

XÁC ĐỊNH TUỔI SINH HỌC CHO GIỐNG CÀ CHUA SAVIOR TRỒNG VỤ XUÂN HÈ BẰNG PHƯƠNG PHÁP MÔ HÌNH

Trần Thị Định*, Trần Thị Lan Hương

Khoa Công nghệ thực phẩm, Học Viện Nông nghiệp Việt Nam

Email : ttdinh@vnua.edu.vn*

Ngày gửi bài: 15.10.2015

Ngày chấp nhận: 11.03.2016

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này tuổi sinh học của cà chua trồng vụ Xuân Hè được xác định dựa vào phương pháp mô hình. Mô hình được thiết lập chỉ dựa trên hai biến số đầu vào: khối lượng và màu sắc quả, thu nhận được trong quá trình phát triển và chín. Tiếp theo, mô hình đã được kiểm định bằng phương pháp ước lượng điểm đơn và cho kết quả tốt. Kết quả của nghiên cứu này sẽ được kết hợp với số liệu về chất lượng của cà chua ở các giai đoạn sinh lý khác nhau để xây dựng mô hình cho phép xác định thời điểm thu hái tối ưu cho giống cà chua Savior trồng vụ Xuân Hè.

Từ khóa: Cà chua, mô hình hóa, tuổi sinh học.

Biological Age Determination for Tomato cv 'Savior' Grown in Spring-Summer Season by Modeling Approach

ABSTRACT

In the current study, the biological age of tomato cv 'Savior' grown in spring summer season was determined using modeling approach. The model was calibrated based on two input variables: mass and fruit color changes during fruit development and ripening. The model was successfully validated using a single point estimation method. The data in this study can be combined with the quality attributes at different physiological stages to calibrate the model for predicting the optimal harvest time of tomato cv Savior in further research.

Keywords: Biological age, modeling, tomato.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cà chua, *Lycopersicon esculentum* Mill, là một loại rau quả được sử dụng rất phổ biến để ăn tươi cũng như làm nguyên liệu cho công nghiệp chế biến bởi thành phần dưỡng chất và những lợi ích tuyệt vời mà nó mang lại cho con người. Cà chua chứa chủ yếu là nước, carbohydrat, protein, lipid, axit hữu cơ, nguyên tố vi lượng và các vitamin rất tốt cho sức khỏe. Cà chua được sử dụng như một vị thuốc làm mát cơ thể, giải nhiệt, giúp kháng khuẩn, loại độc tố, kiềm hóa axit và tăng khả năng tiêu hóa tinh bột Viện dinh dưỡng Việt Nam (2007). Cà chua được đưa vào trồng ở Việt Nam từ cuối thế

kỷ 19 ở các tỉnh đồng bằng Bắc Bộ và một số tỉnh vùng cao (Nguyễn Hữu Toàn, 2015). Hiện nay diện tích trồng cà chua ngày càng được mở rộng cùng với việc áp dụng các giống mới lai tạo vào sản xuất biến cà chua thành một cây hoa màu mang lại giá trị kinh tế cao. Trong số đó có cà chua Savior, giống chống chịu được với điều kiện nắng nóng khắc nghiệt của mùa hè nên có thể tăng năng suất trồng hàng năm so với những giống kém chịu nhiệt khác và tạo cơ hội tăng thu nhập cho người nông dân. Hơn nữa, Savior còn có khả năng kháng virus xoăn vàng lá (Lê Nga, 2013). Tuy nhiên, do một số lý do khác nhau mà chất lượng của cà chua thu hái và tiêu thụ hàng năm vẫn ở mức thấp. Nguyên

nhân chính là do người trồng chỉ dựa trên kinh nghiệm để xác định thời điểm thu hái cà chua, chủ yếu căn cứ vào số ngày kể từ khi ra hoa, đặc điểm vai quả và màu sắc vỏ quả. Những biểu hiện hình thức bề ngoài chỉ mô tả một cách tương đối sự thành thực sinh lý bên trong của quả, đặc biệt là màu sắc vì hiện nay việc phân loại độ chín dựa trên màu sắc của cà chua nói chung thường chia thành 6 loại (từ độ chín 1 đến độ chín 6), có phân đoạn đều như nhau trong khi trên thực tế cà chua có bản chất sinh học nên có sự dao động về sinh lý giữa các quả có cùng ngày tuổi ra hoa. Hơn nữa, tốc độ chuyển độ chín trong hệ phân loại màu sắc không như nhau. Do đó, nếu chỉ dựa vào những đặc điểm trên thì chất lượng cà chua thu hái trong nhiều trường hợp sẽ không đáp ứng được yêu cầu thị trường. Vì vậy, việc phân loại quả theo tuổi sinh học sẽ khách quan hơn và khắc phục được nhược điểm của hệ phân loại theo màu sắc. Tuổi sinh học của quả có thể được tính toán dựa trên các mô hình toán học.

Hiện đã có một số nhóm nghiên cứu sử dụng khái niệm về tuổi sinh học để phân loại mức độ thành thực của các loại quả khác nhau như cà chua (Hertog, 2014), đào (Tijskens *et al.*, 2007; Rizzolo *et al.*, 2009), táo (Tijskens *et al.*, 2008; Tijskens *et al.*, 2009). Gần đây, nhóm nghiên cứu của chúng tôi tại Bỉ đã mở rộng khái niệm về tuổi sinh học để nghiên cứu sự biến đổi chất lượng của giống cà chua Bonaparte trong quá trình phát triển và chín (Van de Poel *et al.*, 2012). Mục đích của nghiên cứu này nhằm xây dựng mô hình toán học để xác định tuổi sinh học cho giống cà chua Savior trồng vụ Xuân Hè, bước đầu tiên trong việc xác định thời điểm thu hái tối ưu cho cà chua.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu

Giống cà chua chịu nhiệt Savior được trồng trong nhà lưới của Viện nghiên cứu Rau quả vào vụ Xuân Hè năm 2015.

2.2. Bố trí thí nghiệm

Từ những luống cà chua trồng trong nhà lưới, 200 cây được lựa chọn ngẫu nhiên cho thí

nghiệm. Trên những cây cà chua này, 1.200 hoa được đeo biển để đánh dấu tuổi của chúng kể từ thời điểm ra hoa, chia làm 3 đợt, mỗi đợt cách nhau từ 3 - 5 ngày để bao phủ một phổ rộng sự dao động về sinh học giữa các trà hoa. Khi đeo biển cho hoa, đối với cây, loại bỏ các cây đầu tiên và cuối cùng của mỗi luống và các luống bao xung quanh vườn. Đối với hoa, loại bỏ các chùm hoa trên ngọn và dưới cùng. Trong mỗi chùm được đeo loại bỏ bông hoa ở ngọn. Sau 13 ngày kể từ khi ra hoa, sự tăng trưởng về khối lượng và biến đổi màu sắc của 370 quả được theo dõi định kỳ 3 ngày/lần trong giai đoạn phát triển của quả. Sau đó, quả được theo dõi định kỳ 2 ngày/lần khi quả chuyển sang giai đoạn chín.

2.3. Mô hình toán học để xác định tuổi sinh học cho giống cà chua Savior trồng vụ Xuân Hè

2.3.1. Mô hình hóa sự thay đổi khối lượng

Trong quá trình phát triển, khối lượng của quả tăng dần cho đến khi kích thước quả đạt được giá trị tối đa. Hiện đã có một số mô hình được thiết lập để mô tả sự phát triển của quả cà chua nhưng việc tính toán tuổi sinh học của quả dựa vào các mô hình này khá phức tạp. Vì vậy, phương trình chuẩn Gompertz dạng vi phân (Winsor, 1932) được áp dụng để mô hình hóa khối lượng của quả M (g) theo thời gian t (ngày).

$$M(t) = M_{\max} \times \exp(-C \times \exp(-k_m \times t)) \quad (1)$$

Trong đó:

k_m (ngày⁻¹): tốc độ phát triển

$M_{\max}$ (g): khối lượng tối đa của quả

C : hệ số không thứ nguyên từ hàm Gompertz. Những thông số này được ước lượng từ mô hình (1).

Giả thiết rằng k_m và C là các thông số mà giá trị của nó đặc trưng cho giống cà chua, trong khi $M_{\max}$ khác nhau đối với từng quả. Mô hình Gompertz đã được chứng minh là phù hợp nhất để mô hình hóa sự phát triển khối lượng của quả (Van de Poel *et al.*, 2012).

2.3.2. Mô hình hóa sự thay đổi màu sắc

Sự thay đổi màu sắc (thể hiện qua thông số góc màu H (°)) trong quá trình chín của quả

được mô tả bằng phương trình vi phân dạng hàm số mũ nghịch đảo có dạng như sau:

$$H(t) = H_{\min} + (H_o - H_{\min}) \times \exp(-k_h \times t) \quad (2)$$

Trong đó:

k_h (ngày⁻¹): tốc độ thay đổi màu sắc

$H_{\min}$ (°): giá trị màu sắc nhỏ nhất

H_o (°): giá trị màu sắc ban đầu

Các thông số k_h , $H_{\min}$, H_o đặc trưng cho giống cà chua cụ thể và được ước lượng từ mô hình (2).

2.3.3. Mô hình hóa sự chuyển đổi sinh học

Thực nghiệm cho thấy sự thay đổi màu sắc của quả chỉ xảy ra khi quả cà chua đã đạt tới sự tăng trưởng tối đa về kích thước (khối lượng). Vì vậy, trong giai đoạn phát triển thì không xảy ra sự thay đổi về màu sắc, quả cà chua có màu xanh và khối lượng quả không ngừng tăng lên. Khi bước vào giai đoạn chín thì kích thước quả đạt ngưỡng bão hòa và bắt đầu quá trình chín xảy ra thể hiện ở sự biến đổi màu sắc. Dựa vào quy luật này nhóm nghiên cứu của Van de Poel *et al.* (2012) đã đưa ra mô hình trong đó có sự kết hợp giữa sự thay đổi màu sắc và sự phát triển của quả. Sự chuyển đổi sinh học này được mô tả bởi phương trình (3):

$$k_h = \frac{k_h^{\max}}{(1 + ((M_{\max} - M) / M_{\max}))^s} \quad (3)$$

Trong đó:

$k_h^{\max}$ (ngày⁻¹): hệ số biểu thị tốc độ thay đổi màu sắc tối đa

s : hệ số không thứ nguyên - thể hiện độ dốc của sự chuyển đổi. Hai thông số này được ước lượng từ mô hình (3).

2.3.4. Tuổi sinh học của quả

Sự kết hợp giữa số liệu về khối lượng và màu sắc quả được sử dụng để xác định tuổi sinh học của một quả cà chua. Trong khi thời điểm thu hoạch chỉ cung cấp điểm bắt đầu tùy chọn, tuổi sinh học đặt số liệu thực nghiệm theo một thang đo tiêu chuẩn tương ứng với sự phát triển của quả. Tuổi sinh học (t_{age}) được tính toán từ thời gian thực nghiệm (t_{exp}) (ngày) và hệ số chuẩn Δt (ngày), mô tả sự sai lệch về tuổi sinh

học giữa các quả trong cùng một quần thể mẫu theo phương trình 4:

$$t_{\text{age}} = t_{\text{exp}} + \Delta t \quad (4)$$

Hệ số chuẩn Δt là hằng số đặc trưng cho từng quả. Tại thời điểm thu hoạch, $t_{\text{exp}} = 0$, $t_{\text{age}} = \Delta t$.

Các thông số của những mô hình trên được ước lượng sử dụng phần mềm OptiPa (Hertog, 2007) một công cụ tối ưu hóa được tích hợp với phần mềm Matlab (Matlab R, The MathWorks, Inc., Natick, MA, USA).

Dựa trên bộ dữ liệu về khối lượng và màu sắc thu được trong quá trình sinh trưởng và chín của quả mà mô hình được thiết lập, là cơ sở để tính toán tuổi sinh học của quả. Dựa trên số liệu về khối lượng mà các giá trị đặc trưng cho giống k_m và C , đặc trưng cho từng quả $M_{\max}$ và Δt được ước lượng, trong khi các thông số đặc trưng cho giống như $k_h^{\max}$, $H_{\min}$, H_o được ước lượng dựa vào dữ liệu về màu sắc quả.

2.4. Kiểm định mô hình bằng phương pháp ước lượng điểm đơn

Từ số liệu thực nghiệm thu được trên 370 quả cà chua theo dõi trong chuỗi thời gian phát triển và chín, chúng tôi giả thiết mỗi cặp giá trị khối lượng - màu sắc đo tại một thời điểm nhất định thuộc một quả riêng biệt. Bằng cách cố định các thông số đặc trưng cho giống (k_m và C , $k_h^{\max}$, $H_{\min}$, H_o) đã được ước lượng từ trước, các mô hình trong mục 2.3.1 - 2.3.4 được dùng để ước lượng thông số đặc trưng cho từng quả như $M_{\max}$ và Δt . Giá trị tuổi sinh học thu nhận được tại mỗi điểm đơn này sẽ được so sánh với tuổi sinh học tính được từ phương pháp chuỗi thời gian khi xây dựng mô hình, từ đó ta có thể kết luận mức độ phù hợp của mô hình đồng thời khẳng định mức độ chính xác của phương pháp ước lượng điểm đơn.

2.5. Phương pháp phân tích

2.5.1. Khối lượng quả

Đường kính quả trên cây được đo bằng thước kẹp điện tử Panme, sai số $\pm 0,01$ mm. Khối lượng quả cà chua trên cây được tính toán từ đường kính quả và khối lượng riêng của quả.

Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng giá trị khối lượng riêng trung bình cho cà chua là 0,873 g/cm³, tham khảo từ nghiên cứu của Van de Poel *et al.* (2012). Khối lượng quả được tính dựa vào phương trình 5:

$$m = V \times d = \frac{4}{3} \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^3 \times 0,873 \quad (5)$$

Trong đó:

m : khối lượng quả (g)

V : thể tích quả (cm³)

D : đường kính quả (cm)

d : khối lượng riêng (g/cm³)

2.5.2. Màu sắc quả

Màu sắc của quả được xác định bằng máy đo màu Minolta CM 2500D (Konica Minolta, Tokyo, Nhật Bản), biểu thị trên hệ màu CIELAB thông qua các chỉ số L*, a*, b* trong đó:

L*: chỉ số thể hiện độ sáng vỏ quả có trị số từ 0 (đen) đến 100 (trắng)

a*: chỉ số thể hiện dải màu xanh lá cây (-60) đến đỏ (+60)

b*: chỉ số thể hiện dải màu xanh nước biển (-60) đến vàng (+60)

$$H = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (6)$$

Màu sắc được thể hiện qua thông số góc màu H (°) và được tính dựa vào phương trình 6:

2.6. Xử lý số liệu

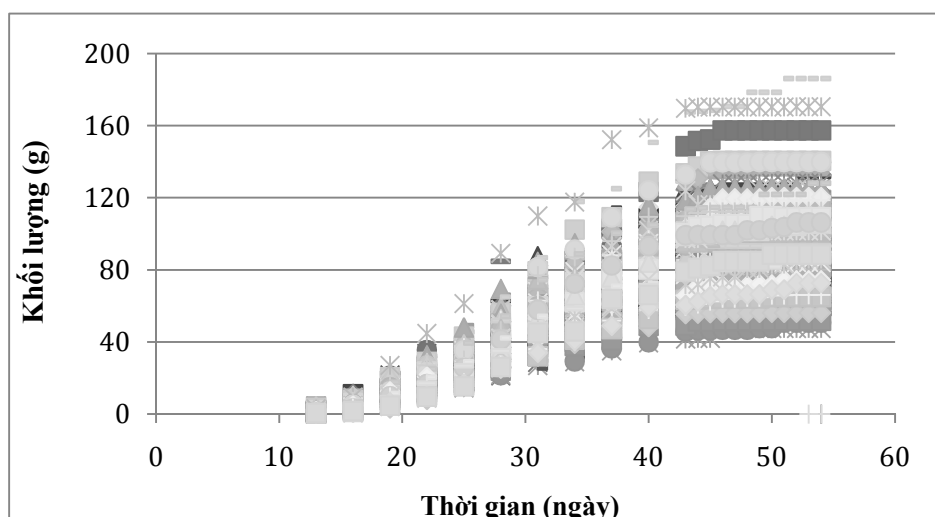
Số liệu được xử lý bằng phần mềm Microsoft excel 2007 và phần mềm tối ưu hóa Optipa.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

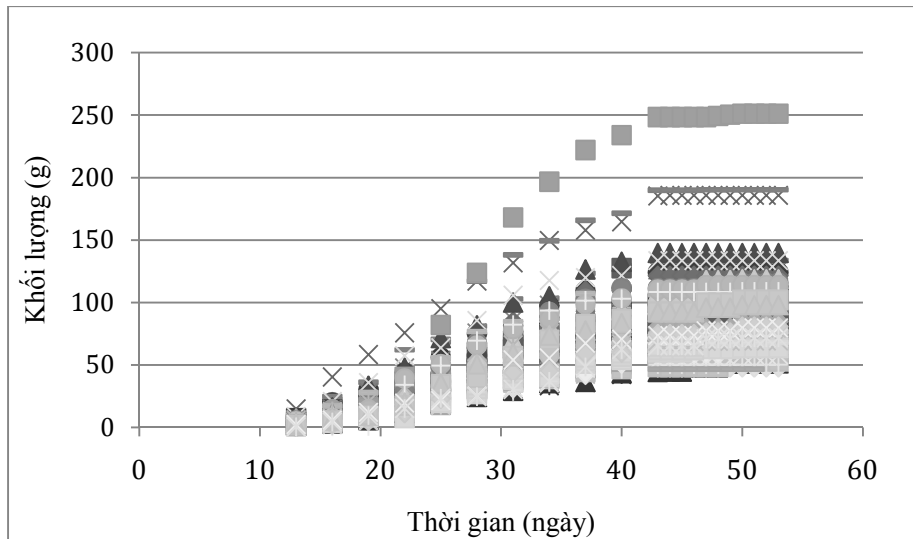
3.1. Diễn biến tăng trưởng khối lượng của cà chua trong quá trình phát triển và chín

Quá trình sinh trưởng và phát triển của cà chua được đặc trưng bởi sự biến đổi kích thước hay khối lượng của quả. Kết quả theo dõi về sự biến đổi này được thể hiện trên hình 1-3.

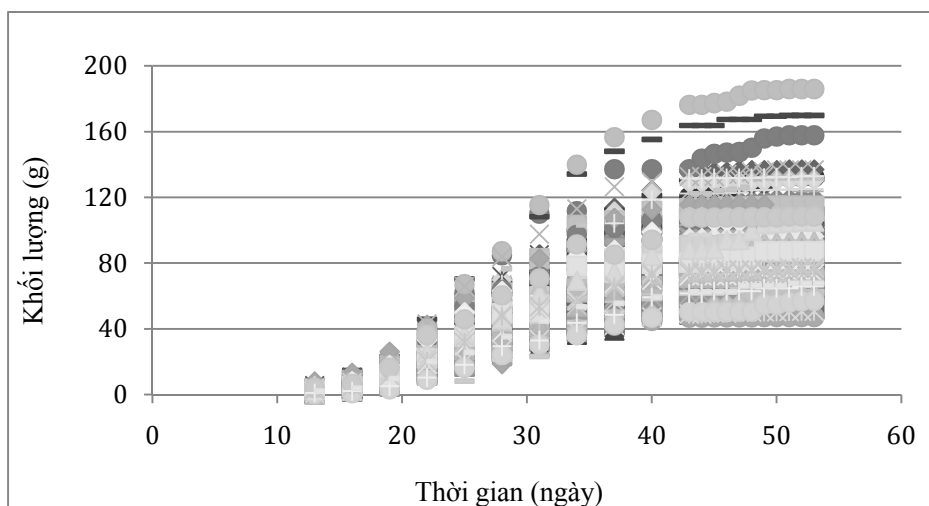
Trong cả ba đợt đeo hoa khối lượng của quả gia tăng liên tục khoảng 43 ngày kể từ khi ra hoa. Sau đó khối lượng quả vẫn có xu hướng tăng nhưng với tốc độ rất chậm, cùng với đó là cà chua bước vào giai đoạn chín. Tổng thời gian phát triển và chín của quả kéo dài 53 ngày. Khối lượng trung bình của quả trong 3 đợt đeo hoa tăng từ 2,60 g (ngày tuổi thứ 13) đến 84,32 g (tính đến ngày thứ 43). Sự gia tăng về khối lượng của các quả ở các đợt đeo hoa khác nhau rất khác nhau. Đợt 1 quả có khối lượng trung bình từ 1,62 g đến 91,57 g, lớn hơn quả đeo hoa đợt 2 (có khối lượng trung bình từ 3,59 g đến 89,33 g và quả đợt 3 từ 2,57 g đến 89,23 g. Sự chênh



Hình 1. Sự biến đổi khối lượng của cà chua Savior trong quá trình phát triển và chín (đợt 1)



Hình 2. Sự biến đổi khối lượng của quả cà chua Savior trong quá trình phát triển và chín (đợt 2)



Hình 3. Sự biến đổi khối lượng của quả cà chua Savior trong quá trình phát triển và chín (đợt 3)

lệch về khối lượng của quả giữa các đợt đeo hoa này là do sự khác nhau về nguồn dinh dưỡng và cường độ chiếu sáng của chúng. Những quả của đợt 1 là những quả đầu tiên của cây nên sẽ được hấp thụ tập trung chất dinh dưỡng nhiều hơn so với những quả của đợt 2 và đợt 3.

Trong cùng một đợt đeo hoa khối lượng của các quả có cùng ngày tuổi có sự dao động khá lớn, điển hình là khi so sánh giá trị tối đa mà quả đạt được trong giai đoạn bão hòa, giá trị bão hòa nhỏ nhất là 47,50 g và giá trị lớn nhất là

186,11 g cho đợt 1 tương tự cho đợt 2 từ 48,20 g đến 251,17 g và đợt 3 từ 47,13 g đến 186,00 g. Điều này được lý giải do các quả nằm ở vị trí khác nhau trong một chùm, các chùm khác nhau trên một cây có cơ hội tiếp nhận ánh sáng, dinh dưỡng và môi trường tiểu khí hậu khác nhau. Thông thường những quả ở tầng thấp và ở đầu chùm hoa cho khối lượng lớn hơn những quả ở tầng cao và ở cuối chùm hoa.

Như vậy, so sánh với sự gia tăng khối lượng của giống cà chua Bonaparte trong nghiên cứu

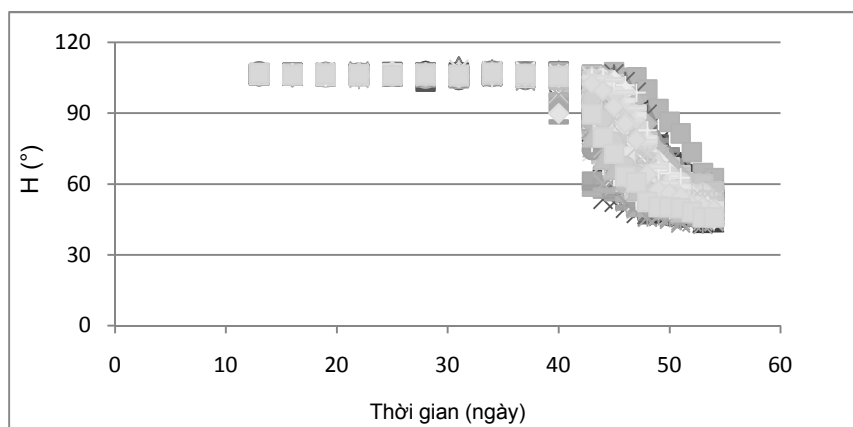
của Van de Poel *et al.* (2012) thì cà chua Savior này có cùng xu hướng phát triển. Tuy nhiên, do cà chua Bonaparte được trồng trong nhà kính, ở đó có sự kiểm soát chặt chẽ yếu tố môi trường như nhiệt độ, độ ẩm và dịch bệnh nên sự dao động về khối lượng quả trong cùng ngày tuổi không quá lớn như trong nghiên cứu này.

3.2. Sự biến đổi màu sắc của cà chua trong quá trình sinh trưởng và phát triển

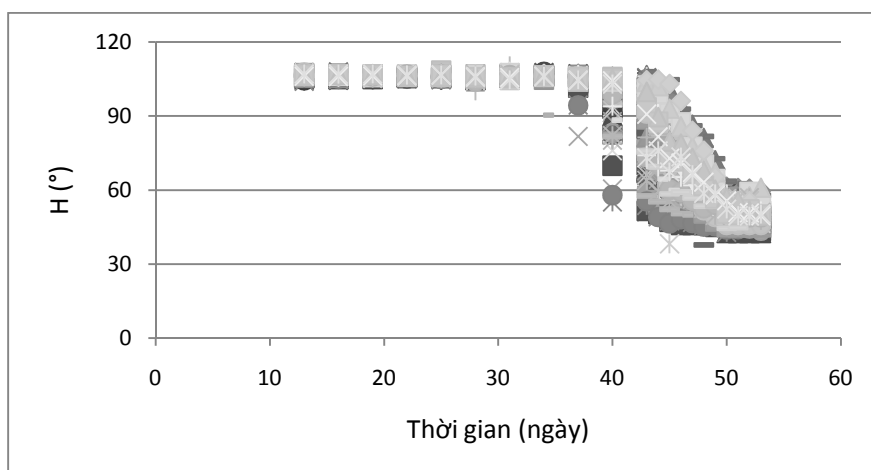
Giống cà chua Savior thuộc loại quả hô hấp đột biến và chín sau thu hoạch. Khi quả cà chua bước vào giai đoạn chín thì một trong những biểu hiện đặc trưng bên ngoài rõ nhất là sự biến đổi màu sắc của quả. Sự biến đổi màu sắc của

quả trong quá trình sinh trưởng và phát triển, đặc trưng bởi góc màu Hue ($^{\circ}$) được thể hiện trên hình 4-6.

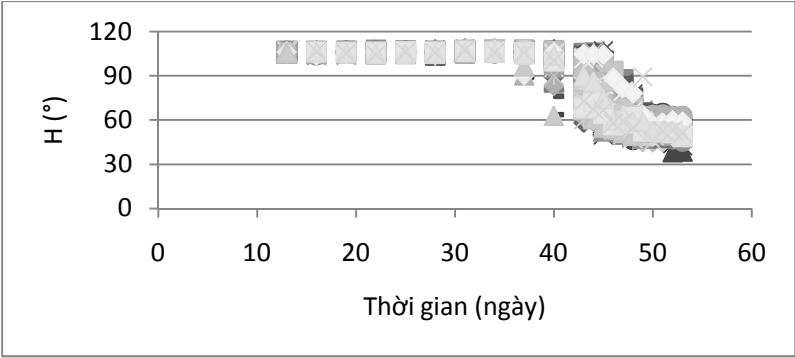
Trong giai đoạn phát triển (từ ngày ra hoa đến ngày thứ 37-40) quả cà chua có giá trị góc màu trung bình khoảng $105-106^{\circ}$ tương ứng quả có màu xanh do sắc tố diệp lục quy định. Khi bước vào giai đoạn thành thực sinh lý thì màu sắc có sự biến đổi, góc màu có xu hướng giảm mạnh, từ khoảng 105° xuống $51,86^{\circ}$ trong khoảng 10-12 ngày (từ ngày thứ 40 đến ngày thứ 53), tương ứng màu sắc quả chuyển từ vàng, cam sang đỏ do biểu hiện của hợp chất β -carotene và lycopene. Khi quả đạt độ chín 6 (màu đỏ) thì góc màu đạt mức bão hòa.



Hình 4. Sự biến đổi màu sắc của cà chua trong quá trình phát triển và chín (đợt 1)



Hình 5. Sự biến đổi màu sắc của cà chua trong quá trình phát triển và chín (đợt 2)



Hình 6. Sự biến đổi màu sắc của cà chua trong quá trình phát triển và chín (đợt 3)

Tuy nhiên, sự biến đổi màu sắc của ba đợt đeo hoa và giữa các quả trong cùng một đợt là khác nhau. Đối với đợt 1 sự biến đổi màu sắc của quả trung bình từ $106,48^\circ$ giảm xuống đến $51,48^\circ$, lớn hơn quả đeo hoa đợt quả 2 từ $106,30^\circ$ giảm xuống $48,85^\circ$ và đợt quả đeo lần 3 từ $106,23^\circ$ giảm xuống $51,25^\circ$.

Trong cùng một đợt đeo hoa thì màu sắc của các quả ở cùng một ngày tuổi có sự dao động khá lớn, điển hình là khi ta so sánh giá trị thấp nhất mà quả đạt được ở giai đoạn màu sắc bão hòa. Giá trị cao nhất là $62,50^\circ$ và giá trị thấp nhất là $42,68^\circ$ đối với đợt quả 1 tương tự cho đợt quả 2 là từ $60,10^\circ$ giảm đến $42,63^\circ$ và quả đợt 3 là từ $62,95^\circ$ giảm đến $38,60^\circ$ (Hình 4-6). Điều này được lý giải là do sự khác biệt về vị trí của các quả nằm khác nhau trên cùng một chùm, các chùm khác nhau trên cùng một cây. Thông thường những quả tầng thấp sẽ nhận được ánh sáng ít hơn nhưng nguồn dinh dưỡng thì nhiều hơn so với những quả ở tầng cao nhận được nhiều ánh sáng nhưng chất dinh dưỡng ít hơn,

chịu tác động của hormone thúc đẩy sự chín ethylen cũng không đồng đều.

Như vậy, dưới tác động bởi điều kiện môi trường tiểu khí hậu mà sự thay đổi về khối lượng và màu sắc của các quả cà chua là không như nhau. Chính điều này dẫn đến sự dao động về tuổi sinh học giữa các quả có cùng ngày ra hoa.

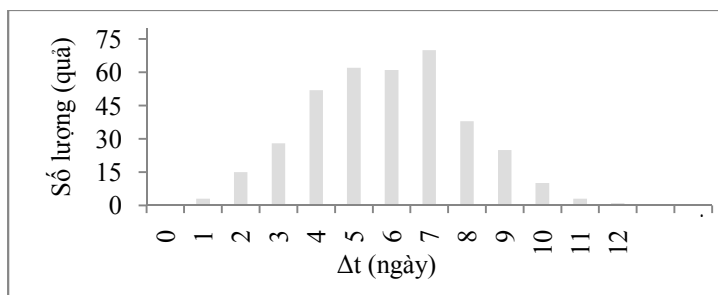
3.3. Xây dựng mô hình xác định tuổi sinh học cho giống cà chua Savior vụ Xuân Hè

Trong khi xây dựng mô hình xác định tuổi sinh học cho cà chua, chúng tôi giả thiết rằng tất cả quả cà chua trong quần thể mẫu có cùng chung phương thức phát triển và chín, cụ thể là trong giai đoạn phát triển trái cà chua có sự gia tăng về khối lượng. Khi khối lượng quả (gần) đạt tối đa thì quả sẽ chuyển sang các giai đoạn chín thể hiện bằng sự biến đổi màu sắc trên vỏ quả. Từ số liệu thực nghiệm về khối lượng (g) và màu sắc H ($^\circ$) thu được khi theo dõi cà chua trồng trong nhà lưới vụ Xuân Hè, chúng tôi tiến

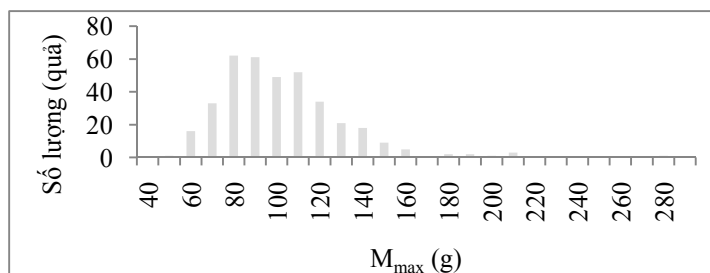
Bảng 1. Các thông số được ước lượng khi xây dựng mô hình

Thông số mô hình	Giá trị ước lượng
Δt (ngày)	$5,39 \pm 2,12$
k_h^{max} (ngày ⁻¹)	$14,83 \pm 0,55$
H_o ($^\circ$)	$106,63 \pm 0,05$
H_{min} ($^\circ$)	$51,37 \pm 0,07$
s	$33,39 \pm 0,30$
M_{max} (g)	$99,03 \pm 28,39$
C	$9,76 \pm 7,26E-04$
k_m (ngày ⁻¹)	$0,11 \pm 4,57E-05$

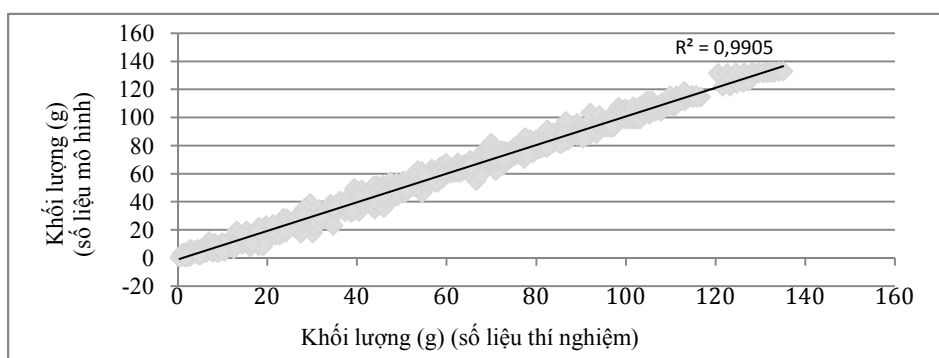
Xác định tuổi sinh học cho giống cà chua Savior trồng vụ xuân hè bằng phương pháp mô hình



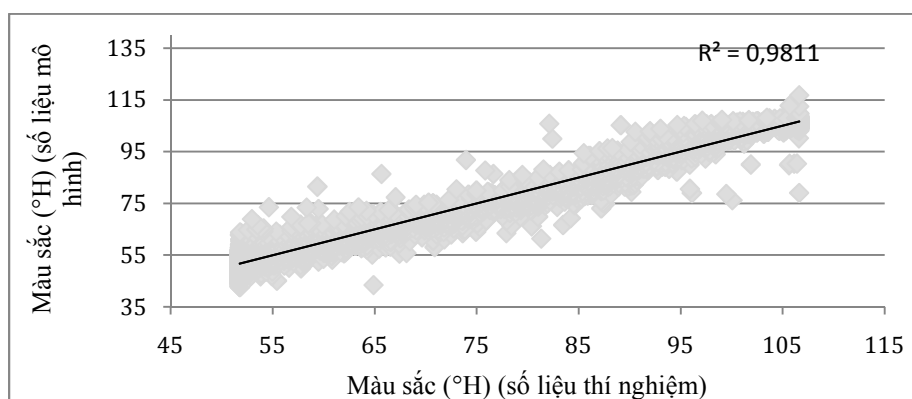
Hình 7. Histodiagram thể hiện phân bố của giá trị Δt ước lượng từ mô hình



Hình 8. Histodiagram thể hiện phân bố của M_{max} ước lượng từ mô hình



Hình 9. Mối tương quan về khối lượng giữa số liệu thực nghiệm và số liệu mô hình



Hình 10. Mối tương quan về màu sắc giữa số liệu thực nghiệm và số liệu mô hình

hàng khớp dữ liệu thí nghiệm với ba mô hình được trình bày ở mục 2.3.1 - 2.3.3 và sử dụng phần mềm Optipa để ước lượng các thông số đặc

trung cho giống (k_m và C , k_h^{max} , H_{min} , H_o , s) và đặc trưng cho từng quả M_{max} và Δt . Kết quả được thể hiện trong bảng 1.

Sử dụng kết quả khớp mô hình, đồ thị phân phối của hai thông số đặc trưng cho từng quả cà chua Δt và M_{max} được thể hiện trên hình 7 và 8.

Hình 7 cho thấy phân bố của Δt (ngày) thuộc phân bố chuẩn và dao động từ 0,0008 ngày đến 12,87 ngày với giá trị trung bình là $5,39 \pm 2,12$ ngày. Còn giá trị M_{max} (g) dao động từ 48,98 g đến 275,73 g với giá trị trung bình $99,03 \pm 28,39$ g (Hình 8).

Mối tương quan giữa số liệu thực nghiệm và số liệu mô phỏng từ mô hình của hai biến số khối lượng và màu sắc H (°) được thể hiện trên hình 9 và 10. Kết quả cho thấy có mối tương quan tuyến tính thuận và chặt chẽ giữa hai đại lượng này, thể hiện ở trị số tương quan R^2 rất cao (0,99 cho khối lượng và 0,98 cho màu sắc). Từ kết quả này chúng tôi có thể khẳng định việc khớp mô hình có độ tin cậy cao.

Như vậy, từ các thông số đặc trưng cho từng quả và đặc trưng cho giống cà chua Savior được ước lượng, chúng tôi đã thiết lập được mô hình mô tả sự biến đổi về khối lượng, màu sắc, sự chuyển đổi sinh học trong thời gian sinh trưởng và chín đột biến như sau:

Mô hình mô tả sự biến đổi về khối lượng:

$$M(t) = 99,03 \times \exp(-9,79 \times \exp(-0,11 \times t))$$

Mô hình mô tả sự biến đổi màu sắc:

$$H(t) = 51,37 + 55,36 \times \exp(-k_h \times t)$$

Mô hình toán học mô tả sự chuyển đổi sinh học của quả:

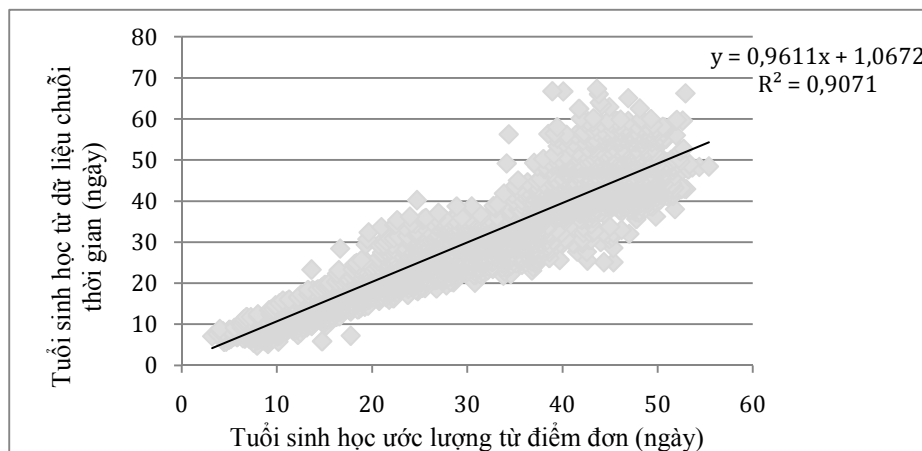
$$k_h = \frac{14,83}{(1 + ((99,03 - M) / 99,03))^{33,39}}$$

Những mô hình này được sử dụng để xác định tuổi sinh học (t_{age}) cho cà chua Savior.

3.4. Kiểm định mô hình xác định độ tuổi sinh học bằng phương pháp ước lượng điểm đơn

Kiểm định mô hình bằng phương pháp ước lượng điểm đơn được thực hiện bằng cách giả thiết mỗi điểm trong bộ số liệu theo chuỗi thời gian thu được khi xây dựng mô hình thuộc một quả cà chua riêng biệt sau đó sử dụng phương pháp kiểm định như mô tả trong mục 2.4 để tính toán tuổi sinh học của từng quả cà chua (từng điểm). Số liệu thu được sẽ được so sánh với tuổi sinh học tính toán dựa vào Δt nhận được khi xây dựng mô hình. Kết quả kiểm định thể hiện trên hình 11.

Kết quả hình 11 cho thấy có mối tương quan tuyến tính thuận giữa tuổi sinh học ước lượng từ dữ liệu chuỗi thời gian khi xây dựng mô hình và tuổi sinh học thu được nhờ phương pháp ước lượng điểm đơn vì hệ số góc của đường tuyến tính là 0,96. Hơn nữa trị số $R^2 = 0,907$ cho thấy mối tương quan giữa hai đại lượng này khá chặt chẽ, có 90,7% sự biến động của hai đại lượng được giải thích bởi số liệu thí nghiệm. Còn



Hình 11. Mối tương quan về tuổi sinh học nhận được từ phương pháp xây dựng mô hình và kiểm định mô hình

sai số không giải thích được bằng số liệu thí nghiệm chiếm 9,3%. So sánh với kết quả nghiên cứu của Vande Poel *et al.* (2012) trên giống cà chua Bonaparte, hệ số tương quan giữa hai phương pháp dùng để tính tuổi sinh học của quả trong nghiên cứu của họ là 80% thì kết quả trong nghiên cứu của chúng tôi khả quan hơn và có độ chính xác cao hơn.

Như vậy, mô hình toán học xác định tuổi sinh học cho giống cà chua Savior trồng vụ xuân hè trong nhà lưới được thiết lập và kết quả kiểm định mô hình bằng phương pháp ước lượng điểm đơn cho kết quả tốt.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này sự biến đổi về khối lượng và màu sắc của 370 quả cà chua giống Savior trồng vụ Xuân Hè đã được theo dõi trong quá trình phát triển và chín đột biến. Có sự dao động về màu sắc và đặc biệt là khối lượng của quả có cùng ngày tuổi ra hoa và các quả của các trà hoa khác nhau. Bộ dữ liệu này sau đó đã được sử dụng để thiết lập mô hình cho việc xác định tuổi sinh học của quả cà chua bất kỳ. Cuối cùng mô hình đã được kiểm định bằng phương pháp ước lượng điểm đơn và cho kết quả tốt.

Trong nghiên cứu tiếp theo, mô hình xác định tuổi sinh học được thiết lập trong nghiên cứu này sẽ kết hợp với số liệu về diễn biến chất lượng của cà chua ở các giai đoạn khác trong quá trình phát triển và chín để xây dựng mô hình cho phép xác định thời điểm thu hái tối ưu cho giống cà chua Savior trồng vụ Xuân Hè.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này là một phần nội dung trong đề tài hợp tác song phương mã số FWO.106.2013.20 giữa Quỹ Khoa học và Công nghệ Quốc gia (NAFOSTED), Việt Nam và FWO, Bỉ. Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn tới Quỹ NAFOSTED đã tài trợ kinh phí; các cán bộ, sinh viên của Khoa Công nghệ thực phẩm, Học viện Nông nghiệp Việt Nam và cán bộ của Viện

Nghiên cứu Rau quả đã hỗ trợ để thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Hertog, M.L.A.T.M., Lammertyn, J., Desmet, M., Scheerlinck, N., Nicolai, B.M. (2004). The impact of biological variation on postharvest behavior of tomato fruit. *Postharvest Biol. Technol.*, 34: 271-284.
- Hertog, M.L.A.T.M., Verlinden, B.E., Lammertyn, J., Nicolai, B.M. (2007b). OptiPa, an essential primer to develop models in the postharvest area. *Comput. Electron. Agric.*, 57: 99-106.
- Lê Nga (2013). 'Mô hình trồng cà chua ghép trái vụ góp phần chuyển đổi cơ cấu cây trồng, mùa vụ ở Bạch Lư', *Bản tin khoa học - Trang thông tin điện tử Nông nghiệp và Phát triển nông thôn Vĩnh Phúc* ngày 18/07/2013. Truy cập ngày 17/01/2015 tại <http://nnptntvinhphuc.gov.vn/index.php?action=details&idmuc=KNTT54L>.
- Rizzolo, A., Vanoli, M., Eccher Zerbini, P., Jacob, S., Torricelli, A., Spinelli, L., Schouten, R.E., Tijskens, L.M.M. (2009). Prediction ability of firmness decay models of nectarines based on the biological shift factor measured by time-resolved reflectance spectroscopy. *Postharvest Biol. Technol.*, 54: 131-140.
- Tijskens, L.M.M., Zerbini, P.E., Schouten, R.E., Vanoli, M., Jacob, S., Grassi, M., Cubeddu, R., Spinelli, L., Torricelli, A. (2007). Assessing harvest maturity in nectarines. *Postharvest Biol. Technol.*, 45: 204-213.
- Tijskens, L.M.M., Konopacki, P.J., Schouten, R.E., Hribar, J., Simcic, M., 2008. Biological variance in the color of Granny Smith apples modeling the effect of senescence and chilling injury. *Postharvest Biol. Technol.*, 50: 153-163.
- Tijskens, L.M.M., Unuk, T., Tojnko, S., Hribar, J., Simcic, M. (2009). Biological variation in the development of Golden Delicious apples in the orchard. *J. Sci. Food. Agric.*, 89: 2045-2051.
- Van de Poel, B., Bulens I., Hertog, M.L.A.T.M., Van Gastel, L., De Proft, M.P., Nicolai, B.M., Geeraerd, A.H. (2012b). Model based classification of tomato fruit development and ripening related to physiological maturity. *Postharvest Biology and Technology*, 67: 59-67.
- Viện dinh dưỡng Việt Nam (2007). Nghiên cứu xác định hàm lượng lycopene trong khẩu phần ăn của người Việt Nam và trong một số loại quả giàu Lycopene được trồng ở Việt Nam.
- Winsor, C.P. (1932). The Gompertz curve as a growth curve. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 18: 1-8.