau sự che tối. Nhiệt độ cao không ảnh hưởng đến sự đóng mở khẩu, sự thu CO_2 , qN , ETR và F_v/F_m nhưng hạ thấp sự phóng thích O_2 . Sự thiếu CO_2 kích thích sự mở khẩu, tăng qN , cản sự thu CO_2 và chuỗi chuyển điện tử quang hợp, đồng thời hạ thấp tỷ lệ F_v/F_m . Ánh sáng mạnh (từ $1600 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$) và nhiệt độ cao (từ 39°C) trong tự nhiên gây ra sự thu mạnh khí O_2 ở lá Mai Dương.

Từ khóa: ETR , F_v/F_m , Mai Dương, qN , qP , quang hợp, quang ức chế.

MỞ ĐẦU

Mai Dương (*Mimosa pigra* L.), một loài cây bụi, thân gỗ, mang nhiều gai, có nguồn gốc từ vùng nhiệt đới Trung Mỹ là một trong số những loài cỏ dại nguy hiểm nhất trên thế giới (Burrows và cs., 2012). Loài này phát triển mạnh và trở nên nguy hiểm tại các vùng khí hậu nhiệt đới, dần dần thay thế các loài bản địa, đặc biệt tại các vườn quốc gia trong khu vực Đông Nam Á, Châu Phi và Châu Úc (Braithwaite và cs., 1989; Heard và cs., 2012; Lonsdale, 1992; Shanungu, 2009). Tại

Việt Nam, Mai Dương xâm lấn trên phạm vi rộng lớn, dày đặc tại nhiều nơi thuộc đồng bằng sông Cửu Long và đang đe dọa các loài động thực vật quý hiếm được bảo vệ tại các vườn quốc gia trong các khu vực đất ngập nước (Tan và cs., 2012; Triet và cs., 2004).

Quang hợp là quá trình ảnh hưởng mạnh tới sự tăng trưởng của thực vật, và sự tiếp nhận ánh sáng quá mức luôn là nguyên nhân gây ra stress quang oxid hóa (photooxidative stress), sản sinh ra các loại oxygen phản ứng (ROS, Reactive Oxygen Species) gây phá hủy

bộ máy quang hợp và dẫn đến hiện tượng quang ức chế (photoinhibition) (Asada, 1999; Foyer và Noctor, 2000; Reddy và cs., 2004). Quang ức chế thường bắt đầu xảy ra ở các phân tử diệp lục tố a tại trung tâm phản ứng của quang hệ II (PSII). Các phân tử này luôn ở trạng thái kích hoạt dưới ánh sáng và dễ phóng thích năng lượng cho oxygen tạo ra ROS. Tuy nhiên, ở thực vật, năng lượng tại trung tâm phản ứng có thể được làm dịu theo cách quang hóa (photochemical quenching) thông qua các con đường chuyển điện tử quang hợp hoặc không quang hóa (nonphotochemical quenching) thông qua sự tỏa nhiệt để hạn chế quang ức chế (Asada, 1999; McDonald và cs., 2011).

Đo sự phát huỳnh quang diệp lục tố là phương pháp thích hợp để nghiên cứu các stress quang oxid hóa vì phản ánh chính xác hoạt động của chuỗi chuyển điện tử quang hợp trên màng thylakoid (Baker, 2008; Oja và Laisk, 2012). Sự phát huỳnh quang cực đại và cực tiểu của diệp lục tố ở lá được thích ứng tối sẽ cho tỉ lệ F_v/F_m thể hiện mức độ hoạt động của trung tâm phản ứng ở PSII. Trong khi đó giá trị huỳnh quang cực đại và cực tiểu của diệp lục tố sau một chớp sáng có cường độ lớn ở lá đã được thích ứng sáng sẽ cho biết giá trị thể hiện tỉ lệ năng lượng quang năng được chuyển cho các phản ứng quang hóa (qP), hay cho quá trình tỏa nhiệt (qN) và giá trị thể hiện tốc độ của chuỗi chuyển điện tử (ETR, electron transport rate) (Baker, 2008).

Những nghiên cứu gần đây cho thấy lá Mai Dương duy trì cường độ quang hợp ở mức ổn định dưới ánh sáng có cường độ cao như trong tự nhiên (Nguyễn Kim Búp và cs., 2008, Đỗ Thường Kiệt và Bùi Trang Việt, 2009). Trong nghiên cứu này, chúng tôi bố trí thí nghiệm nhằm mục đích tìm hiểu hiện tượng quang ức chế cũng như khả năng chống chịu của bộ máy quang hợp ở lá Mai Dương dưới tác động của các stress ánh sáng, nhiệt độ cao và sự thiếu CO_2 .

VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Vật liệu

Cây Mai Dương 16 tuần tuổi trồng từ hạt trong các chậu nhựa ở các điều kiện, ánh sáng $400 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$

(12 giờ chiếu sáng), nhiệt độ $28 - 35^\circ\text{C}$ tại nhà kính Walnut Street, trường Wisconsin – Madison, Mỹ.

Cây Mai Dương 35 tuần tuổi trồng từ hạt trong các chậu nhựa tại vườn thực nghiệm Bộ môn Sinh lý Thực vật, ĐH Khoa học Tự nhiên TP. Hồ Chí Minh.

Cây Mai Dương đang ra hoa ở khu vực không ngập nước của vườn quốc gia Tràm Chim, Đồng Tháp.

Đo sự phát huỳnh quang diệp lục tố, độ dẫn khí khổng và sự trao đổi khí carbon dioxide

Lá cây Mai Dương 16 tuần tuổi được kẹp vào buồng đo của máy LI-6400-40 LCF (Li-Cor, Lincoln, Neb., Mỹ) để ghi nhận các thông số từ sự phát huỳnh quang của diệp lục tố. Mẫu được ghi nhận giá trị huỳnh quang tối thiểu (F_o) sau 15 phút được che tối và giá trị huỳnh quang tối đa (F_m) sau 1 chớp sáng có cường độ $6000 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$. Sau đó, mẫu được chiếu sáng để thích nghi với cường độ ánh sáng cần đo thay đổi từ 100 đến $2000 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$ và ghi nhận giá trị huỳnh quang ổn định (F_s) trước khi tiếp tục ghi nhận giá trị cực đại (F'_m) và cực tiểu (F'_o) của huỳnh quang. Năng suất hoạt động của quang hệ II (F_v/F_m , với $F_v = F_m - F_o$), tốc độ chuyển điện tử (ETR), mức làm dịu quang hóa (qP, ứng với năng lượng phóng thích từ PSII được sử dụng cho chuỗi chuyển điện tử), và mức làm dịu không quang hóa (qN, ứng với năng lượng phóng thích từ PSII được sử dụng cho sự tỏa nhiệt) được tính bằng các công thức:

$$qP = \frac{F'_m - F_s}{F'_m - F'_o}$$

$$qN = \frac{F_m - F'_m}{F_m - F'_o}$$

$$ETR = \left(\frac{F'_m - F_s}{F'_m} \right) fI\alpha_{leaf}$$

(f là phần ánh sáng được sử dụng bởi PSII và có giá trị mặc định là 0,5; I là cường độ ánh sáng, α_{leaf} là độ hấp thụ ánh sáng và có giá trị là 0,85).

Sự trao đổi khí của các lá được đo đồng thời với sự phát huỳnh quang. Lượng CO_2 và hơi nước đi ra khỏi buồng đo được máy ghi nhận để tính các thông số trao đổi khí: độ dẫn khí khổng (stomatal conductivity, tốc độ trao đổi các phân tử hơi nước qua bề mặt lá), vận tốc

trao đổi CO₂ (ứng với tốc độ hấp thu hay thải ra CO₂ của mẫu).

Điều kiện ánh sáng trong buồng đo được thay đổi lần lượt từ 0 đến 2000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$, nhiệt độ ở 30 hoặc 40 °C, CO₂ ở 0 hoặc 0,04 % và ghi nhận sự phát huỳnh quang diệp lục tố, độ dẫn khí khẩu và sự trao đổi CO₂.

Đo sự trao đổi khí oxygen

Sự trao đổi khí oxygen của mẫu được đo bằng máy Leaf Lab 2 (Hansatech, Anh) với buồng đo kín và điện cực oxygen. Vận tốc trao đổi oxygen được tính trên lượng oxygen được phóng thích (giá trị dương) hay hấp thu (với dấu trừ đứng trước) trên một đơn vị diện tích mỗi giây ($\mu\text{mol O}_2/\text{m}^2/\text{giây}$).

Lá chết cấp một cô lập (được giữ cho luôn mở rộng bằng cách dán băng dính trong suốt dọc trục lá) thuộc lá thứ 7 của cây Mai Dương 35 tuần tuổi được đặt vào buồng đo máy Leaf Lab 2 để ghi nhận sự trao đổi khí oxygen sau khi được chiếu sáng 400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$ trong 5 phút ở các nhiệt độ khác nhau hoặc được chiếu sáng ở các cường độ ánh sáng khác nhau ở cùng một nhiệt độ 30 °C.

Các lá kếp số 7 (tính từ ngọn) trên các cây Mai Dương đang ra hoa tại Vườn quốc gia Tràm Chim được kẹp vào buồng đo cải tiến của máy Leaf Lab 2 (buồng đo có đệm cao su giúp giữ lá ở trạng thái mở mà không gây tổn thương cho lá) để ghi nhận trực tiếp sự trao đổi khí oxygen trong các điều kiện ánh sáng và nhiệt độ trong tự nhiên.

KẾT QUẢ

Ảnh hưởng của ánh sáng cao trên sự quang hợp của lá Mai Dương

Khi nhiệt độ buồng chứa lá không đổi ở 30 °C, lá Mai Dương có tốc độ phóng thích khí oxygen gia tăng

theo cường độ chiếu sáng, đạt cực đại ở 1200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$ và duy trì không đổi đến 1800 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$ (Bảng 1).

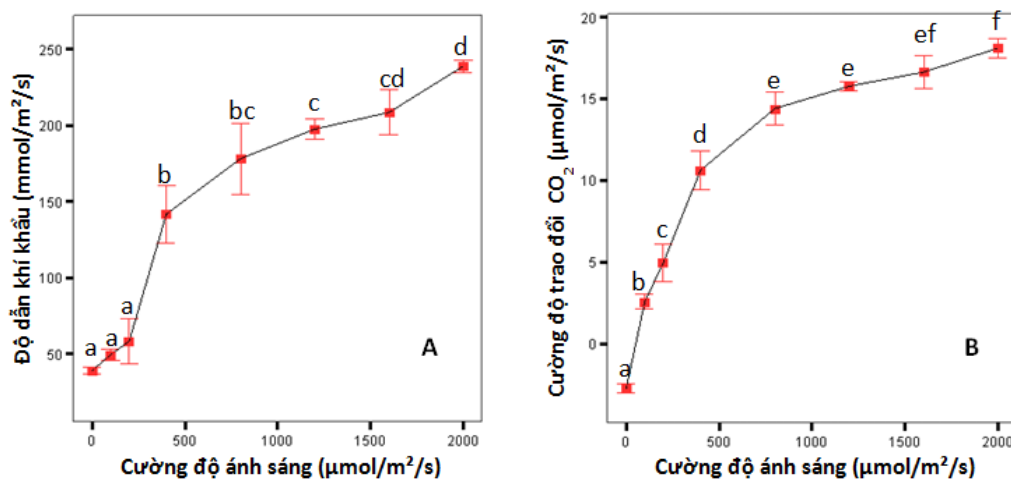
Bảng 1. Tốc độ trao đổi oxygen của lá chết Mai Dương cô lập trong các điều kiện ánh sáng khác nhau, ở nhiệt độ 30 °C.

Cường độ ánh sáng ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$)	Tốc độ trao đổi oxygen ($\mu\text{mol O}_2/\text{m}^2/\text{giây}$)
0	-8,41 $\pm$ 1,31 ^a
200	9,08 $\pm$ 0,69 ^b
400	20,75 $\pm$ 1,44 ^c
800	27,39 $\pm$ 1,86 ^d
1200	28,81 $\pm$ 0,83 ^{de}
1500	32,19 $\pm$ 0,22 ^e
1800	30,89 $\pm$ 1,08 ^{de}

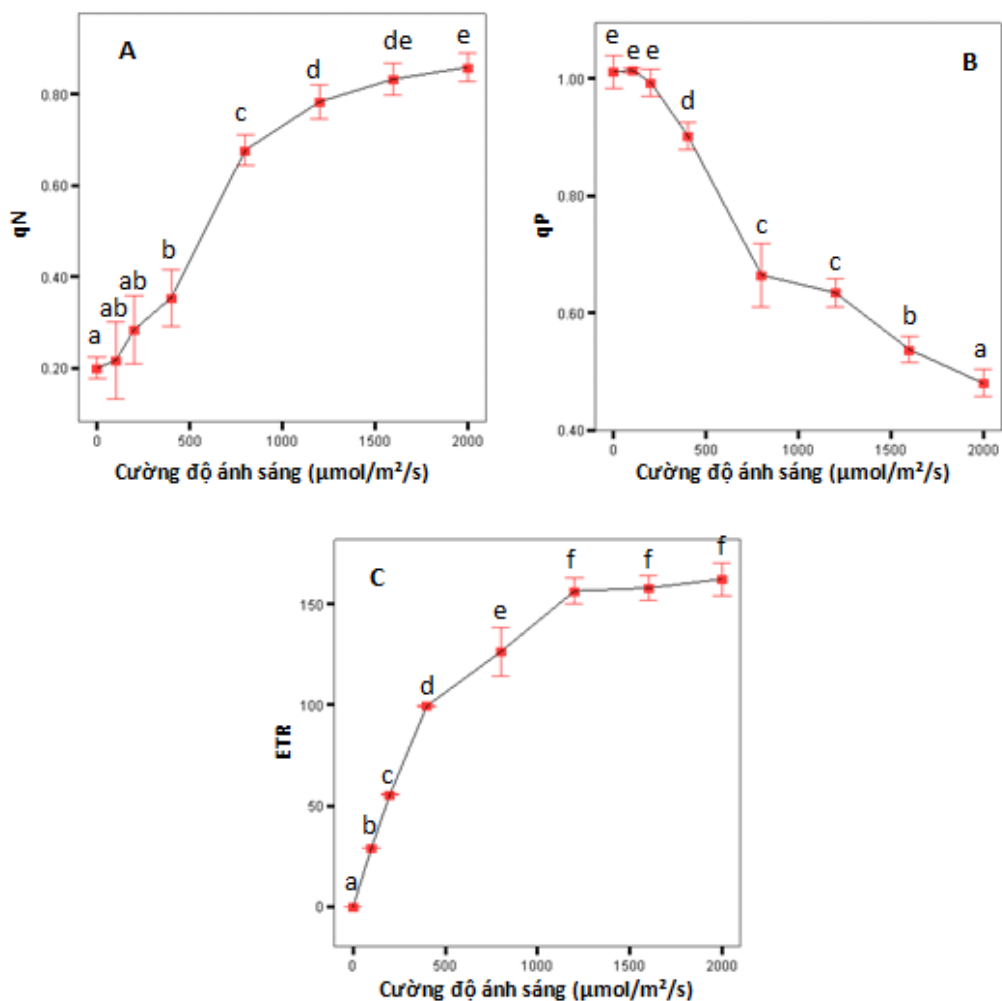
Các số trung bình trong cột với các ký tự khác nhau kèm theo thì khác biệt có ý nghĩa ở mức $p=0,05$

Độ dẫn khí khẩu của lá Mai Dương bắt đầu tăng mạnh khi cường độ chiếu sáng đạt 400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$ và gia tăng liên tục theo cường độ ánh sáng (Hình 1A). Cùng lúc đó, sự phóng thích CO₂ của lá cũng tăng mạnh khi ánh sáng đạt mức 400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$, và liên tục tăng theo sự gia tăng của cường độ ánh sáng (Hình 1B).

Ở lá Mai Dương, sự làm dịu năng lượng theo hướng không quang hóa luôn gia tăng (Hình 2A) và sự làm dịu theo hướng quang hóa giảm dần (Hình 2B) theo cường độ ánh sáng. Ứng với sự gia tăng khả năng làm dịu không quang hóa, vận tốc chuyển điện tử ở lá cũng tăng mạnh theo cường độ ánh sáng (Hình 2C). Tỷ lệ F_v/F_m giảm nhẹ sau 4 giờ chiếu sáng nhưng lại phục hồi sau 20 giờ che tối kế tiếp (Bảng 2).



Hình 1. Ảnh hưởng của cường độ ánh sáng trên độ dẫn khí khổng, vận tốc trao đổi khí CO_2 ở lá Mai Dương



Hình 2. Ảnh hưởng của cường độ ánh sáng trên sự làm dịu năng lượng theo hướng không quang hóa quang hóa (qN), quang hóa (qP), và tốc độ chuyển điện tử (ETR) ở lá Mai Dương

Bảng 2. Tỷ lệ F_v/F_m của lá Mai Dương trước khi chiếu sáng, sau 4 giờ chiếu sáng ở $1600 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$ và sau 20 giờ che tối kế tiếp

Thời gian	F_v/F_m
Trước khi chiếu sáng	$0,71 \pm 0,10^b$
Sau 4 giờ chiếu sáng	$0,66 \pm 0,37^a$
Sau 20 giờ che tối kế tiếp	$0,73 \pm 0,39^b$

Các số trung bình trong cột với các ký tự khác nhau theo sau thì khác biệt có ý nghĩa ở mức $p=0,05$

Ảnh hưởng của nhiệt độ cao và sự thiếu CO_2 trên sự quang hợp của lá Mai Dương

Trong điều kiện chiếu sáng không đổi ($400 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$), tốc độ phóng thích oxygen từ lá chết Mai Dương cô lập gia tăng theo sự tăng nhiệt độ của buồng chứa lá, đạt cực đại ở 30 và 35 °C và giảm ở 40 °C (Bảng 3).

Bảng 3. Tốc độ phóng thích oxygen của lá chết Mai Dương cô lập (thuộc lá kép thứ 7) trong các điều kiện nhiệt độ khác nhau, ở cường độ ánh sáng $400 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$

Nhiệt độ (°C)	Tốc độ phóng thích oxygen ($\mu\text{mol O}_2/\text{m}^2/\text{giây}$)
25	$3,58 \pm 0,25^a$
28	$8,53 \pm 0,56^b$
30	$16,83 \pm 1,36^c$
35	$15,61 \pm 2,13^c$
40	$10,22 \pm 0,61^b$

Các số trung bình trong cột với các ký tự khác nhau kèm theo thì khác biệt có ý nghĩa ở mức $p=0,05$

Khi lá chịu cùng lúc điều kiện ánh sáng mạnh (trên $1600 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$) và nhiệt độ cao (39 đến 40 °C), sự phóng thích oxygen giảm và sự thu oxy gia tăng dần (Bảng 4).

Bảng 4. Tốc độ trao đổi oxygen ở lá kép thứ 7 trên cây Mai Dương trong điều kiện ánh sáng và nhiệt độ khác nhau tại Vườn Quốc gia Tràm Chim (12/06/2011)

Thời điểm trong ngày	Ánh sáng ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$)	Nhiệt độ (°C)	Tốc độ trao đổi oxygen ($\mu\text{mol O}_2/\text{m}^2/\text{giây}$)
8	768 ± 318	32 ± 0	$47,70 \pm 2,12^d$
10	1762 ± 74	35 ± 1	$23,07 \pm 4,13^c$
14	1632 ± 69	39 ± 0	$1,37 \pm 0,29^b$
15	1893 ± 27	40 ± 0	$-12,47 \pm 1,78^a$

Các số trung bình trong cột với các ký tự khác nhau kèm theo thì khác biệt có ý nghĩa ở mức $p=0,05$

Ở mức ánh sáng $1000 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$, sự thiếu CO_2 ở cả 2 điều kiện nhiệt độ 30 và 40 °C luôn làm tăng độ dẫn khí khổng của lá, đồng thời cản mạnh sự thu CO_2 . Vận tốc chuyển điện tử bị giảm mạnh trong khi sự làm

điều năng lượng theo hướng không quang hóa tăng cao khi lá thiếu CO_2 và ứng với sự suy giảm giá trị F_v/F_m (Bảng 5).

Bảng 5. Ảnh hưởng của nhiệt độ cao và sự thiếu CO₂ trên độ dẫn khí khổng, vận tốc trao đổi khí CO₂, tốc độ chuyển điện tử, sự làm dịu năng lượng theo hướng không quang hóa và sự giảm tỉ lệ F_v/F_m ở lá Mai Dương

Điều kiện thí nghiệm		Độ dẫn khí khổng ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$)	Vận tốc			
Nhiệt độ (°C)	Nồng độ CO ₂ (%)		trao đổi CO ₂ ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$)	ETR	qN	F _v /F _m
30	0,04	149 ± 6 ^a	15,32 ± 0,55 ^b	96,74 ± 0,52 ^b	0,44 ± 0,01 ^a	0,690 ± 0,009 ^a
30	0	439 ± 21 ^b	-1,88 ± 0,12 ^a	20,73 ± 1,19 ^a	0,76 ± 0,01 ^b	0,599 ± 0,033 ^b
40	0,04	101 ± 1 ^a	14,91 ± 0,21 ^b	96,49 ± 0,45 ^b	0,42 ± 0,01 ^a	0,688 ± 0,008 ^a
40	0	385 ± 35 ^b	-1,28 ± 0,04 ^a	20,20 ± 1,35 ^a	0,79 ± 0,01 ^b	0,596 ± 0,016 ^b

Các số trung bình trong cột với các ký tự khác nhau theo sau thì khác biệt có ý nghĩa ở mức p=0,05

THẢO LUẬN

Ở Mai Dương, khi ánh sáng tăng cao ở nhiệt độ không đổi 30°C, để thu nhận tối đa lượng quang năng, tốc độ chuyển điện tử từ PSII đến Q_A tăng nhanh đến mức bão hòa (Hình 2C), trong khi các phân tử diệp lục tố tại trung tâm phản ứng của quang hệ II vẫn liên tục được kích thích bởi photon ánh sáng. Do đó, hiệu năng sử dụng năng lượng cho chuỗi chuyển điện tử giảm thể hiện qua sự làm dịu quang hóa (qP) giảm dần (Hình 2B).

Năng lượng dư thừa ở PSII còn được làm dịu theo hướng không quang hóa thông qua sự tỏa nhiệt của lá (qN, Hình 2A). Sự tỏa nhiệt mạnh cùng lúc với sự mở khổng (Hình 1A) ở các cường độ ánh sáng cao giúp bảo vệ bộ máy quang hợp, ngăn chặn sự tạo các ROS. Hơn nữa, sự mở khổng tối đa còn giúp gia tăng liên tục sự cố định CO₂ (Hình 1B), giúp lá nhanh chóng tiêu thụ NADPH và giúp chuỗi chuyển điện tử thông suốt, không bão hòa.

Tuy nhiên, sự phóng thích oxygen không tăng liên tục như sự cố định carbon dioxide mà bão hòa ở cường độ ánh sáng 1200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$ (Bảng 1). Thông thường, khi chuỗi chuyển điện tử bão hòa dưới sự chiếu sáng mạnh, dòng điện tử bị chặn tại ferredoxin ở PSI do NADP⁺ đã được sử dụng hết, dẫn đến việc điện tử đi vào con đường nước – nước hoặc quay lại plastoquinon

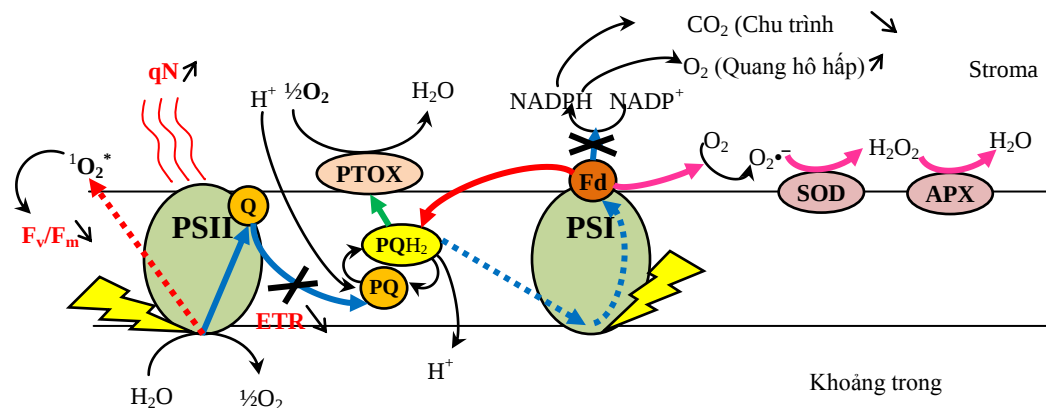
(PQ) theo con đường chuyển điện tử vòng, đồng thời điện tử của plastoquinon dạng khử (PQH₂) được giải phóng bằng cách chuyển cho oxygen theo con đường lực hô hấp (McDonald và cs., 2011; Rumeau và cs., 2007). Có lẽ ở Mai Dương, một phần oxygen được sử dụng trong lực hô hấp nhằm giải phóng bớt điện tử dư thừa trong “bể” PQ. Sau sự chiếu sáng ở cường độ ánh sáng cao, năng suất hoạt động tối đa của PSII ở lá Mai Dương giảm nhẹ nhưng phục hồi sau sự che tối kế tiếp (Bảng 2). Điều này chứng tỏ có sự hiện diện của hiện tượng quang ức chế ở lá Mai Dương trong điều kiện được chiếu sáng mạnh, khi đó, có thể protein D1 đã bị hủy dưới ánh sáng và được sửa chữa trong tối. Như vậy, lá Mai Dương có kiểu quang hợp thích nghi tốt với điều kiện ánh sáng cao và có khả năng cạnh tranh mạnh với các loài khác.

Sự thoát hơi nước của lá chết cấp hai Mai Dương luôn xảy ra mạnh mẽ dưới ánh sáng kể cả ở cường độ ánh sáng cao 2000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$ (ứng với 110 klux) (Hình 1A). Sự mất nước là cái giá mà cây Mai Dương phải trả để có thể tăng cường sự hấp thu CO₂, kiểm soát nhiệt độ của lá và nâng cao hiệu suất quang hợp. Những đặc điểm trên cho thấy Mai Dương có cấu trúc lá thích nghi chủ yếu ở các vùng đất ngập nước, và trong điều kiện đất khô ráo trong mùa khô, sự thoát hơi nước gây bất lợi cho cây, nên cây thường rụng

phần lớn các lá ở gần gốc để tránh mất nước vào mùa khô (Lonsdale, 1992).

Nhiệt độ tăng cao ở cường độ ánh sáng dưới 1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$ không làm thay đổi đáng kể trên hoạt động của chuỗi chuyển điện tử, sự đóng mở khẩu và sự trao đổi CO_2 (Bảng 5), nhưng có thể đã gây ra hiện tượng lực hô hấp (Rumeau và cs., 2007) biểu hiện qua sự phóng thích oxygen giảm (Bảng 3). Cây Mai Dương có kiểu quang hợp C_3 (Nguyễn Kim Búp và cs., 2008), vì vậy việc loại hoàn toàn CO_2 trong buồng đo dẫn đến sự xuất hiện quang hô hấp ở lá. Khi đó, độ mở khẩu lá Mai Dương tăng mạnh hơn 3 lần so với khi có CO_2 , nhưng do thiếu CO_2 , chu trình Calvin không thể xảy ra, NADPH không được tiêu thụ, dẫn đến việc con đường chuyển điện tử không vòng (Linear electron transport)

bị chặn ở ferredoxin. Thật vậy, vận tốc chuyển điện tử từ PSII đến Q_A (ETR) ở lá Mai Dương giảm mạnh khi thiếu CO_2 dẫn đến tăng cường sự tỏa nhiệt (giá trị qN tăng). Có lẽ trong điều kiện thiếu CO_2 , khi con đường chuyển điện tử không vòng bị chặn, điện tử được chuyển sang các con đường khác, nhưng không đủ để sử dụng hết năng lượng dư thừa nên sự hình thành các ROS như H_2O_2 và $\text{O}_2^{\bullet-}$ trên màng thylakoid đã dẫn đến sự hạ thấp năng suất hoạt động của PSII (Bảng 5, Hình 3). Trong tự nhiên, cường độ ánh sáng mạnh trong mùa khô luôn kèm theo nhiệt độ cao. Quang hô hấp luôn xảy ra ở lá Mai Dương trong điều kiện này (ánh sáng trên 1600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$ và nhiệt độ từ 39 °C trở lên, Bảng 4).



Hình 3. Các con đường chuyển điện tử có thể xảy ra trên màng thylakoid của lục lạp Mai Dương dưới tác động của cường độ ánh sáng, nhiệt độ cao và sự thiếu CO_2 [(sơ đồ cải tiến theo McDonald và cs. (2011)]: con đường không vòng (—→), con đường vòng (→), con đường nước – nước (→), và con đường lực hô hấp (→)

KẾT LUẬN

Ở Mai Dương, hiện tượng quang ức chế luôn hiện diện khi lá được chiếu sáng ở cường độ cao.

PSII của lá Mai Dương có năng suất hoạt động tối đa bên dưới ánh sáng cao, dễ dàng phục hồi khỏi sự tổn thương do quang ức chế khi được đặt trong tối, đồng thời được bảo vệ bởi khả năng hoạt động mạnh của

chuỗi chuyển điện tử và sự làm dịu theo hướng tỏa nhiệt.

Khả năng duy trì sự mở rộng của khí khẩu và tỏa nhiệt mạnh ở cường độ ánh sáng nhiệt độ cao là hai yếu tố quyết định giúp Mai Dương chống chịu với hiện tượng quang ức chế.

Effect of high light, heat and carbon dioxide deficiency on photoinhibition of *Mimosa pigra* L. leaves

- Do Thuong Kiet
- Tran Triet
- Bui Trang Viet

University of Science, VNU-HCM

- Thomas J. Givnish

University of Wisconsin – Madison, Wisconsin, USA

ABSTRACT

High light (2000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), heat (40 $^{\circ}\text{C}$), and CO_2 deficiency were used to investigate photoinhibition of *Mimosa pigra* L. leaves. The results showed that high light caused the increase of stomatal conductance, CO_2 fixation, O_2 emission, non-photochemical (qN) and electron transport rate (ETR) of *Mimosa pigra* L. leaves. Leaves F_v/F_m ratio (Demonstrates the ability of PSII to perform photochemistry) slightly decreased

under high light and recovered in the dark condition. Heat did not affect on stomatal conductance, CO_2 fixation, qN, ETR and F_v/F_m but reduced O_2 emission. CO_2 deficiency stimulated the increase of stomatal conductance and qN but inhibited CO_2 fixation, ETR and decreased F_v/F_m . High light (từ 1600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) and heat (từ 39 $^{\circ}\text{C}$) in nature together caused strong O_2 emission from *Mimosa pigra* L. leaves.

Key words: ETR, F_v/F_m , *Mimosa pigra* L., qN, qP, photoinhibition, photosynthesis.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. K.. Asada, The Water-Water Cycle in Chloroplasts: Scavenging of Active Oxygens and Dissipation of Excess Photons, *Annual review of plant biology*, 50, 601-639 (1999).
- [2]. N. R. Baker, Chlorophyll Fluorescence: a Probe of Photosynthesis *in vivo*. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 89-113 (2008).
- [3]. R. Braithwaite, W. Lonsdale, J. Estbergs, Alien Vegetation and Native Biota in Tropical Australia: the impact of *Mimosa pigra*, *Biological Conservation*, 48, 189-210 (1989).
- [4]. Nguyễn Kim Búp, Đỗ Thường Kiệt, Phan Ngô Hoàng và Bùi Trang Việt, Tìm hiểu cấu trúc lá và hoạt động quang hợp của cây Mài Dương (*Mimosa pigra* L.), *Tạp chí phát triển KH&CN*, 11, 07-2008, 31-36 (2008).
- [5]. N. Burrows, B. Lukitsch, J. Liberato, Rediscovery of the Rust *Diabole Cubensis*. Released as a Classical Biological Control Agent Against the Invasive Weed *Mimosa pigra* in Australia, *Australasian Plant Disease Notes*, 1-5 (2012).

- [6]. C. H. Foyer, G. Noctor, Oxygen Processing in Photosynthesis: a Molecular Approach, *New Phytol*, 146, 359-388 (2000).
- [7]. T. A. Heard, A. Mira, G. Fichera, R. Segura. *Nesaeacrepida infusata*: a Biological Control Agent of The Invasive Plant *Mimosa pigra*, *BioControl*, 1-8 (2012).
- [8]. Đỗ Thường Kiệt, Bùi Trang Việt, Ảnh hưởng của một số ion kim loại trên quang hợp ở cây Mai Dương *Mimosa pigra* L., Toàn văn Hội nghị CNSH TQ – Khu vực phía Nam, 110-116 (2009).
- [9]. W. M. Lonsdale, The Biology of *Mimosa pigra*, In: K. L. S. Harley ed(s), Guide to the Management of *Mimosa pigra*: (Prepared for an international workshop held at Darwin, Australia, 11-15 May 1992), CSIRO, Canberra, Australia, 8-32 (1992).
- [10]. A. E. McDonald, A. G. Ivanov, R. Bode, D. P. Maxwell, S. R. Rodermeil, N. Hüner, Flexibility in Photosynthetic Electron Transport: The Physiological role of Plastoquinol Terminal Oxidase (PTOX), *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics*, 1807 (8), 954-967 (2011).
- [11]. V. Oja, A. Laisk, Photosystem II Antennae are not Energetically Connected: Evidence Based on Flash-induced O₂ Evolution and Chlorophyll Fluorescence in Sunflower Leaves, *Photosynthesis Research*, 1-14 (2012).
- [12]. A. R. Reddy, K. V. Chaitanya, M. Vivekanandan, Drought-induced Responses of Photosynthesis and Antioxidant Metabolism in Higher Plants, *Journal of plant physiology*, 161, 1189-1202 (2004).
- [13]. D. Rumeau,, G. Peltier, L. Cournac, Chlororespiration and Cyclic Electron Flow Around PSI During Photosynthesis and Plant Stress Response, *Plant, Cell & Environment*, 30, 1041-1051 (2007).
- [14]. G. K. Shanungu, Management of the Invasive *Mimosa pigra* L. in Lochinvar National Park, Zambia, *Biodiversity*, 10, 56-60 (2009).
- [15]. D. T. Tan, P. Q. Thu, B. Dell, Invasive Plant Species in the National Parks of Vietnam, *Forests*, 3(4), 997-1016 (2012).
- [16]. T. Triet, L. C. Kiet, N. T. L. Thi, P. Q. Dan, The Invasion by *Mimosa pigra* of Wetlands of the Mekong Delta, Vietnam, In: M. Julien, G. Flanagan, T. Heard, B. Hennecke, Q. Paynter and C. Wilson ed(s), Research and management of *Mimosa pigra* (3rd International Symposium on the Management of *Mimosa pigra*, Darwin, Australia, 22-25 September 2002). CSIRO Entomology, Canberra, Australia, 45-51(2004).