

Nghiên cứu sự biến đổi một số chỉ tiêu sinh lý, hoá sinh trong quá trình sinh trưởng và phát triển của quả táo ta (*Ziziphus mauritiana* Lam.) trồng tại tỉnh Thanh Hóa, Việt Nam

Lê Văn Trọng¹, Hà Thị Phương², Lại Thị Thanh¹, Bùi Bảo Thịnh^{3,*}

¹Khoa Nông Lâm Ngư nghiệp, Trường Đại học Hồng Đức

²Khoa Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Hồng Đức

³Trung tâm Công nghệ Sinh học Thành phố Hồ Chí Minh

*buibaostinh9595@gmail.com

Tóm tắt

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá các chỉ tiêu sinh lý và hóa sinh trong quá trình phát triển của quả táo ta (*Ziziphus mauritiana* Lam.) trồng tại tỉnh Thanh Hóa, Việt Nam, từ tuần thứ 2 đến tuần thứ 13 sau khi hoa nở, để xác định thời điểm thu hoạch tối ưu. Kết quả cho thấy, chiều dài, đường kính và khối lượng tươi của quả đạt cực đại vào tuần thứ 12. Hàm lượng diệp lục giảm dần, trong khi carotenoid tăng liên tục theo tuổi quả. Hàm lượng đường khử tăng liên tục và đạt cực đại vào tuần thứ 12, sau đó có sự giảm nhẹ. Hàm lượng tinh bột đạt giá trị cực đại vào tuần thứ 6, sau đó giảm dần, trong khi hàm lượng axit hữu cơ tổng số đạt giá trị cực đại vào tuần thứ 10 rồi giảm dần. Nghiên cứu khuyến nghị thu hoạch quả táo ta vào tuần thứ 12 để đạt giá trị dinh dưỡng và chất lượng tối ưu. Đây là cơ sở khoa học quan trọng hỗ trợ quản lý thu hoạch và nâng cao giá trị kinh tế của táo ta trong sản xuất nông nghiệp.

Nhận 05/12/2024

Được duyệt 22/01/2025

Công bố 28/02/2025

Từ khóa

quả táo ta,
Ziziphus mauritiana,
chỉ tiêu sinh lý, chỉ tiêu
hóa sinh, chín sinh lý

© 2025 Journal of Science and Technology - NTTU

1 Đặt vấn đề

Quả táo ta, được biết đến với tên khoa học là *Ziziphus mauritiana* Lam., là loại cây ăn quả thường được tìm thấy trong các vùng nhiệt đới, thuộc họ Táo (Rhamnaceae) [1]. Tại Trung Quốc, quả táo ta được gọi

bằng nhiều tên như táo chua, táo Ấn Độ, hoặc táo Điền (táo Vân Nam) và táo gai Vân Nam [2, 3]. Cây có tốc độ sinh trưởng nhanh, có thể đạt chiều cao lên đến 12 m và tuổi thọ khoảng 25 năm [1]. Xuất xứ chủ yếu của loài này là từ Ấn Độ, tuy nhiên cũng có thể tìm thấy ở châu Phi [2].

Quả của cây táo ta thuộc loại quả hạch, quả khi chín chứa hàm lượng nước đáng kể, quả trở nên mềm và có hương vị ngọt dịu [1, 2]. Kích thước và hình dạng của quả cũng thay đổi tùy thuộc vào giống cây cũng như điều kiện môi trường. Quả táo ta được sử dụng để ăn trực tiếp khi chín, hoặc cũng có thể được ngâm trong rượu, dùng làm thuốc, hoặc chế biến thành đồ uống. Quả táo ta là nguồn cung cấp dinh dưỡng quan trọng, giàu chất khoáng như canxi và sắt, cùng với lượng lớn vitamin A và C [3]. Phần thịt của quả táo có màu trắng, giòn, vị ngọt đậm đà kết hợp với một chút vị chua.

Quả táo ta có nhiều ứng dụng quan trọng và được tiêu thụ rộng rãi trên thị trường, nhưng trong thực tế, quá trình thu hoạch và bảo quản vẫn chưa được nghiên cứu và ứng dụng khoa học một cách đầy đủ. Việc thu hái quả thường dựa vào kinh nghiệm của người làm vườn, đôi khi còn bị ảnh hưởng bởi mục đích thương mại khiến cho chất lượng của quả táo trên thị trường không được đảm bảo, gây ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe của người tiêu dùng. Do đó, nghiên cứu về các biến đổi sinh lý, hóa sinh của quả để xác định thời điểm thu hoạch tốt nhất là rất cần thiết.

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về quả táo trên thế giới và tại Việt Nam, chưa có nhiều nghiên cứu tập trung vào sự biến đổi sinh lý, hóa sinh theo tuổi phát triển của quả táo ta, đặc biệt là đối với quả táo ta trồng tại tỉnh Thanh Hóa [4, 5]. Do đó, nghiên cứu này được tiến hành để phân tích và đánh giá một số đặc điểm sinh lý, hóa sinh trong quá trình phát triển của quả táo ta trồng tại tỉnh Thanh Hóa.

2 Phương pháp nghiên cứu

2.1 Vật liệu nghiên cứu

Quả táo ta (*Ziziphus mauritiana* Lam.) thuộc giống táo Gia Lộc được thu hoạch tại huyện Thạch Thành, tỉnh

Thanh Hóa từ tháng 9 đến tháng 12 năm 2022. Cây trồng 3 năm tuổi, sinh trưởng, phát triển tốt, không gặp sâu bệnh. Các chỉ tiêu về sinh lý, hóa sinh được phân tích tại Phòng thí nghiệm thuộc Bộ môn Sinh học, Khoa Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Hồng Đức.

2.2 Phương pháp thu mẫu

Trong nghiên cứu này, quả táo ta được thu theo phương pháp lấy mẫu hỗn hợp trên toàn diện tích vườn. Mẫu được thu từ nhiều điểm khác nhau trên nhiều cây. Khi quả mới hình thành được đánh dấu hàng loạt trên các cây thí nghiệm và ghi chép theo ngày tháng. Thí nghiệm được tiến hành ở các thời điểm khác nhau khi quả được (2, 4, 6, 8, 10, 11, 12 và 13) tuần tuổi. Ở mỗi thời điểm nghiên cứu, nhóm nghiên cứu thu mẫu từ tất cả các cây, mỗi cây từ 5 quả đến 10 quả. Mẫu được đưa vào túi nylon và nhanh chóng vận chuyển đến phòng thí nghiệm.

2.3 Phương pháp phân tích các chỉ tiêu sinh lý, hóa sinh

2.3.1 Phương pháp xác định chiều dài và đường kính của quả

Chiều dài và đường kính của quả được xác định bằng thước kẹp kỹ thuật số Vernier với độ chính xác 0,1 mm. Các chỉ tiêu được đo trên 10 quả lấy giá trị trung bình, các quả này được đánh dấu từ giai đoạn (1-2) ngày tuổi, cùng lứa tuổi và theo dõi từng thời điểm ngay trên cây.

2.3.2 Phương pháp xác định khối lượng tươi của quả

Khối lượng tươi của quả được xác định bằng cân điện tử HS-224S (USA) với độ chính xác 10^{-4} g. Cân từng quả đã bỏ cuống, mỗi thời điểm cân 10 quả đánh số thứ tự, lấy số liệu trung bình.

2.3.3 Phương pháp xác định hàm lượng sắc tố

Hàm lượng sắc tố được xác định bằng phương pháp quang phổ [6] và được tính bằng công thức:

$$C_a \text{ (mg/L)} = 12,7 \times E_{663} - 2,69 \times E_{645}$$

$$C_b \text{ (mg/L)} = 22,9 \times E_{645} - 4,68 \times E_{663}$$



$$C_{(a+b)} \text{ (mg/L)} = 8,02 \times E_{663} - 20,2 \times E_{645}$$

Hàm lượng carotenoid được tính bằng công thức:

$$C_{\text{carotenoid}} \text{ (mg/L)} = 4,695 \times E_{440,5} - 0,268 \times C_{(a+b)}$$

Sau đó tính lượng sắc tố trên 1 g lá tươi theo công thức:

$$A = \frac{C \times V}{P \times 1000}$$

Trong đó: E_{663} , E_{645} và $E_{440,5}$ là các kết quả so màu ở các bước sóng tương ứng; C_a , C_b , C_{a+b} : hàm lượng diệp lục a, b và tổng số; A: hàm lượng diệp lục trong 1g lá tươi; C: nồng độ diệp lục trong dịch chiết sắc tố (mg/L); V: thể tích dịch chiết sắc tố (10 mL); P: khối lượng mẫu (g); 1000: là hệ số chuyển mL sang L.

2.3.4 Phương pháp xác định hàm lượng đường khử

Hàm lượng đường khử được xác định bằng phương pháp Bertrand [7] và được tính theo công thức:

$$X = \frac{a \times V_1 \times 100}{V_2 \times b \times 1000}$$

Trong đó: X: hàm lượng đường khử tính theo %; a: số mg glucozo tìm được khi tra bảng ứng với số mL KMnO_4 1/30 N dùng để chuẩn độ mẫu thí nghiệm trừ đi số mL KMnO_4 1/30 N chuẩn độ ở mẫu đối chứng; V_1 : lượng dung dịch lấy để xác định đường khử (mL); V_2 : dung tích bình định mức (mL); b: lượng mẫu thí nghiệm (g); 100: hệ số tính chuyển thành %; 1000: hệ số chuyển đổi g thành mg.

2.3.5 Phương pháp xác định hàm lượng tinh bột

Hàm lượng tinh bột được xác định bằng phương pháp thủy phân bằng axit [7] và được tính theo công thức:

$$Y = \frac{a \times V_1 \times 100 \times 0,9}{V_2 \times b}$$

Trong đó: Y: hàm lượng tinh bột tính theo %; a: số mg glucose tìm được khi tra bảng ứng với số mL KMnO_4 1/30 N dùng để chuẩn độ mẫu thí nghiệm trừ đi số mL KMnO_4 1/30 N chuẩn độ ở mẫu đối chứng; V_1 : dung tích bình định mức; V_2 : thể tích dung dịch đường (sau

thủy phân) lấy để xác định đường glucozo (mL); b: khối lượng mẫu thí nghiệm (mg); 100: hệ số tính chuyển %; 0,9: hệ số chuyển glucozo thành tinh bột.

2.3.6 Phương pháp xác định hàm lượng axit hữu cơ tổng số

Hàm lượng axit hữu cơ tổng số được xác định bằng phương pháp trung hòa [8] và được tính theo công thức:

$$X = \frac{a \times V_1 \times 100}{V_2 \times P}$$

Trong đó: X: lượng axit tổng số có trong dịch chiết (mg); P: lượng mẫu phân tích (g); V_1 : tổng thể tích dịch chiết (mL); V_2 : thể tích đem chuẩn độ (mL); a: lượng NaOH 0,1 N chuẩn độ (mL).

2.4 Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu được xử lý và phân tích phương sai ANOVA bằng phần mềm IRRISTAT 5.0.

3 Kết quả và thảo luận

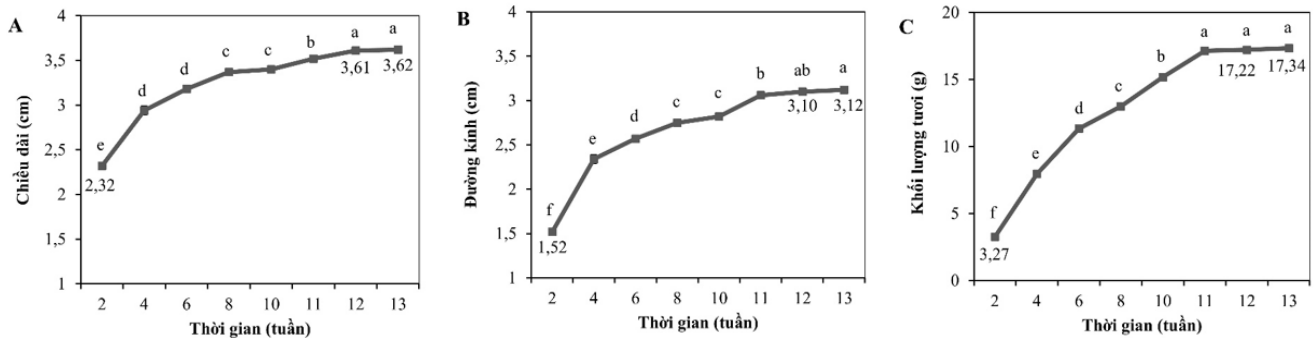
3.1 Sự biến đổi chiều dài, đường kính và khối lượng tươi của quả táo ta

Từ sau khi hình thành, quả táo ta trải qua sự thay đổi về chiều dài, đường kính và khối lượng. Theo dõi sự thay đổi về kích thước của quả trong suốt quá trình sinh trưởng và phát triển là một trong những cơ sở để xác định thời điểm thu hái quả phù hợp. Sự biến đổi về chiều dài, đường kính và khối lượng tươi của quả táo ta trong quá trình phát triển được minh họa trong Hình 1. Theo dữ liệu từ Hình 1 cho thấy chiều dài, đường kính và khối lượng tươi của quả táo ta tăng dần theo quá trình phát triển của quả. Đặc biệt, giai đoạn từ 2 tuần đến 8 tuần tuổi là thời kỳ mà sự tăng trưởng này diễn ra mạnh mẽ nhất. Điều này có thể được giải thích bởi sự tăng lên nhanh chóng về số lượng và kích thước tế bào trong quả. Sau 8 tuần, quả táo tiếp tục tăng lên về kích thước và khối lượng, tuy nhiên tốc độ tăng chậm



dần, đến 12 tuần tuổi, chiều dài quả đạt 3,61 cm, đường kính quả đạt 3,10 cm, và khối lượng tươi của quả đạt 17,22 g. Sau 12 tuần tuổi, sự tăng trưởng của chiều dài, đường kính và khối lượng tươi của quả vẫn tiếp tục nhưng không đáng kể, và các giá trị không thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê so với thời điểm trước đó. Điều này thường xảy ra khi quả đã đạt một kích thước

lớn và không còn có sự gia tăng đột ngột như giai đoạn đầu. Kết quả này cho thấy trong quá trình sinh trưởng và phát triển của quả táo ta, sự tăng trưởng về chiều dài, đường kính và khối lượng tươi có mối liên kết mật thiết với nhau. Điều này có thể được điều chỉnh bởi các quá trình trao đổi chất cùng với sự điều hòa và chi phối của các hormone nội sinh trong tế bào [9].

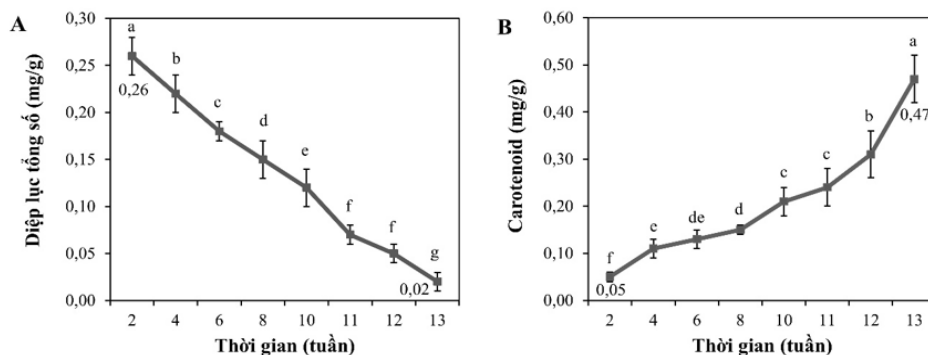


Hình 1 Sự biến đổi chiều dài (A), đường kính (B), khối lượng tươi (C) trong quá trình phát triển của quả táo ta. Các giá trị mang chữ cái khác nhau thể hiện sự khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$

3.2 Sự biến đổi hàm lượng sắc tố của quả táo ta

Sự biến đổi trong hệ sắc tố của vỏ quả là một trong những chỉ tiêu quan trọng để xác định thời điểm thu hái quả phù hợp. Kết quả của nghiên cứu về sự biến đổi của hàm lượng sắc tố trong vỏ quả táo ta được thể hiện trong Hình 2. Trong những tuần đầu tiên, hàm lượng diệp lục tổng số trong vỏ quả táo ta chiếm tỷ lệ cao. Cụ thể, vào thời điểm quả được 2 tuần, hàm lượng diệp lục tổng số đạt 0,26 mg/g vỏ tươi. Tuy nhiên, sau khi quả trưởng thành, hàm lượng diệp lục giảm dần, đặc biệt là

giảm nhanh vào thời điểm 11 tuần. Ở thời điểm này, hàm lượng diệp lục tổng số chỉ còn 0,07 mg/g vỏ tươi, và giảm xuống còn 0,02 mg/g vỏ tươi khi quả được 13 tuần tuổi. Sự giảm dần của hàm lượng diệp lục ở giai đoạn sau phản ánh quá trình phát triển tự nhiên của quả, trong đó có liên quan chặt chẽ đến quá trình trưởng thành và chín của quả. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đó về mối liên hệ giữa hàm lượng diệp lục và quá trình chín của quả [10, 11].



Hình 2 Sự biến đổi hàm lượng sắc tố trong quá trình phát triển của quả táo ta. Các giá trị mang chữ cái khác nhau thể hiện sự khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$

Trong quá trình phát triển của quả táo ta, hàm lượng carotenoid tăng dần và được thể hiện trong Hình 2. Cụ thể, vào tuần thứ 2 của quả, hàm lượng carotenoid đạt mức 0,05 mg/g. Từ tuần thứ 2 đến tuần thứ 10, sự tăng trưởng của hàm lượng carotenoid diễn ra chậm rãi, sau đó tăng nhanh hơn khi quả bắt đầu chín mọng. Đặc biệt, vào tuần thứ 13, hàm lượng carotenoid đạt mức cao nhất là 0,47 mg/g. Trong giai đoạn ban đầu, màu sắc chủ yếu của quả là xanh do lượng lớn diệp lục che phủ các carotenoid. Tuy nhiên, khi quả chín đến giai đoạn sau, màu vàng của carotenoid trở nên rõ ràng hơn do sự giảm dần của diệp lục [12]. Kết quả này phản ánh sự biến đổi màu sắc của quả táo ta trong suốt quá trình chín và mức độ phân hủy của diệp lục, đồng thời cho thấy mối quan hệ chặt chẽ giữa diệp lục và carotenoid trong quá trình này. Điều này chỉ ra rằng việc theo dõi hàm lượng sắc tố trong vỏ quả có thể cung cấp thông tin hữu ích để xác định thời điểm phù hợp cho việc thu hoạch quả.

3.3 Sự biến đổi hàm lượng đường khử, tinh bột và axit hữu cơ tổng số của quả táo ta

Nghiên cứu về sự biến đổi của hàm lượng đường khử, tinh bột và axit hữu cơ tổng số là một phần quan trọng để đánh giá chất lượng của quả táo ta khi chín. Trong giai đoạn đầu của quả (2 tuần tuổi), hàm lượng đường khử tương đối thấp, chỉ đạt 1,15 % (Bảng 1). Tuy nhiên, từ tuần thứ 2 đến tuần thứ 12, hàm lượng đường khử tăng nhanh và đạt mức cao nhất là 6,15 % vào thời điểm quả 12 tuần tuổi. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu trước đây [4, 13], cho thấy hàm lượng đường khử thường tăng nhanh trong giai đoạn phát triển của quả. Tuy nhiên, sau khi quả đạt 12 tuần tuổi, hàm lượng đường khử bắt đầu giảm đi. Điều này có thể được giải thích bởi sự gia tăng cường độ hô hấp trong quá trình chín của quả táo ta. Sự tăng nhanh của quá trình hô hấp vào thời điểm này có thể là nguyên nhân gây ra sự giảm hàm lượng đường khử, bởi vì đường khử thường là nguyên liệu trực tiếp được sử dụng trong quá trình hô hấp [13].

Bảng 1 Sự biến đổi hàm lượng đường khử, tinh bột và axit hữu cơ tổng số trong quá trình phát triển của quả táo ta

Tuổi phát triển của quả (tuần)	Hàm lượng đường khử (%)	Hàm lượng tinh bột (%)	Hàm lượng axit hữu cơ tổng số (mg/100 g)
2	1,15 ^e ± 0,03	5,32 ^c ± 0,12	17,55 ^f ± 0,25
4	1,21 ^e ± 0,09	5,84 ^c ± 0,15	23,46 ^e ± 0,20
6	1,38 ^e ± 0,04	7,31 ^a ± 0,09	34,17 ^d ± 0,17
8	2,11 ^{de} ± 0,05	6,58 ^b ± 0,18	54,63 ^c ± 0,36
10	3,16 ^{cd} ± 0,02	6,12 ^b ± 0,22	67,54 ^a ± 0,30
11	4,96 ^b ± 0,08	5,26 ^c ± 0,17	61,18 ^b ± 0,22
12	6,15 ^a ± 0,05	4,24 ^d ± 0,19	58,35 ^b ± 0,20
13	6,09 ^a ± 0,05	3,27 ^e ± 0,23	53,28 ^c ± 0,19

Ghi chú: trong cùng một cột số liệu, các giá trị mang cùng chữ cái thể hiện sự khác nhau không ý nghĩa, các giá trị mang chữ cái khác nhau thể hiện sự khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

Sự biến đổi hàm lượng tinh bột của quả táo ta trong quá trình phát triển có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố

như điều kiện thời tiết, độ tuổi của quả và chế độ dinh dưỡng. Quan sát sự thay đổi này là rất quan trọng để



đánh giá chất lượng và độ chín của quả táo ta. Khi quả táo ta đạt 2 tuần tuổi, hàm lượng tinh bột đạt mức 5,32 %, và cao nhất đạt 7,31 % tại tuần thứ 6 (Bảng 1). Sự tăng lên của hàm lượng tinh bột trong giai đoạn này là do quả táo ta còn non và đang trong giai đoạn phát triển. Trong giai đoạn này, cây táo tổng hợp nhiều tinh bột để cung cấp năng lượng cho quá trình sinh trưởng và phát triển của quả. Tuy nhiên, sau 6 tuần tuổi, hàm lượng tinh bột trong quả bắt đầu giảm dần. Vào tuần thứ 13, hàm lượng tinh bột giảm xuống còn 3,27 %. Điều này là do khi quả táo ta bước vào giai đoạn chín, tinh bột đã được phân hủy thành đường để cung cấp năng lượng cho hô hấp. Ngoài ra, quá trình chín của quả táo ta cũng gây ra các biến đổi sinh hóa, dẫn đến giảm hàm lượng tinh bột trong quả táo ta [14, 15].

Trong tế bào thực vật, axit hữu cơ có thể tồn tại ở dạng tự do, dạng muối amon hoặc dạng các este. Khi tồn tại dưới dạng este, axit hữu cơ này thường đóng vai trò quan trọng trong việc quy định chất lượng và mùi vị của nhiều loại quả. Hàm lượng axit hữu cơ trong quả thường biến đổi tùy theo loài, giống cây và giai đoạn phát triển của quả. Ở giai đoạn quả táo ta được 2 tuần tuổi, hàm lượng axit hữu cơ tổng số đạt 17,55 mg/100 g. Từ tuần thứ 2 đến tuần thứ 10, hàm lượng axit hữu cơ tổng số trong quả tăng dần và đạt giá trị cao nhất là 67,54 mg/100 g vào tuần thứ 10 (Bảng 1). Tuy nhiên, ở giai đoạn từ tuần thứ 10 đến tuần thứ 13, hàm lượng

axit hữu cơ trong quả giảm xuống, điều này xảy ra do axit hữu cơ được sử dụng trong quá trình hô hấp để cung cấp năng lượng cho các quá trình tổng hợp tinh bột, đồng thời, năng lượng cũng tiếp tục được sử dụng cho các quá trình sinh tổng hợp các chất đặc trưng cho quá trình chín của quả như tổng hợp enzym thủy phân và các este tạo mùi thơm cho quả trong giai đoạn chín. Tất cả những quá trình này đều góp phần vào việc giảm hàm lượng axit hữu cơ trong quả [16].

4 Kết luận

Quả táo ta trồng tại tỉnh Thanh Hóa đạt kích thước gần như tối đa về chiều dài, đường kính và khối lượng tươi ở thời điểm 12 tuần tuổi. Lúc này quả có hàm lượng diệp lục tổng số thấp và hàm lượng carotenoid cao. Các thành phần như đường khử, tinh bột và axit hữu cơ tổng số thay đổi theo quá trình phát triển của quả. Ở 12 tuần tuổi, quả táo ta có hàm lượng đường khử tối đa. Hàm lượng tinh bột trong quả giảm dần sau 6 tuần tuổi, trong khi hàm lượng axit hữu cơ tổng số giảm dần sau 10 tuần tuổi. Kết quả nghiên cứu này cho thấy quả táo ta nên được thu hoạch khi quả được 12 tuần tuổi, lúc này quả có hàm lượng chất dinh dưỡng cao và có hương vị tốt cho người tiêu dùng. Đây là cơ sở khoa học quan trọng và hữu ích cho người trồng và người tiêu dùng trong việc lựa chọn thời điểm thu hoạch, sử dụng và bảo quản quả táo ta.

Tài liệu tham khảo

1. C.J. O'Brien, S. Campbell, A. Young, W. Vogler and V.J. Galea. (2023). Chinese apple (*Ziziphus mauritiana*): A comprehensive review of its weediness, ecological impacts and management approaches. *Plants*, 12(18), 3213.
2. T. Meriem. (2024). A review on phytopharmacological properties of five jujube species: *Ziziphus sativa*, *Z. mauritiana*, *Z. mucronata*, *Z. lotus* and *Z. spina christi* (Rhamnaceae). *Pharmacy and Drug Development*, 3(1), 1-8.



3. I.M. Maruza, L. Musemwa, S. Mapurazi, P. Matsika, V.T. Munyati and S. Ndhleve. (2017). Future prospects of *Ziziphus mauritiana* in alleviating household food insecurity and illnesses in arid and semi-arid areas: A review. *World Development Perspectives*, 5, 1-6.
4. M.E.F. Abbas and B.S. Fandi. (2002). Respiration rate, ethylene production and biochemical changes during fruit development and maturation of jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(13), 1472-1476.
5. S. Zozio, A. Servent, O. Hubert, A. Hiol, D. Pallet and D. Mbéguié-A-Mbéguié. (2014). Physicochemical and biochemical characterization of ripening in jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk) fruits from two accessions grown in Guadeloupe. *Scientia Horticulturae*, 175, 290-297.
6. Nguyễn Văn Mã, La Việt Hồng and Ong Xuân Phong. (2013). *Phương pháp nghiên cứu sinh lý học thực vật*. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, 223 tr.
7. Nguyễn Văn Mùi. (2001). *Thực hành hóa sinh học*. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, 205 tr.
8. L.V. Trong, H.T. Phuong and B.B. Thinh. (2023). Changes in the physiological and biochemical parameters of cucumber (*Cucumis sativus* L.) during fruit development. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry• Wood Industry• Agricultural Food Engineering*, 16(1), 143-154.
9. H. Wang, N. Schauer, B. Usadel, P. Frasse, M. Zouine, M. Hernould, A. Latché, J.C. Pech, A.R. Fernie and M. Bouzayen. (2009). Regulatory features underlying pollination-dependent and-independent tomato fruit set revealed by transcript and primary metabolite profiling. *The Plant Cell*, 21(5), 1428-1452.
10. L. Du, X. Yang, J. Song, Z. Ma, Z. Zhang and X. Pang. (2014). Characterization of the stage dependency of high temperature on green ripening reveals a distinct chlorophyll degradation regulation in banana fruit. *Scientia Horticulturae*, 180, 139-146.
11. A. Nagy, P. Riczu and J. Tamás. (2016). Spectral evaluation of apple fruit ripening and pigment content alteration. *Scientia Horticulturae*, 201, 256-264.
12. N. Charoenchongsuk, K. Ikeda, A. Itai, A. Oikawa and H. Murayama. (2015). Comparison of the expression of chlorophyll-degradation-related genes during ripening between stay-green and yellow-pear cultivars. *Scientia Horticulturae*, 181, 89-94.
13. V.J. Bastos, L.C. Neves, P.M.C. da Silva, M. Shahab, R.C. Colombo and S.R. Roberto. (2016). Harvest point determination of indian jujube fruit (*Ziziphus mauritiana* L.) based on physicochemical and functional parameters. *Scientia Horticulturae*, 213, 392-402.
14. R.H. Wills, B. Mcglasson, D. Graham and D. Joyce. (1998). *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of the fruit, vegetables, and ornamentals*. 4st Ed. CAB International, Willingford, Oxan, UK. 262 p.
15. S. Musacchi and S. Serra. (2018). Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*, 234, 409-430.
16. V. Prasanna, T.N. Prabha and R.N. Tharanathan. (2007). Fruit ripening phenomena—an overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(1), 1-19.

Study on the changes of some physiological and biochemical parameters during the growth and development of Indian jujube fruits (*Ziziphus mauritiana* Lam.) cultivated in Thanh Hoa province, Viet Nam

Le Van Trong¹, Ha Thi Phuong², Lai Thi Thanh¹, Bui Bao Thinh^{3,*}

¹Faculty of Agriculture, Forestry and Fisheries, Hong Duc University

²Faculty of Natural Sciences, Hong Duc University

³Biotechnology Center of Ho Chi Minh City

*buibaothinh9595@gmail.com

Abstract The study was conducted to evaluate physiological and biochemical parameters during the development of Indian jujube fruits (*Ziziphus mauritiana* Lam.) grown in Thanh Hoa province, from the 2nd to the 13th week after the anthesis, to determine the optimal harvest time. The fruit size and fresh weight were measured using a digital caliper and electronic scale, while the contents of pigments, reducing sugars, starch, and total organic acids were determined using spectrophotometry, Bertrand's method, acid hydrolysis, and neutralization, respectively. The results showed that the fruit length, diameter, and fresh weight reached their maximum values at the 12th week. The chlorophyll content gradually decreased, whereas the carotenoid content continuously increased with fruit age. The reducing sugar content steadily increased, peaking at the 12th week, followed by a slight decline. The starch content peaked at the 6th week and then gradually decreased, while the total organic acid content reached its maximum at the 10th week and subsequently declined. The study recommends harvesting Indian jujube fruits at the 12th week to achieve optimal nutritional value and quality. These findings provide essential scientific insights to support harvest management and enhance the economic value of Indian jujube in agricultural production.

Keywords Indian jujube fruits, *Ziziphus mauritiana*, physiological parameters, biochemical parameters, physiological ripening.