



DOI:10.22144/ctujos.2025.210

ẢNH HƯỞNG CỦA BRASSINOLIDE XỬ LÝ TRƯỚC THU HOẠCH ĐẾN NĂNG SUẤT VÀ CHẤT LƯỢNG TRÁI QUÝT HỒNG (*Citrus reticulata* BLANCO)

Trịnh Xuân Việt^{1,2}, Trần Ngọc Quý³, Phạm Thị Phương Thảo⁴, Lê Văn Hòa⁴ và Nguyễn Văn Ấy^{4*}

¹Nghiên cứu sinh ngành Khoa học Cây trồng, Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

²Trường Cao đẳng Cộng đồng Đồng Tháp, Việt Nam

³Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

⁴Khoa Sinh lý Sinh hoá, Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): nvay@ctu.edu.vn

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 11/08/2025

Sửa bài (Revised): 18/09/2025

Duyệt đăng (Accepted): 30/11/2025

Title: Effects of pre-harvest spray of Brassinolide on the yield and fruit quality improvement of Hong mandarin (*Citrus reticulata* Blanco)

Author(s): Trinh Xuan Viet^{1,2}, Tran Ngoc Quy³, Pham Thi Phuong Thao⁴, Le Van Hoa⁴ and Nguyen Van Ay^{4*}

Affiliation(s): ¹PhD Student in Crop Science, College of Agriculture, Can Tho University, Viet Nam; ²Dong Thap Community College, Viet Nam; ³Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University, Viet Nam; ⁴Department of Biochemistry - Plant Physiology, College of Agriculture, Can Tho University, Viet Nam

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm tìm ra liều lượng và thời gian phun Brassinolide thích hợp trước thu hoạch góp phần gia tăng năng suất và chất lượng trái quýt hồng. Thí nghiệm được bố trí theo thể thức hoàn toàn ngẫu nhiên, thừa số hai nhân tố: (A) Brassinolide; (B) số lần phun. Kết quả cho thấy việc xử lý Brassinolide trước thu hoạch góp phần cải thiện đáng kể một số chỉ tiêu về năng suất và chất lượng trái, bao gồm độ Brix, màu sắc vỏ trái và tỷ lệ khô đầu múi. Trong đó, Brassinolide ở nồng độ 1 ppm và xử lý ở 113 và 105 ngày trước thu hoạch đạt hiệu quả tối ưu nhất, đã làm tăng khối lượng trái (61,54 g), làm tăng năng suất tổng (67,70 tấn/ha), đồng thời làm giảm đáng kể tỷ lệ khô đầu múi trái. Hơn nữa việc xử lý Brassinolide ở nồng độ này giúp làm gia tăng một số chỉ tiêu về phẩm chất của trái (độ Brix thịt trái: 13,47%, tỷ lệ trái bị khô đầu múi: 6,49%, tỷ lệ múi khô/trái: 5,74%, tỷ lệ chiều dài múi khô: 2,88%).

Từ khóa: Brassinolide, chất lượng, năng suất, quýt hồng (*Citrus reticulata* Blanco), xử lý trước thu hoạch

ABSTRACT

The study determines the appropriate concentration and timing of pre-harvest Brassinolide application to improve the yield and fruit quality of quýt Hong. The experiment was arranged in a completely randomized design with two factors: (A) Brassinolide concentrations ; (B) number of applications. The solution was sprayed evenly over the canopy until both leaves and fruits were completely wet (approximately 6 liters per tree), applied in the late afternoon, while the control treatment received water only. The results showed that pre-harvest Brassinolide application significantly improved several parameters related to yield and fruit quality, including total soluble solids (°Brix), peel color, and the incidence of segment-end drying. Among the treatments, the application of Brassinolide at 1 ppm with two sprays at 113 and 105 days before harvest produced the best results, increasing fruit weight (61.54 ± 0.10 g) and total yield (67.70 ± 0.11 tons/ha), while markedly reducing the rate of segment-end drying. Furthermore, Brassinolide treatment at this concentration helps increase some fruit quality indicators (Brix level of fruit flesh: 13.47%; Percentage of dry fruit at the tip of the segment: 6.49±0.02%; Ratio of dry segments/fruit: 5.74±0.02%; Ratio of dry segment length: 2.88±0.02%), contributing to increasing attractiveness in consumption.

Keywords: Brassinolide, fruit quality, Hong mandarin (*Citrus reticulata* Blanco), preharvesting treatment, productivity

1. GIỚI THIỆU

Trồng quýt hồng (*Citrus reticulata* Blanco) ở tỉnh Đồng Tháp trong những năm gần đây chủ yếu đáp ứng cho tiêu dùng nội địa. Do đó, loại quýt này vẫn chưa được quan tâm nghiên cứu phát triển đúng mức triển vọng của nó, và đến thời điểm hiện tại thì tài liệu khoa học trong nước về loại quýt này còn rất hạn chế. Kỹ thuật canh tác của bà con nông dân chưa được chú ý, chỉ sản xuất theo tập quán “cha truyền con nối” vì thế chất lượng sản phẩm chưa như mong đợi. Việc neo trái trên cây của người dân dẫn đến cây bị stress, xuất hiện hiện tượng trái bị chai và khô đầu múi. Ngoài một số nghiên cứu được thực hiện về biện pháp bảo quản quýt hồng sau thu hoạch (Nguyen, 2005), việc nghiên cứu xử lý quýt trước thu hoạch vẫn còn ít, chưa xác định được loại hóa chất và thời gian xử lý thích hợp để tăng kích thước, màu sắc cảm quan, phẩm chất trái và kéo dài thời gian tồn trữ sau thu hoạch nhằm bán được giá cao vào dịp Tết.

Cùng với các chất điều hòa sinh trưởng như Absciscic Acid (ABA), auxin, Gibberellin (GA),... thì Brassinolide được cho là đóng vai trò rất quan trọng trong nhiều quá trình sinh lý và phát triển của thực vật như: tăng khả năng chống chịu stress nhiệt, tăng năng suất, tăng tỷ lệ đậu trái, nâng cao chất lượng (độ ngọt, chất hữu cơ, vitamin,...), cải thiện màu sắc vỏ trái, hạn chế rụng trái, nứt trái,... của các loại trái cây (Meena et al., 2018; Mahorkar et al., 2018). Kết quả nhiều nghiên cứu về vai trò của các nguyên tố dinh dưỡng khoáng như Canxi, Bo, Magie,... cho thấy việc xử lý trước thu hoạch nhằm cải thiện và nâng cao năng suất và phẩm chất các loại trái cây (Muengkaew et al., 2018). Tuy nhiên, việc ứng dụng của Brassinolide trên các đối tượng này còn hạn chế (Hussain et al., 2020; Li & He, 2020) và cần được quan tâm nghiên cứu.

Chính vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện để tìm ra liều lượng và thời gian phun Brassinolide thích hợp giúp trái có kích thước to, màu sắc đẹp và chất lượng tốt hơn.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu và thời gian nghiên cứu

Cây quýt hồng 7 năm tuổi là cây đã cho trái được 4 năm và năng suất ổn định trồng tại xã Long Hậu, huyện Lai Vung, tỉnh Đồng Tháp (nay là xã Hoà Long, tỉnh Đồng Tháp). Mật độ trồng là cây cách cây 3 m, hàng cách hàng là 3 m.

Hóa chất Brassinolide (96%, Merck).

Thí nghiệm được thực hiện tại Phòng thí nghiệm Sinh lý Thực vật, Đại học Cần Thơ và ở xã Hoà Long, tỉnh Đồng Tháp, từ tháng 7 năm 2023 đến tháng 3 năm 2024.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được bố trí theo thể thức hoàn toàn ngẫu nhiên, thừa số hai nhân tố: (A) nồng độ chất xử lý, (B) số lần phun (2 và 3 lần) ở thời điểm 120, 113 và 105 ngày trước thu hoạch (Bảng 1). Tổ hợp có 8 nghiệm thức, 3 lần lặp lại, mỗi lần lặp lại của một nghiệm thức tương ứng với 2 cây quýt hồng. Các dưỡng chất được phun đều trên tán cây và ướt đều cả lá và trái (mỗi cây phun 6 lít nước), phun ướt vào thời điểm chiều mát và dùng nước phun cho nghiệm thức đối chứng.

Bảng 1. Tổ hợp các nghiệm thức thí nghiệm

TT	Chất xử lý (A)	Số lần phun (B)	
		2 lần	3 lần
1	Brassinolide 0,5 ppm	1	5
2	Brassinolide 1 ppm	2	6
3	Brassinolide 1,5 ppm	3	7
4	Đối chứng (nước)	4	8

Vườn quýt hồng làm thí nghiệm được nhà vườn sử dụng lượng phân bón tại các thời điểm như sau:

Sau thu hoạch bón 66,2 g N/cây + 182,5 g P₂O₅/cây + 53,0 g K₂O/cây.

Tươi ra hoa bón 160,3 g N/cây + 169,4 g P₂O₅/cây + 57,9 g K₂O/cây.

Tăng trưởng trái bón 183,3 g N/cây + 188,3 g P₂O₅/cây + 14,7 g K₂O/cây.

Trái trưởng thành bón 63,9 g N/cây + 48,7 g P₂O₅/cây + 50,7 g K₂O/cây.

Ngoài việc bón phân hoá học thì nhà vườn còn bón thêm phân hữu cơ (ủ từ rom rạ) 20 kg/cây được chia làm 4 lần bón như: lần 1 là sau khi thu hoạch, lần 2 là trước ra hoa, lần 3 là khi trái tăng trưởng và lần 4 là khi trái trưởng thành

Quýt hồng được xử lý ra hoa vào đầu tháng 3 âm lịch và thu hoạch sau 9 tháng đậu trái. Sau khi đậu trái được 6 tháng là thời kỳ trái tăng kích cỡ và khối lượng đồng thời màu sắc vỏ trái cũng bắt đầu chuyển đổi từ màu xanh đậm sang màu vàng nhạt dựa vào một kết quả nghiên cứu trước đây nên việc xử lý vào thời điểm này (3 tháng trước thu hoạch) đã được lựa chọn, tương ứng với 120 ngày trước thu hoạch với 3 liều lượng Brassinolide 0,5 ppm, 1 ppm và 1,5 ppm.

Trái được thu hoạch vào thời điểm chín đều trên cây (ngày 25/12 âm lịch, đây cũng là thời điểm nhà vườn thu hoạch để bán). Việc thu hái được thực hiện ngẫu nhiên, lấy mẫu phân bố đều trên các cây và tiến hành vào buổi sáng sớm, mỗi nghiệm thức thu 30 trái. Sau đó, mẫu được đánh số theo từng nghiệm thức và vận chuyển về phòng thí nghiệm để phân tích các chỉ tiêu. Các chỉ tiêu khảo sát gồm: chiều cao trái, đường kính trái, khối lượng trái, khối lượng trái trên cây, năng suất, màu sắc vỏ trái, tỷ lệ rò rỉ ion, độ Brix dịch trái, pH dịch trái, hàm lượng vitamin C và khô đầu múi.

– Thành phần năng suất

Việc đo kích thước trái được tiến hành bằng cách lấy ngẫu nhiên 10 trái quýt của mỗi nghiệm thức: chiều cao, chiều rộng được đo bằng thước kẹp. Chiều cao trái (cm) được đo từ đỉnh trái đến đuôi trái, chiều rộng trái (cm) được đo từ bụng trái đến lưng trái (nơi rộng nhất), cân khối lượng 10 trái để tính khối lượng trung bình của một trái.

– Năng suất

Năng suất được ghi nhận tại thời điểm thu hoạch như: ghi nhận tổng số trái trên cây và đem cân tổng số trái trên cây để có được khối lượng trái trên cây.

Năng suất trái/cây (kg/cây): toàn bộ số trái trên cây được cân.

Năng suất tổng (tấn/ha): năng suất trái trung bình của cây x mật độ trồng (1100 cây/hecta)/ 1000 đã được chọn.

Năng suất không thương phẩm trên cây (tấn/ha) là dựa vào phần trăm của chỉ tiêu khô đầu múi, số trái trên cây và khối lượng trung bình của trái để tính.

Năng suất thương phẩm (tấn/ha) là lấy năng suất tổng trên cây trừ cho năng suất không thương phẩm trên cây.

Tỷ lệ năng suất thương phẩm/năng suất tổng (%) là năng suất thương phẩm chia cho năng suất tổng và nhân cho 100.

– Đánh giá màu sắc vỏ trái

Sự khác màu vỏ trái được xác định bằng máy đo màu Minolta CR-400. Vỏ trái được đo tại ba vị trí khác nhau trên trái, lấy giá trị trung bình. Kết quả được đánh giá theo hệ thống CIE (L, a, b) như sau: $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$

– Tỷ lệ rò rỉ ion (%)

Nói lên tính thấm của màng và được diễn đạt bởi mối quan hệ tỷ lệ rò rỉ các ion trong tế bào, được xác định theo phương pháp của Shao et al. (2014).

– Độ Brix dịch trái (%)

Độ brix của dịch trái được đo bằng chiết quang kế hiệu Atago do Nhật sản xuất với thang đo trong khoảng 0 - 32%. Trong đó, 3 trái được chọn ngẫu nhiên của mỗi nghiệm thức, mỗi trái được lấy 3 múi phân đều trên trái rồi tiến hành ép lấy nước từng múi sau đó nhỏ trực tiếp lên khúc xạ kế để đo độ Brix và tính trung bình của ba lần đo.

- pH dịch trái

Việc đo độ pH của dịch trái được tiến hành bằng cách chọn 10 trái ngẫu nhiên của mỗi nghiệm thức và được đo trực tiếp bằng máy đo pH cầm tay hiệu Hanna do Nhật sản xuất. Trong đó, 20 ml dung dịch của mỗi trái của mỗi nghiệm thức được lấy cho vào cốc thủy tinh 50ml sau đó dùng máy đo trực tiếp và đọc kết trái hiện trên máy rồi tính trung bình của ba lần đo.

– Hàm lượng vitamin C của dịch trái

Hàm lượng vitamin C (mg/100g trọng lượng trái tươi) (ascorbic acid) của dịch trái được xác định theo phương pháp của Muri (1990; được trích dẫn bởi Nguyen, C. M et al., 2005) dựa trên tính khử của 2,6-Dichlorophenol indophenol.

– *Đánh giá phần trăm trái bị khô đầu múi (KĐM), số múi bị khô trên trái, độ dài múi bị khô (Chỉ tiêu này lấy khi thu hoạch và lấy 10 trái để đánh giá)*

Tỷ lệ trái bị KĐM (%): Trái được xem là KĐM khi có từ 1 múi trở lên bị khô một phần hoặc toàn bộ, phần bị khô là các tép quýt không có màu “đỏ cam” bình thường.

Tỷ lệ múi khô trên trái (%): Đếm số múi bị khô một phần và toàn phần trên trái.

Tỷ lệ chiều dài múi khô (%): Đo từ đầu múi đến hết phần bị khô.

2.2.2. Thống kê và xử lý số liệu

Số liệu thí nghiệm được xử lý bằng chương trình Microsoft Excel phiên bản 2013. Phân tích ANOVA và kiểm định DUNCAN được dùng để so sánh sự khác biệt giữa các giá trị trung bình (mean $\pm$ SD) ở mức ý nghĩa 1% trên phần mềm SPSS 21.0.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thành phần năng suất trái

3.1.1. Chiều cao trái

Kết quả Bảng 2 cho thấy không có ảnh hưởng khác biệt của chất xử lý, số lần xử lý, cũng như sự tương tác của chất xử lý và số lần xử lý đến chiều cao trái quýt hồng.

Bảng 2. Chiều cao trái quýt hồng (cm)

Chất xử lý (A)	Số lần xử lý (B)		Trung bình của chất xử lý (A)
	2 lần	3 lần	
Brassinolide 0,5 ppm	5,32 ± 0,01	5,37 ± 0,01	5,35 ± 0,01
Brassinolide 1 ppm	5,34 ± 0,03	5,38 ± 0,01	5,36 ± 0,01
Brassinolide 1,5 ppm	5,33 ± 0,01	5,35 ± 0,02	5,34 ± 0,01
Đối chứng (nước)	5,34 ± 0,01	5,34 ± 0,02	5,34 ± 0,01
Trung bình của số lần xử lý (B)	5,33 ± 0,01	5,36 ± 0,01	
F Chất xử lý (A)	ns		
F Số lần xử lý (B)	ns		
F (AxB)	ns		
CV (%)	2,84		

3.1.2. Đường kính trái

Kết quả Bảng 3 cho thấy không có ảnh hưởng khác biệt của chất xử lý, số lần xử lý, cũng như sự tương tác của chất xử lý và số lần xử lý đến đường kính trái quýt hồng trái (dao động từ 7,33 ± 0,02 - 7,36 ± 0,02 cm).

Kết quả Bảng 3 cũng tương tự như Bảng 2 khi xử lý Brassinolide trước thu hoạch 2 và 3 lần không làm tăng đường kính của trái quýt hồng. Brassinolide là steroid thực vật giúp kích thích phân

Kết quả trên cho thấy, việc xử lý Brassinolide trước thu hoạch 2 và 3 lần không làm tăng chiều cao của trái quýt hồng. Điều này có thể là do việc xử lý Brassinolide ở thời điểm 120, 113 và 105 ngày trước thu hoạch lúc này trái quýt đã tăng đủ kích cỡ nên không tăng thêm.

chia và giãn nở tế bào, phối hợp hoạt động với các hormone sinh trưởng nội sinh, từ đó ảnh hưởng đến kích thước trái. Kết quả thí nghiệm trên bưởi ‘Liuyuezao’ cho thấy, mặc dù Brassinolide không giúp tăng đường kính trái một cách rõ ràng, nhưng công dụng chính của Brassinolide là cải thiện thành phần thịt trái, chống stress và giảm tỷ lệ khô mủi, điều này gợi ý rằng nếu được tối ưu hóa liều và thời điểm phun, Brassinolide có thể mang lại hiệu ứng tăng đường kính trái trong một số điều kiện canh tác (Du et al., 2025).

Bảng 3. Đường kính trái quýt hồng (cm)

Chất xử lý (A)	Số lần xử lý (B)		Trung bình của chất xử lý (A)
	2 lần	3 lần	
Brassinolide 0,5 ppm	7,36 ± 0,01	7,33 ± 0,02	7,35 ± 0,01
Brassinolide 1 ppm	7,35 ± 0,01	7,35 ± 0,01	7,35 ± 0,01
Brassinolide 1,5 ppm	7,35 ± 0,01	7,35 ± 0,02	7,35 ± 0,01
Đối chứng (nước)	7,36 ± 0,02	7,34 ± 0,01	7,35 ± 0,01
Trung bình của số lần xử lý (B)	7,35 ± 0,01	7,34 ± 0,01	
F Chất xử lý (A)	ns		
F Số lần xử lý (B)	ns		
F (AxB)	ns		
CV (%)	1,69		

ns: khác biệt không ý nghĩa thống kê.

3.1.3. Khối lượng trái

Trong canh tác nông nghiệp, năng suất là thành tố quan trọng và quyết định nhất đến sự thành công của nhà nông. Kết quả thống kê ở Bảng 4 cho thấy có sự tương tác có ý nghĩa thống kê ở mức 1% giữa số lần xử lý và loại chất xử lý lên khối lượng trái

quýt hồng. Nghiệm thức phun Brassinolide 1 ppm xử lý 2 lần cho khối lượng trái cao hơn so với nghiệm thức đối chứng. Kết quả này cho thấy Brassinolide có thể đã làm cứng chắc vách tế bào giúp trái giữ nước tốt từ đó làm tăng khối lượng của trái quýt hồng.

Bảng 4. Khối lượng trái quýt hồng (g/trái)

Chất xử lý (A)	Số lần xử lý (B)		Trung bình của chất xử lý (A)
	2 lần	3 lần	
Brassinolide 0,5 ppm	189,23 ^b ± 0,11	190,37 ^b ± 0,12	189,80 ^b ± 0,10
Brassinolide 1 ppm	200,46 ^a ± 0,10	189,54 ^b ± 0,11	195,00 ^a ± 0,11
Brassinolide 1,5 ppm	189,57 ^b ± 0,10	177,32 ^c ± 0,12	183,45 ^c ± 0,11
Đối chứng (nước)	158,34 ^d ± 0,10	157,84 ^d ± 0,11	158,09 ^d ± 0,11
Trung bình của số lần xử lý (B)	184,40 ^a ± 0,10	178,77 ^b ± 0,12	
F Chất xử lý (A)	**		
F Số lần xử lý (B)	*		
F (AxB)	**		
CV (%)	4,43		

Trong cùng một cột hoặc hàng, các số có chữ theo sau giống nhau không khác biệt có ý nghĩa thống kê qua phép thử Duncan, **: khác biệt có ý nghĩa ở mức 1% và *: khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%.

Trong cây, hai protein BRI1-EMS-suppressor1 (BES1) và Brassinazole-resistant1 (BZR1) đóng vai trò thiết yếu trong con đường sinh tổng hợp Brassinolide bằng cách BES1 kiểm soát sự điều hòa ngược thông qua tăng cường biểu hiện gen tổng hợp Brassinolide còn BZR1 ngăn chặn quá trình sinh tổng hợp Brassinolide (He et al., 2005; Yin et al., 2005). Brassinolide là các hormone steroid đóng nhiều vai trò khác nhau trong quá trình sinh trưởng và phát triển của thực vật. BRs điều hòa các quá trình phát triển và sinh lý khác nhau ở thực vật như: sự phân chia tế bào, phát triển hệ thống mạch, dẫn dầu các loại tế bào... từ đó giúp gia tăng sinh khối cũng như năng suất thực vật (Singh et al., 2015; Wang et al., 2020). Ở mức độ phân tử, quá trình thúc đẩy sự gia tăng năng suất, khối lượng hạt, trái...

được cho là có liên quan đến sự biểu hiện của các gen WRKY46, WRKY54 và WRKY70 trong việc điều hòa Brassinolide trong cây (Chen et al., 2017). Do vậy, kết quả của sự gia tăng lượng cũng như năng suất của quýt hồng trong thí nghiệm này cụ thể được lý giải trên cơ sở điều hòa sự biểu hiện của các gen này trong quá trình thí nghiệm.

3.2. Năng suất

3.2.1. Khối lượng trái trên cây

Kết quả thống kê ở Bảng 5 cho thấy có sự tương tác có ý nghĩa thống kê ở mức 5% giữa số lần xử lý và loại chất xử lý lên khối lượng trái quýt hồng. Nghiệm thức xử lý Brassinolide 1 ppm khi xử lý 2 lần có khối lượng trái (61,54 ± 0,10 kg/cây) cao hơn so với nghiệm thức đối chứng (36,74 ± 0,09 kg/cây).

Bảng 5. Khối lượng trái trên cây (kg/cây)

Chất xử lý (A)	Số lần xử lý (B)		Trung bình của chất xử lý (A)
	2 lần	3 lần	
Brassinolide 0,5 ppm	54,31 ^b ± 0,10	53,94 ^b ± 0,12	54,12 ^b ± 0,11
Brassinolide 1 ppm	61,54 ^a ± 0,10	60,27 ^a ± 0,11	60,91 ^a ± 0,10
Brassinolide 1,5 ppm	54,03 ^b ± 0,11	49,89 ^c ± 0,11	51,96 ^b ± 0,11
Đối chứng (nước)	36,74 ^d ± 0,09	32,41 ^c ± 0,09	34,57 ^c ± 0,09
Trung bình của số lần xử lý (B)	51,65 ^a ± 0,10	49,13 ^b ± 0,11	
F Chất xử lý (A)	**		
F Số lần xử lý (B)	*		
F (AxB)	**		
CV (%)	4,43		

Trong cùng một cột và hàng, các số có chữ cái theo sau giống nhau khác biệt không có ý nghĩa thống kê qua phép thử Duncan, **: khác biệt có ý nghĩa ở mức 1% và *: khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%.

Kết quả trên có xu hướng giống nhiều nghiên cứu trước đây. Việc ứng dụng Brassinosteroids xử lý trước thu hoạch là một trong những biện pháp sinh học được ghi nhận giúp tăng khối lượng trái ở nhiều loài nhờ tăng cả kích thước và tỷ lệ phần thịt ăn được của trái. Kết quả nghiên cứu tổng hợp cho thấy Brassinolide cải thiện năng suất bằng cách tăng

số trái, tăng khối lượng trái đơn lẻ và nâng cao tỷ lệ thương phẩm (Garrido-Auñón et al., 2024). Trên bưởi, việc thử nghiệm với Brassinolide đã ghi nhận tăng khối lượng thịt trái và tỷ lệ ăn được, giảm hiện tượng khô mủi, đồng thời tăng TSS và tổng đường những yếu tố góp phần làm tăng khối lượng khối lượng trái thu hoạch (Wang et al., 2019). Cơ chế bao

gồm: (1) kích thích quá trình phân chia/giãn tế bào, (2) tăng vận chuyển và chuyển hóa đường từ lá về trái, (3) giảm tổn thương oxy hóa và granulation nên ít mất nước, giữ khối lượng tốt hơn (Habibi et al., 2021; Garrido-Auñón et al., 2024).

3.2.2. Năng suất tổng

Kết quả thống kê ở Bảng 6 cho thấy có sự tương tác có ý nghĩa thống kê ở mức 1% giữa số lần xử lý và chất xử lý lên năng suất tổng trái quýt hồng. Nghiệm thức phun Brassinolide 1 ppm khi xử lý 2 lần làm tăng năng suất tổng ($67,70 \pm 0,11$) cao hơn so với nghiệm thức đối chứng.

Kết quả trên cho thấy Brassinolide đã thúc đẩy sự tăng trưởng làm tăng năng suất tổng của quýt hồng và có thể là do Brassinolide thúc đẩy làm tăng khối lượng của trái trên cây từ đó năng suất tổng

Bảng 6. Năng suất tổng (tấn/ha) của quýt hồng

Chất xử lý (A)	Số lần xử lý (B)		Trung bình của chất xử lý (A)
	2 lần	3 lần	
Brassinolide 0,5 ppm	$59,74^b \pm 0,13$	$59,33^b \pm 0,11$	$59,53^b \pm 0,12$
Brassinolide 1 ppm	$67,70^a \pm 0,11$	$66,30^a \pm 0,12$	$67,00^a \pm 0,12$
Brassinolide 1,5 ppm	$59,43^b \pm 0,12$	$54,88^c \pm 0,11$	$57,16^b \pm 0,12$
Đối chứng (nước)	$40,41^d \pm 0,11$	$35,65^c \pm 0,10$	$38,03^c \pm 0,10$
Trung bình của số lần xử lý (B)	$56,82^a \pm 0,12$	$54,04^b \pm 0,11$	
F Chất xử lý (A)	**		
F Số lần xử lý (B)	*		
F (AxB)	**		
CV (%)	4.43		

Trong cùng một cột và hàng, các số có chữ cái theo sau giống nhau khác biệt không có ý nghĩa thống kê qua phép thử Duncan, **: khác biệt có ý nghĩa ở mức 1% và *: khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%.

3.2.3. Năng suất thương phẩm (tấn/ha)

Kết quả thống kê ở Bảng 7 cho thấy việc xử lý Brassinolide 1 ppm phun 2 lần đã làm gia tăng năng suất thương phẩm của trái quýt hồng so với đối chứng. Có sự tương tác có ý nghĩa thống kê ở mức 1% giữa số lần xử lý và chất xử lý lên năng suất thương phẩm của quýt hồng. Trong đó, nghiệm thức xử lý Brassinolide 1 ppm cho năng suất thương phẩm cao so với nghiệm thức đối chứng. Kết quả cũng cho thấy việc xử lý 2 lần đã làm gia tăng năng suất thương phẩm của trái quýt hồng so với đối chứng.

Năng suất thương phẩm là năng suất của các trái không bị khô đầu múi. Kết quả trên cho thấy số lần xử lý có tác động đến năng suất thương phẩm của quýt hồng, trong đó xử lý 2 lần có năng suất thương

cũng tăng theo. Theo Fujii and Saka (2001), việc phun bổ sung Brassinolide làm gia tăng sự tổng hợp cũng như vận chuyển các chất đến nơi dự trữ nhất là chất đường bột trong cây trồng, từ đó đã làm gia tăng năng suất như trên ngũ cốc, lúa mì, lúa nước. Quá trình làm gia tăng năng suất của cây trồng được lý giải là do Brassinolide thúc đẩy sự tăng hàm lượng các sắc tố, hệ thống quang I và II của quá trình quang hợp ở cây trồng (Rothová et al., 2014; Janeczko et al., 2016) do gen HvDWARF điều khiển. Kết quả các nghiên cứu cho thấy Brassinolide đóng vai trò điều hòa trong quá trình quang hợp. Nó điều hòa các thành tố khác nhau của quang hợp như hệ thống quang hợp, điều hòa các phản ứng quang hóa của chuỗi vận chuyển điện tử, sự đóng mở của khí khổng, các enzyme trong chu trình Calvin và sự tích tụ đường (Siddiqui et al., 2018).

phẩm ($40,78 \pm 0,11$ tấn), cao hơn xử lý 3 lần ($38,95 \pm 0,12$ tấn), khác biệt có ý nghĩa ở mức 1%. Bên cạnh đó, chất xử lý cũng có tác động có ý nghĩa thống kê ở mức 1% lên năng suất thương phẩm của quýt hồng. Nghiệm thức đối chứng cho kết quả thấp nhất vì nghiệm thức này có tỷ lệ trái khô đầu múi cao hơn các nghiệm thức khác. Có thể việc neo trái trên cây lâu để chờ ngày cận tết nhà vườn mới hái bán đây là nguyên nhân làm tăng tỷ lệ khô đầu múi trái quýt hồng. Kết quả Bảng 7 cho thấy Brassinolide 1 ppm ở 2 lần phun có thể là đã đạt được năng suất thương phẩm tối đa cho nên khi tăng nồng độ Brassinolide và tăng số lần phun thì năng suất thương phẩm không có cải thiện thêm, cũng giống như ở Bảng 6 và Bảng 8.

Bảng 7. Năng suất thương phẩm (tấn/ha) của trái quýt hồng

Chất xử lý (A)	Số lần xử lý (B)		Trung bình của chất xử lý (A)
	2 lần	3 lần	
Brassinolide 0,5 ppm	49,06 ^b ± 0,11	49,80 ^b ± 0,10	49,43 ^b ± 0,11
Brassinolide 1 ppm	57,55 ^a ± 0,12	55,14 ^a ± 0,12	56,34 ^a ± 0,12
Brassinolide 1,5 ppm	48,74 ^b ± 0,11	44,08 ^c ± 0,11	46,41 ^c ± 0,11
Đôi chứng (nước)	7,76 ^c ± 0,10	6,79 ^c ± 0,12	7,28 ^d ± 0,11
Trung bình của số lần xử lý (B)	40,78 ^a ± 0,11	38,95 ^b ± 0,12	
F Chất xử lý (A)	**		
F Số lần xử lý (B)	*		
F (AxB)	**		
CV (%)	4,99		

Trong cùng một cột và hàng, các số có chữ cái theo sau giống nhau khác biệt không có ý nghĩa thống kê qua phép thử Duncan, **: khác biệt có ý nghĩa ở mức 1% và *: khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%.

3.2.4. Tỷ lệ năng suất thương phẩm/năng suất tổng

Kết quả thống kê Bảng 8 cho thấy có sự tương tác giữa số lần xử lý và chất xử lý lên tỷ lệ năng suất

thương phẩm trên năng suất tổng, khác biệt có ý nghĩa thống kê 1%. Trong đó, nghiệm thức Brassinolide 1 ppm xử lý 2 lần có tỷ lệ năng suất thương phẩm là $85,01 \pm 0,09\%$ cao hơn so với nghiệm thức đối chứng.

Bảng 8. Tỷ lệ năng suất thương phẩm/năng suất tổng (%)

Chất xử lý (A)	Số lần xử lý (B)		Trung bình của chất xử lý (A)
	2 lần	3 lần	
Brassinolide 0,5 ppm	82,13 ^d ± 0,08	83,94 ^b ± 0,11	83,03 ^b ± 0,11
Brassinolide 1 ppm	85,01 ^a ± 0,09	83,16 ^c ± 0,09	84,08 ^a ± 0,10
Brassinolide 1,5 ppm	82,02 ^d ± 0,09	80,30 ^c ± 0,10	81,16 ^c ± 0,10
Đối chứng (nước)	19,22 ^f ± 0,07	19,04 ^f ± 0,07	19,13 ^d ± 0,07
Trung bình của số lần xử lý (B)	67,09 ^a ± 0,07	66,61 ^b ± 0,09	
F Chất xử lý (A)	**		
F Số lần xử lý (B)	**		
F (AxB)	**		
CV (%)	0,35		

Trong cùng một cột và hàng, các số có chữ theo sau giống nhau khác biệt không có ý nghĩa thống kê qua phép thử Duncan; **: khác biệt có ý nghĩa ở mức 1%.

Kết quả ở Bảng 8 cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 1% về ảnh hưởng của số lần xử lý dưỡng chất cũng như loại chất xử lý lên tỷ lệ năng suất thương phẩm trên năng suất tổng của quýt hồng. Việc xử lý 2 lần ($67,09 \pm 0,07\%$) cho kết quả tỷ lệ thương phẩm trên năng suất tổng tốt hơn xử lý 3 lần ($66,61 \pm 0,09\%$).

3.3. Màu sắc vỏ trái

Kết quả thống kê ở Bảng 9 cho thấy có sự tương tác có ý nghĩa ở mức 1% giữa số lần xử lý và loại

chất xử lý lên màu sắc vỏ trái quýt hồng. Trong đó, nghiệm thức xử lý với Brassinolide 1 ppm phun 2 lần thì màu sắc của vỏ trái là tốt nhất so với nghiệm thức đối chứng (Hình 1).

Brassinolide kích thích quả chín bằng cách thúc đẩy quá trình sinh tổng hợp ethylen và được coi là một trong những phản ứng sinh lý quan trọng trong cây ăn trái. Điều này làm cho màu sắc cũng như độ bóng của vỏ trái được cải thiện hơn (Zaharah et al., 2012).

Bảng 9. Màu sắc vỏ trái quýt hồng (ΔE)

Chất xử lý (A)	Số lần xử lý (B)		Trung bình của chất xử lý (A)
	2 lần	3 lần	
Brassinolide 0,5 ppm	58,96 ^b ± 0,05	59,18 ^b ± 0,05	59,07 ^b ± 0,05
Brassinolide 1 ppm	63,56 ^a ± 0,06	57,08 ^c ± 0,07	60,32 ^a ± 0,06
Brassinolide 1,5 ppm	58,99 ^b ± 0,06	53,25 ^d ± 0,05	56,12 ^c ± 0,06
Đối chứng (nước)	49,73 ^e ± 0,09	49,53 ^e ± 0,07	49,63 ^d ± 0,08
Trung bình của số lần xử lý (B)	57,81 ^a ± 0,07	54,76 ^b ± 0,06	
F Chất xử lý (A)	**		
F Số lần xử lý (B)	**		
F (AxB)	**		
CV (%)	1,80		

Trong cùng một cột và hàng, các số có chữ cái theo sau giống nhau khác biệt không có ý nghĩa thống kê qua phép thử Duncan, **: khác biệt có ý nghĩa ở mức 1%.



Hình 1. Màu sắc của vỏ trái quýt hồng

Ghi chú: A. Đối chứng xử lý 2 lần, B. Brassinolide 0,5 ppm xử lý 2 lần, C. Brassinolide 1 ppm xử lý 2 lần, D. Brassinolide 1,5 ppm xử lý 2 lần, E. Đối chứng xử lý 3 lần, F. Brassinolide 0,5 ppm xử lý 3 lần, G. Brassinolide 1 ppm xử lý 3 lần và H. Brassinolide 1,5 ppm xử lý 3 lần

Kết quả này cũng tương tự như nhận định của một số tác giả về hiệu quả của BRs trong việc cải thiện năng suất và phẩm chất của một số loại trái cây. Quá trình kích thích quả chín bằng cách sinh tổng hợp ethylen được coi là một trong những phản ứng sinh lý quan trọng của BRs trong cây ăn quả (Baghel et al., 2019). Việc xử lý Brassinolide ngoại sinh đã cải thiện quá trình chín của trái cây như xoài (Zaharah et al., 2012). Việc xử lý Brassinolide trên nho rất hiệu quả trong việc thúc đẩy quá trình chín. Bên cạnh việc giúp cải thiện màu sắc của vỏ trái

thông qua việc thúc đẩy sản sinh ethylene, Brassinolide thúc đẩy quá trình chín thông qua sự gia tăng hoạt động của enzyme peroxidase đồng thời làm giảm hoạt động của các enzyme superoxide dismutase catalase và hàm lượng chlorophyll (Saglam-Cag, 2007).

3.4. Tỷ lệ rò rỉ ion

Kết quả thống kê ở Bảng 10 cho thấy chất xử lý có ảnh hưởng khác biệt ý nghĩa thống kê đến tỷ lệ rò rỉ ion và cũng có ảnh hưởng tương tác ở mức ý nghĩa

1% giữa chất xử lý và số lần xử đến tỷ lệ rò rỉ ion của múi trái quýt hồng. Việc xử lý Brassinolide 1 ppm cho kết quả tỷ lệ rò rỉ ion của múi trái thấp nhất $46,61 \pm 0,01\%$ và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức đối chứng ($95,85 \pm 0,01\%$). Tương tự, đối với nhân tố số lần xử lý, cũng tìm thấy sự ảnh hưởng khác biệt đến tỷ lệ rò rỉ ion của múi trái.

Hiện tượng rò rỉ ion cao ở trái quýt hồng phản ánh sự tổn thương màng tế bào và được xem là một chỉ thị sinh lý quan trọng cho các rối loạn chất lượng quả. Sự rò rỉ ion thường gia tăng khi màng sinh chất mất tính cứng chắc do thiếu hụt canxi (Ca), mất cân bằng dinh dưỡng hoặc stress môi trường. Canxi đóng vai trò gắn kết giữa các phân tử pectin trong thành tế bào, giúp ổn định cấu trúc màng; do đó, khi thiếu Ca, màng tế bào dễ bị phá vỡ và các ion như K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} thoát ra ngoài. Sự rò rỉ ion làm giảm áp suất thẩm thấu và khả năng giữ nước của tế bào, đặc biệt ở phần đầu múi – nơi có ít mạch dẫn – dẫn đến hiện tượng khô đầu múi. Ngoài ra, quá trình oxy hóa lipid màng do tăng hoạt động của các enzyme như lipoxygenase (LOX) trong điều kiện stress sinh lý càng làm tăng tổn thương màng (Hasanuzzaman et al., 2020). Kết trên cho thấy nhà vườn trồng quýt

được bón phân không có bổ sung thêm lượng canxi cho cây. Mặt khác, trong những năm gần đây biến đổi khí hậu ngày càng gia tăng như nắng nóng kéo dài trong mùa khô và còn trong mùa mưa kéo dài đây cũng là 2 nguyên nhân dẫn đến hiện tượng rò rỉ ion cao ở trái quýt hồng. Cùng với các yếu tố phẩm chất trái, Brassinolide có vai trò quan trọng và tác động gián tiếp đến vỏ và múi trái thông qua sự tích lũy canxi. Trong quá trình oxy hóa khử, sự peroxy hóa lipid do sự tích tụ của ROS và đây là nguyên nhân chính gây ra tổn thương màng của tế bào (Sairam et al., 2005). Kết quả các nghiên cứu cho thấy Brassinolide có thể làm tăng tính toàn vẹn của màng tế bào bằng cách tăng cường mức độ của hệ thống chống oxy hóa của tế bào để bảo vệ cây trồng khỏi tác hại của quá trình oxy hóa (Arora et al., 2008; Ali et al., 2008). Đây là nguyên nhân dẫn đến tỷ lệ rò rỉ ion ở các nghiệm thức phun Brassinolide thấp hơn các nghiệm thức còn lại. Hơn nữa Brassinolide còn làm tăng hàm lượng canxi trong vỏ và giảm nứt trái đáng kể (Peng et al., 2004). Kết quả của nghiên cứu này cũng cho thấy hiệu quả của khi xử lý Brassinolide làm giảm đáng kể sự rò rỉ ion của múi trái. Từ đó góp phần làm tăng giá trị thương phẩm trái quýt hồng nhất là khi vận chuyển.

Bảng 10. Tỷ lệ (%) rò rỉ ion

Chất xử lý (A)	Số lần xử lý (B)		Trung bình của chất xử lý (A)
	2 lần	3 lần	
Brassinolide 0,5 ppm	$62,78^d \pm 0,02$	$60,86^e \pm 0,01$	$61,82^e \pm 0,01$
Brassinolide 1 ppm	$45,51^g \pm 0,01$	$47,71^f \pm 0,02$	$46,61^d \pm 0,01$
Brassinolide 1,5 ppm	$64,50^c \pm 0,03$	$71,28^b \pm 0,02$	$67,89^b \pm 0,02$
Đối chứng (nước)	$95,92^a \pm 0,01$	$95,77^a \pm 0,01$	$95,85^a \pm 0,01$
Trung bình của số lần xử lý (B)	$67,18^b \pm 0,02$	$80,92^a \pm 0,01$	
F Chất xử lý (A)	**		
F Số lần xử lý (B)	**		
F (AxB)	**		
CV (%)	0,72		

Trong cùng một cột và hàng, các số có chữ cái theo sau giống nhau khác biệt không có ý nghĩa thống kê qua phép thử Duncan, **: khác biệt có ý nghĩa ở mức 1%.

3.5. Độ Brix thịt trái

Kết quả phân tích độ Brix trái quýt hồng cho thấy có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 1% giữa các nghiệm thức (Bảng 11). Trong đó, việc xử lý Brassinolide ở nồng độ 1 ppm phun 2 lần cho kết quả độ Brix cao nhất có ý nghĩa thống kê ở mức nghĩa 1% so với nghiệm thức đối chứng. Kết quả cũng cho thấy có sự ảnh hưởng tương tác của chất xử lý và số lần xử lý đến độ Brix quýt hồng.

Theo Fujii and Saka (2001), Wu et al. (2008) hay Dhananjay (2017), Brassinolide có thể tác động lên hệ thống các enzyme tổng hợp đường, tăng quá trình

vận chuyển hóa đường. Từ đó làm gia tăng hàm lượng glucose, fructose, các chất hòa tan trong trái và hạt. Do vậy, điều này đã dẫn đến sự gia tăng độ ngọt cũng như năng suất và chất lượng của các loại trái cây này. Ngoài ra, đối với họ Hòa thảo (*Poaceae*) thì Brassinolide còn có vai trò điều hòa trực tiếp hoặc gián tiếp các quá trình tăng trưởng, phát triển và năng suất của chúng. Kết quả các nghiên cứu cho thấy quá trình làm gia tăng hàm lượng đường, vitamin C, lycopene, các acid hữu cơ... trong trái cây là do có liên quan đến việc gia tăng sự biểu hiện của 5 gen (LeACS2, LeACS4, LeACO1, LeACO4 và LePSY1) trong giai đoạn

chín của trái khi xử lý bằng Brassinolide (Zhu et al., 2015). Quá trình làm tăng hàm lượng đường trong trái là do Brassinolide kiểm soát hoạt động của enzyme invertase và Sucrose synthase bằng cách

điều chỉnh sự biểu hiện của các gen mã hóa invertase và các chất vận chuyển mono và disaccharide (Xu et al., 2015).

Bảng 11. Độ Brix (%) dịch trái quýt hồng

Chất xử lý (A)	Số lần xử lý (B)		Trung bình của chất xử lý (A)
	2 lần	3 lần	
Brassinolide 0,5 ppm	11,40 ^b ± 0,03	10,94 ^{bc} ± 0,03	11,17 ^b ± 0,03
Brassinolide 1 ppm	13,47 ^a ± 0,05	11,41 ^b ± 0,01	12,44 ^a ± 0,03
Brassinolide 1,5 ppm	10,23 ^c ± 0,02	8,98 ^c ± 0,05	9,61 ^c ± 0,03
Đối chứng (nước)	8,14 ^d ± 0,03	8,00 ^d ± 0,03	8,07 ^d ± 0,03
Trung bình của số lần xử lý (B)	10,81 ^a ± 0,03	9,84 ^b ± 0,03	
F Chất xử lý (A)		**	
F Số lần xử lý (B)		**	
F (AxB)		**	
CV (%)		4,40	

Trong cùng một cột và hàng, các số có chữ cái theo sau giống nhau khác biệt không có ý nghĩa thống kê qua phép thử Duncan, **: khác biệt có ý nghĩa ở mức 1%.

3.6. pH dịch trái

Kết quả thống kê Bảng 12 cho thấy có sự ảnh hưởng tương tác ở mức ý nghĩa 5% giữa chất xử lý và số lần xử lý đến độ pH trong dịch trái quýt hồng. Trong đó, chất xử lý và số lần xử lý không có khác biệt ý nghĩa thống kê.

Nhìn chung giá trị pH dịch trái phụ thuộc vào nhiều yếu tố như loại trái, phương pháp bảo quản, mức độ hư hỏng... pH của dịch trái là chỉ số quan trọng phản ánh mức độ acid và ảnh hưởng trực tiếp

đến vị chua, tính bảo quản và khả năng sinh trưởng của vi sinh vật. Khi pH tăng lên, hàm lượng acid hữu cơ trong quả giảm, làm vị chua của trái dịu đi nhưng đồng thời tạo điều kiện thuận lợi cho vi sinh vật gây hại sinh sôi phát triển (Kifle et al., 2024). Cho nên việc đánh giá độ pH dịch trái sẽ rất có ích trong đánh giá chất lượng trái cũng như trong việc quản lý bệnh sau thu hoạch. Trong trái cam quýt, giá trị pH dịch trái chủ yếu là do hàm lượng của axit citric và axit malic trong trái tạo nên.

Bảng 12. pH của dịch trái quýt hồng

Chất xử lý (A)	Số lần xử lý (B)		Trung bình của chất xử lý (A)
	2 lần	3 lần	
Brassinolide 0,5 ppm	3,07 ^a ± 0,02	3,06 ^{ab} ± 0,01	3,07 ± 0,01
Brassinolide 1 ppm	3,06 ^{ab} ± 0,01	3,04 ^c ± 0,01	3,05 ± 0,01
Brassinolide 1,5 ppm	3,05 ^{bc} ± 0,01	3,05 ^{bc} ± 0,02	3,05 ± 0,02
Đối chứng (nước)	3,05 ^{bc} ± 0,02	3,07 ^{ab} ± 0,01	3,06 ± 0,01
Trung bình của số lần xử lý (B)	3,06 ± 0,01	3,05 ± 0,01	
F Chất xử lý (A)		ns	
F Số lần xử lý (B)		ns	
F (AxB)		*	
CV (%)		2,30	

Trong cùng một cột và hàng, các số có chữ cái theo sau giống nhau khác biệt không có ý nghĩa thống kê qua phép thử Duncan, *: khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% và ns: khác biệt không có ý nghĩa thống kê.

3.7. Hàm lượng vitamin C

Hàm lượng vitamin C của trái quýt hồng có ảnh hưởng bởi sự tương tác của chất xử lý và số lần xử lý ở mức ý nghĩa 5% (Bảng 13). Nghiệm thức xử lý

Brassinolide 1 ppm và Brassinolide 0,5 ppm phun 2 lần cho kết quả hàm lượng vitamin C cao nhất (lần lượt là 33,83 ± 0,02 và 33,70 ± 0,02 mg/100g) nhưng giữa hai nghiệm thức này khác biệt không có ý nghĩa thống kê.

Bảng 13. Hàm lượng vitamin C (mg/100g khối lượng trái tươi)

Chất xử lý (A)	Số lần xử lý (B)		Trung bình của chất xử lý (A)
	2 lần	3 lần	
Brassinolide 0,5 ppm	33,83 ^a ± 0,02	33,10 ^c ± 0,02	33,47 ^a ± 0,01
Brassinolide 1 ppm	33,70 ^{ab} ± 0,02	33,30 ^{bc} ± 0,01	33,50 ^a ± 0,02
Brassinolide 1,5 ppm	33,33 ^{bc} ± 0,01	33,23 ^c ± 0,01	33,28 ^{ab} ± 0,02
Đối chứng (nước)	33,07 ^c ± 0,02	33,10 ^c ± 0,01	33,08 ^b ± 0,01
Trung bình của số lần xử lý (B)	33,48 ^a ± 0,02	33,18 ^b ± 0,01	
F Chất xử lý (A)		*	
F Số lần xử lý (B)		**	
F (AxB)		*	
CV (%)		3,69	

Trong cùng một cột hoặc hàng, các số có chữ theo sau giống nhau không khác biệt có ý nghĩa thống kê qua phép thử Duncan, **: khác biệt có ý nghĩa ở mức 1%; *: khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%.

Vitamin C là một trong những chất dinh dưỡng quan trọng nhất được tìm thấy trong các loại trái cây có múi. Theo Lee and Kader (2000), vitamin C bao gồm ascorbic acid và dehydroascorbic acid, là thành phần dinh dưỡng quan trọng, có hàm lượng thay đổi tùy theo giống, điều kiện khí hậu, kỹ thuật canh tác và độ thuần thực của trái. Trong cây có múi, hàm lượng vitamin C thường hiện diện với hàm lượng cao và được tổng hợp rất nhanh trong giai đoạn thuần thực của trái. Khi trái bắt đầu chín thì hàm lượng này giảm dần do quá trình chín sẽ kéo theo sự suy giảm quá trình tổng hợp acid; trong khi đó, quá trình phân giải các chất lại tăng lên nhằm cung cấp năng lượng để duy trì hoạt động sống của trái (Nguyen et al., 2005).

Chất lượng của trái cây liên quan đến các chỉ số TSS, các acid hữu cơ, các sắc tố, hàm lượng đường, kích thước và khối lượng của trái,... Các minh chứng khoa học cho thấy rằng liều lượng xử lý ngoại sinh BRS và các hợp chất dẫn xuất của BRs tùy thuộc vào nhóm và loại các loại rau, củ, quả khác nhau. Ngoài tác dụng làm tăng giá trị cảm quan của trái cây,

Brassinolide còn làm cải thiện đáng kể đến chất lượng như hàm lượng Vitamin C, anthocyanin, lycopene, axit hữu cơ, phenol,... của các loại cherry, xoài, dâu, nho (Mandava & Wang, 2015). Cơ chế của BRs trong quá trình làm tăng phẩm chất, độ cảm quan và năng suất của trái cây này được xem là do sự tác động của các gene LeACS2, LeACS4, LeACO1, LeACO4 và LePSY1 (Zhu et al., 2015) trong quá trình phát triển của trái, nhất là giai đoạn thuần thực và chín của trái.

3.8. Khô đầu múi

3.8.1. Tỷ lệ trái bị khô đầu múi

Kết quả Bảng 14 cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê và có ảnh hưởng tương tác của chất xử lý và số lần xử lý khác biệt ở mức ý nghĩa 1% đến tỷ lệ trái quýt hồng bị khô đầu múi. Việc xử lý Brassinolide 1 ppm với 2 lần phun cho tỷ lệ trái khô đầu múi thấp nhất (6,49 ± 0,02%). Kết quả này cũng cho thấy tác động tích cực của Brassinolide ảnh hưởng lên màng tế bào làm cho màng cứng chắc không lỏng lẻo không cho khoảng rỗng rỉ ra bên ngoài.

Bảng 14. Tỷ lệ trái khô đầu múi quýt hồng (%)

Chất xử lý (A)	Số lần xử lý (B)		Trung bình của chất xử lý (A)
	2 lần	3 lần	
Brassinolide 0,5 ppm	9,66 ^c ± 0,01	7,67 ^c ± 0,02	8,66 ^c ± 0,01
Brassinolide 1 ppm	6,49 ^f ± 0,02	8,53 ^d ± 0,02	7,51 ^d ± 0,02
Brassinolide 1,5 ppm	9,78 ^c ± 0,02	11,67 ^b ± 0,03	10,73 ^b ± 0,02
Đối chứng (nước)	78,86 ^a ± 0,01	79,05 ^a ± 0,02	78,96 ^a ± 0,02
Trung bình của số lần xử lý (B)	26,20 ^b ± 0,02	26,73 ^a ± 0,02	
F Chất xử lý (A)		**	
F Số lần xử lý (B)		**	
F (AxB)		**	
CV (%)		2,99	

Trong cùng một cột hay hàng, các số có chữ theo sau giống nhau không khác biệt có ý nghĩa thống kê qua phép thử Duncan, **: khác biệt có ý nghĩa ở mức 1%.

Có rất nhiều nguyên nhân tác động dẫn đến hiện tượng khô đầu múi trên quýt hồng. Trong đó nguyên nhân do mất cân đối các nguyên tố dinh dưỡng, chất điều hòa sinh trưởng, neo trái quá lâu, mật độ trồng, tuổi cây... Trong quá trình canh tác quýt hồng, nhiều nhà vườn chỉ tập trung bón phân đơn, bón quá nhiều đạm mà thiếu Canxi, Kali, tỷ lệ N-P-K không cân đối, thiếu trung, vi lượng,... dễ gây ra hiện tượng khô đầu múi (Nguyễn & Nguyễn, 2014). Đất trồng quýt hồng ở đây rất lâu năm và nhà vườn thì bón phân không cân đối nên đất có thể bị nghèo dinh dưỡng. Cũng đã có những thí nghiệm bón thêm phân

hữu cơ để cải tạo lại đất nhưng chưa có hiệu quả tốt. Kết quả thí nghiệm cho thấy khi xử lý Brassinolide 1 ppm phun 2 lần là có hiệu quả nhất đối với hiện tượng này.

3.8.2. Tỷ lệ múi khô/trái

Kết quả thống kê (Bảng 15) cũng cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về số lần xử lý và tương tác có ý nghĩa 1% giữa số lần xử lý và chất xử lý lên tỷ lệ múi khô/trái. Nghiệm thức xử lý Brassinolide nồng độ 1 ppm xử lý 2 lần có tỷ lệ múi khô ít nhất ($5,74 \pm 0,02\%$). Nghiệm thức đối chứng có tỷ lệ múi khô cao nhất ($73,78 \pm 0,02\%$).

Bảng 15. Tỷ lệ múi khô/trái của quýt hồng (%)

Chất xử lý (A)	Số lần xử lý (B)		Trung bình của chất xử lý (A)
	2 lần	3 lần	
Brassinolide 0,5 ppm	$9,80^c \pm 0,01$	$8,54^d \pm 0,01$	$9,17^b \pm 0,01$
Brassinolide 1 ppm	$5,74^a \pm 0,02$	$6,45^c \pm 0,02$	$6,10^c \pm 0,02$
Brassinolide 1,5 ppm	$8,31^d \pm 0,01$	$10,07^e \pm 0,02$	$9,19^b \pm 0,02$
Đối chứng (nước)	$72,68^b \pm 0,01$	$73,78^a \pm 0,02$	$73,23^a \pm 0,02$
Trung bình của số lần xử lý (B)	$24,13^b \pm 0,01$	$24,71^a \pm 0,02$	
F Chất xử lý (A)	**		
F Số lần xử lý (B)	**		
F (AxB)	**		
CV (%)	1,52		

Trong cùng một cột hay hàng, các số có chữ theo sau giống nhau không khác biệt có ý nghĩa thống kê qua phép thử Duncan, **: khác biệt có ý nghĩa ở mức 1%.

Vách tế bào thực vật là cấu trúc ngoài màng sinh chất, đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì hình dạng, độ bền cơ học, bảo vệ tế bào và điều chỉnh sự trao đổi chất giữa tế bào với môi trường xung quanh. Ở trái, đặc biệt là nhóm quả mọng nước như cây có múi (citrus), vách tế bào không chỉ quyết định đặc tính cơ học (độ cứng, độ đàn hồi, khả năng giữ nước) mà còn ảnh hưởng trực tiếp đến các tính chất cảm quan như độ ngọt, vị chua, độ mọng nước và kết cấu. Thành phần chủ yếu của vách tế bào bao gồm cellulose, hemicellulose, pectin, cùng với lignin, protein cấu trúc, và các hợp chất phenolic; trong đó cellulose, hemicellulose và pectin là ba polysaccharide cấu trúc chính. Cellulose là polysaccharide cấu trúc cơ bản nhất của vách tế bào, gồm các chuỗi β -(1 $\rightarrow$ 4)-D-glucan sắp xếp song song, liên kết hydro với nhau tạo thành các vi sợi (microfibril) có độ bền cơ học cao. Các vi sợi cellulose tạo thành khung xương của vách tế bào, neo giữ hemicellulose và pectin, giúp duy trì hình dạng tế bào, chống biến dạng cơ học và áp suất trương. Ở quả, cellulose góp phần duy trì độ cứng, làm chậm quá trình mềm hóa trong giai đoạn chín. Hemicellulose là tập hợp các polysaccharide phi cellulose, như xyloglucan, glucuronarabinoxylan,

mannan... có khả năng liên kết cộng hóa trị với bề mặt vi sợi cellulose và tương tác với pectin. Vai trò của hemicellulose là như một “chất keo” đàn hồi, giúp kết nối mạng lưới cellulose với ma trận pectin, điều chỉnh tính mềm – cứng và khả năng biến dạng của vách tế bào. Trong giai đoạn chín, hemicellulose bị thủy phân bởi các enzyme như xyloglucan endotransglycosylase/hydrolase (XTH), endo- β -1,4-glucanase, làm giảm độ bền liên kết, góp phần vào quá trình mềm hóa. Pectin là nhóm polysaccharide giàu acid galacturonic, tập trung chủ yếu ở phiến giữa (middle lamella) và vách sơ cấp, đóng vai trò như “chất hồ” gắn kết các tế bào liên kề (Willats et al., 2001). Pectin giúp vách tế bào giữ nước, duy trì tính dẻo và ảnh hưởng lớn đến độ nhớt của dịch quả. Quá trình biến đổi pectin, đặc biệt là sự khử ester của pectin methylesterase (PME) và sự cắt mạch của polygalacturonase (PG) hay pectate lyase (PL), là nguyên nhân chính làm các tế bào mất sự gắn kết, mô quả trở nên mềm và dịch bào dễ thoát ra. Nhìn chung Brassinolide đã hỗ trợ là giảm tỷ lệ khô đầu múi, chiều dài khô múi trái quýt hồng.

3.8.3. Tỷ lệ chiều dài múi khô

Kết quả thống kê cho thấy tỷ lệ chiều dài múi khô của trái quýt hồng cũng được cải thiện đáng kể, khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 1%. Có sự tương tác có ý nghĩa thống kê giữa số lần xử lý và chất xử lý lên tỷ lệ chiều dài múi khô trái quýt hồng (Bảng 16). Trong đó nghiệm thức xử lý Brassinolide nồng độ 1 ppm ở 2 lần phun có tỷ lệ chiều dài múi khô thấp nhất ($2,88 \pm 0,02\%$) so với nghiệm thức đối chứng ($41,14 \pm 0,01\%$).

Hiện tượng khô trái hay nứt trái là một trong những vấn đề nghiêm trọng đối với các loại trái cây như lựu, vải, chanh, sơ ri... Nguyên nhân phần lớn là do các yếu tố phi sinh học như nhiệt độ, thiếu nước hoặc lượng mưa thất thường, thiếu các chất dinh dưỡng như Ca, Zn, B,... Kết quả các thí nghiệm đã chứng minh rằng việc áp dụng BRs ngoại sinh trên quả vải và quả hồng có một vai trò quan trọng trong việc nâng cao giá trị thương mại bằng cách giảm rụng quả và nứt quả. Brassinolide làm tăng hoạt tính của một số enzyme làm mềm quả như pectin methylesterase (PME) và polygalacturonase (PG) và hàm lượng pectin và protopectin tan trong

nước. Nó cũng làm tăng hàm lượng canxi trong vỏ quả và giảm nứt quả đáng kể (Peng et al., 2004). Mặt khác, vào giai đoạn trái thuần thực đến khi chín và thu hoạch, Brassinolide đã được chứng minh là có khả năng điều chỉnh mức độ hoạt động của pectin methylesterase (PME) và polygalacturonase (PG) từ đó làm cho thành tế bào phản ứng tốt với các điều kiện bất lợi của môi trường (Qu et al., 2011). Ngoài ra, việc sử dụng Brassinolide ngoại sinh hoặc biểu hiện quá mức của gen thụ thể Brassinolide có thể có lợi cho sự tích tụ và lắng đọng cellulose, đặc biệt là để bù đắp lượng cellulose mất đi do các tác nhân stress phi sinh học gây ra (Zhang et al., 2014). Một số bằng chứng cho thấy tín hiệu Brassinolide có thể không trực tiếp quyết định tổng hàm lượng cellulose (Schrack et al., 2012) mà có liên quan nhiều hơn đến việc định hướng tích tụ microfibril cellulose thông qua sự kiểm soát của tổ chức vi ống vỏ não trong tế bào (Bashline et al., 2014). Từ những cơ sở trên có thể thấy rằng, việc phun bổ sung Brassinolide trong giai đoạn trước khi thu hoạch đã làm giảm đáng kể hiện tượng khô đầu múi trên trái quýt hồng.

Bảng 16 Tỷ lệ chiều dài múi khô (%)

Chất xử lý (A)	Số lần xử lý (B)		Trung bình của chất xử lý (A)
	2 lần	3 lần	
Brassinolide 0,5 ppm	$5,45^d \pm 0,01$	$4,74^e \pm 0,01$	$5,09^c \pm 0,01$
Brassinolide 1 ppm	$2,88^f \pm 0,02$	$5,08^{de} \pm 0,02$	$3,98^d \pm 0,02$
Brassinolide 1,5 ppm	$7,44^c \pm 0,01$	$8,44^b \pm 0,02$	$7,94^b \pm 0,02$
Đối chứng (nước)	$41,14^a \pm 0,01$	$40,97^a \pm 0,01$	$41,06^a \pm 0,01$
Trung bình của số lần xử lý (B)	$14,23^b \pm 0,02$	$14,81^a \pm 0,02$	
F Chất xử lý (A)		**	
F Số lần xử lý (B)		**	
F (AxB)		**	
CV (%)		2,61	

Trong cùng một cột hay hàng, các số có chữ theo sau giống nhau không khác biệt có ý nghĩa thống kê qua phép thử Duncan, **: khác biệt có ý nghĩa ở mức 1%.

4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

4.1. Kết luận

Việc xử lý Brassinolide ở nồng độ 1 ppm phun 2 lần vào thời điểm 113 và 105 ngày trước thu hoạch cho kết quả tốt nhất, đã làm tăng khối lượng trái ($61,54 \pm 0,10$ g). Từ đó làm tăng năng suất tổng ($67,70 \pm 0,11$ tấn/ha), đồng thời làm giảm đáng kể tỷ lệ khô đầu múi trái ($6,49 \pm 0,02\%$), tỷ lệ múi khô ($5,74 \pm 0,02\%$) và tỷ lệ chiều dài múi khô ($2,88 \pm 0,02\%$). Hơn nữa việc xử lý Brassinolide ở nồng độ

này giúp làm gia tăng một số chỉ tiêu về phẩm chất của trái (độ Brix thịt trái: 13,47% và tỷ lệ trái bị khô đầu múi: $6,49 \pm 0,02\%$).

4.2. Đề nghị

Để khắc phục hiện tượng khô đầu múi trái cũng như nâng cao năng suất, phẩm chất và độ cảm quan của trái quýt hồng, nhà vườn có thể xử lý Brassinolide nồng độ 1 ppm trên quýt hồng 2 lần vào thời điểm 113 và 105 ngày trước thu hoạch.

TÀI LIỆU THAM KHẢO (REFERENCES)

- Ali, B., Hasan, S.A., Hayat, S., Hat, Q., Yadav, S., Fariduddin, Q., & Ahmad, A. (2008). A role for brassinosteroids in the amelioration of aluminium stress through antioxidant system in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *Environmental and Experimental Botany*, 62(2), 153-159.
<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.07.014>
- Arora, N., Bhardwaj, R., Sharma, P., & Arora, H.K. (2008). 28-Homobrassinolide alleviates oxidative stress in salt treated maize (*Zea mays* L.) plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 20(2), 153-157.
<https://doi.org/10.1590/S1677-04202008000200007>
- Baghel, M., Nagaraja, A., Srivastav, M., Meena, N. K., Senthil Kumar, M., Kumar, A., & Sharma, R. R. (2019). Pleiotropic influences of brassinosteroids on fruit crops: a review. *Plant Growth Regulation*, 87(2), 375-388.
- Bashline, L., Li, S., & Gu, Y. (2014). The trafficking of the cellulose synthase complex in higher plants. *Annals of Botany*, 114(6), 1059-1067.
- Chen, J., Nolan, T. M., Ye, H., Zhang, M., Tong, H., Xin, P., Chu, J., Chu, C., Li, Z., & Yin, Y. (2017). Arabidopsis WRKY46, WRKY54, and WRKY70 Transcription Factors Are Involved in Brassinosteroid-Regulated Plant Growth and Drought Responses. *The Plant Cell*, 29(6), 1425-1439.
<https://doi.org/10.1105/tpc.17.00364>
- Du, K., Lin, H., Luo, Q., Li, T., Wu, H., Wang, B., Guo, Z., Pan, T., & She, W. (2025). *Calcium and boron foliar fertilizer to relieve cracking of "Liu Yue Zao" pummelos*. *Foods*, 14(4), 595.
<https://doi.org/10.3390/foods14040595>
- Fujii, S., & Saka, H. (2001). Distribution of assimilates to each organ in rice plants exposed to a low temperature at the ripening stage, and the effect of brassinolide on the distribution. *Plant Production Science*, 4(2), 136-144.
<https://doi.org/10.1626/pps.4.136>
- Garrido-Auñón, F., Puente-Moreno, J., García-Pastor, M. E., Serrano, M., & Valero, D. (2024). Brassinosteroids: An Innovative Compound Family That Could Affect the Growth, Ripening, Quality, and Postharvest Storage of Fleshy Fruits. *Plants*, 13(21), 3082.
<https://doi.org/10.3390/plants13213082>
- Habibi, F., Serrano, M., Zacarías, L., Valero, D., & Guillén, F. (2021). Postharvest application of 24-epibrassinolide reduces chilling injury symptoms and enhances bioactive compounds content and antioxidant activity of blood orange fruit. *Frontiers in Plant Science*, 12, 629733.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2021.629733>
- Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. H. M. B., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohsin, S. M., Mahmud, J. A., Fujita, M., & Fotopoulos, V. (2020). *Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: Revisiting the crucial role of a universal defense regulator*. *Antioxidants*, 9(8), 681.
<https://doi.org/10.3390/antiox9080681>
- He, J. X., Gendron, J. M., Sun, Y., Gampala, S. S., Gendron, N., Sun, C. Q., & Wang, Z. Y. (2005). BZR1 is a transcriptional repressor with dual roles in brassinosteroid homeostasis and growth responses. *Science*, 307(5715), 1634-1638.
<https://doi.org/10.1126/science.1107580>
- Hussain, M. A., Fahad, S., Sharif, R., Jan, M. F., Mujtaba, M., Ali, Q., Ahmad, H., Amin, N., Ajayo, B. S., Sun, C., Gu, L., Ahmad, I., Jiang, Z., & Hou, J. (2020). Multifunctional role of brassinosteroid and its analogues in plants. *Plant Growth Regulation*, 92(2), 141-156.
- Hussain, M., Fahad, S., Fahad, S., Sharif, R., Jan, M. F., Mujtaba, M., Ali, Q., Ahmad, A., Ahmad, H., Amin, N., Ajayo, B. S., Sun, C., Gu, L., Ahmad, I., Zhanmei, J., & Hou, J. (2020). Multifunctional role of brassinosteroid and its analogues in plants. *Plant Growth Regulation*, 92(2), 141-156.
<https://doi.org/10.1007/S10725-020-00647-8>
- Janeczko, A., Gruszka, D., Pocięcha, E., Dziurka, M., Filek, M., Jurczyk, B., Kalaji, H. M., Kocurek, M., & Waligórski, P. (2016). Physiological and biochemical characterisation of watered and drought-stressed barley mutants in the HvDWARF gene encoding C6-oxidase involved in brassinosteroid biosynthesis. *Plant Physiology and Biochemistry*, 99(1), 126-141.
- Kifle, D. R., Bacha, K. B., Hora, R. N., Likasa, L. (2024). Evaluation of microbiome and physicochemical profiles of fresh fruits of Musa paradisiaca, Citrus sinensis and Carica papaya at different ripening stages: Implication to quality and safety management. *National Library of Medicine*, 19(1):e0297574.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0297574>
- Lee, S. K., & Kader, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest biology and technology*, 20(3), 207-220.
- Li, Z., & He, Y. (2020). Roles of Brassinosteroids in Plant Reproduction. *International journal of molecular sciences*, 21(3), 1-16.
<https://doi.org/10.3390/ijms21030872>
- Mahorkar, K.D., Naglot, U.M., Navsare, R.I., & Chavhan, P.M. (2018). Effect of plant growth regulators on flowering, fruit set and yield of custard apple (*Annona squamosa* L.).

- International Journal of Chemical Studies*, 6(4), 2381-2384.
- Mandava, B., & Wang, Y. (2015). Effect of brassinosteroids on cherry maturation, firmness and fruit quality. In *III Balkan Symposium on Fruit Growing 1139* (pp. 451-458).
- Manghwar, H., Hussain, A., Ali, Q., & Liu, F. (2022). Brassinosteroids (BRs) Role in Plant Development and Coping with Different Stresses. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(3), 1012. <https://doi.org/10.3390/ijms23031012>.
- Meena, N. K., Asrey, R., Singh, J., Parajapati, U., Chaudhary, K., & Mani, A. (2018). Effects of brassinosteroids application on quality and storage of fruits. *Trends & prospects in post harvest management of horticultural crops. Today & Tomorrow's Printers and Publishers, Delhi*, 65-79.
- Meena, N. K., Asrey, R., Singh, J., Prajapati, U., Chaudhary, K., & Mani, A. (2018). Effects of brassinosteroids application on quality and storage of fruits. In book: Trends & Prospects in Post Harvest Management of horticultural crops (pp:65-80). Today & Tomorrow's Printers and Publishers. *Molecular Biology*, 47(1-2), 9-27.
- Muengkaew, R., Whangchai, K., & Chaiprasart, P. (2018). Application of calcium-boron improves fruit quality, cell characteristics, and effective softening enzyme activity after harvest in mango fruit (*Mangifera indica* L.). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 59(4), 537-546.
- Nguyen, C. M., Phan, T. B. T., Nguyen, T. T. T. (2005). *Chemistry practical textbook*. Can Tho University Library: 73 papers.
- Nguyen, H. V., & Nguyen, H. V. (2014). Mitigating the dry segment disorder in "Hong" mandarin (*Citrus reticulata* blanco) in Lai Vung district, Dong Thap province. Summary report of the provincial-level research project, Dong Thap province (in Vietnamese).
- Nguyen, M. V., Phan, D. A. T., Lam, H. V. T., Nguyen, P. M. N., & Chau, A. D. T. (2005). Effects of a variety of packaging materials on orange quality during storage. *National workshop on Citrus, Mango and Pineapple* (pp. 141 – 148). Can Tho University (in Vietnamese).
- Peng, J., Tang, X., & Feng, H. (2004). Effects of brassinolide on the physiological properties of litchi pericarp (*Litchi chinensis* cv. nuomoci). *Scientia horticultrae*, 101(4), 407-416. prospects for functional analysis. *Plant*
- Qu, T., Liu, R., Wang, W., An, L., Chen, T., Liu, G., & Zhao, Z. (2011). Brassinosteroids regulate pectin methylesterase activity and AtPME41 expression in Arabidopsis under chilling stress. *Cryobiology*, 63(2), 111-117. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2011.07.003>.
- Rothová, O., Holá, D., Kočová, M., Tůmová, L., Hnilička, F., Hniličková, H., Kamlar, M., & Macek, T. (2014). 24-epibrassinolide and 20-hydroxyecdysone affect photosynthesis differently in maize and spinach. *Steroids*, 85, 44-57. <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2014.04.00>
- Saglam-Cag, S. (2014). The effect of epibrassinolide on senescence in wheat leaves. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 21(1), 63-65. <https://doi.org/10.1080/13102818.2007.10817415>.
- Sairam, R. K., Srivastava, G. C., Agarwal, S., & Meena, R. C. (2005). Differences in antioxidant activity in response to salinity stress in tolerant and susceptible wheat genotypes. *Biologia Plantarum*, 49(1), 85-91. <https://doi.org/10.1007/s10535-005-5091-2>.
- Schrick, K., Debolt, S., & Bulone, V. (2012). Deciphering the molecular functions of sterols in cellulose biosynthesis. *Frontiers in Plant Science*, 3, 1-6. <https://doi.org/10.3389/fpls.2012.00084>.
- Shao, L., Wei, C. C., Gigax, J., Aitkaliyeva, A., Chen, D., Sencer, B. H., & Garner, F. A. (2014). Effect of defect imbalance on void swelling distributions produced in pure iron irradiated with 3.5 MeV self-ions. *Journal of Nuclear Materials*, 453(1-3), 176-181.
- Siddiqui, H., Hayat, S., & Bajguz, A. (2018). Regulation of photosynthesis by brassinosteroids in plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 40(3), 59. <https://dx.doi.org/10.1007/s11738-018-2639-2>
- Singh, A. P., & Savaldi-Goldstein, S. (2015). Growth control: brassinosteroid activity gets context. *Journal of Experimental Botany*, 66(4), 1123-1132. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv026>.
- Wang, Q., Yu, F., & Xie, Q. (2020). Balancing growth and adaptation to stress: Crosstalk between brassinosteroid and abscisic acid signaling. *Plant, Cell Environment*, 43(10), 2325-2335. <https://doi.org/10.1111/pce.13846>.
- Wang, Q., Yu, F., & Xie, Q. (2020). Balancing growth and adaptation to stress: Crosstalk between brassinosteroid and abscisic acid signaling. *Plant, Cell & Environment*, 43(10), 2325-2335.
- Wang, Y., Fu, X., He, W., Chen, Q., & Wang, Y. (2019). Effect of spraying brassinolide on fruit quality of *Citrus grandis* cv. 'Huangjinmiyou' and 'Hongroumiyou'. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 3yY58, 022029.

- Willats, W. G. T., McCartney, L., Mackie, W., & Wu, C. Y., Trieu, A., Radhakrishnan, P., Kwok, S. F., Harris, S., Zhang, K., Wang, J., Wan, J., Zhai, H., Takatsuto, S., Matsumoto, S., Fujioka, S., Feldmann, K. A., & Pennell, R. I. (2008). Brassinosteroids regulate grain filling in rice. *The Plant Cell*, 20(8), 2130-2145. <https://doi.org/10.1105/tpc.107.055087>.
- Xu, F., Xi, Z. M., Zhang, H., Zhang, C. J., & Zhang, Z. W. (2015). Brassinosteroids are involved in controlling sugar unloading in *Vitis vinifera* 'Cabernet Sauvignon' berries during véraison. *Plant Physiology and Biochemistry*, 94(3), 197-208. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.06.005>.
- Yin, Y., Vafeados, D., Tao, Y., Yoshida, S., Asami, T., & Chory, J. (2005). A new class of transcription factors mediates brassinosteroid-regulated gene expression in *Arabidopsis*. *Cell*, 120(2), 249-259. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2004.11.044>
- Zaharah, S. S., Singh. Z., Symons, G. M., & Reid, J. (2012). Role of brassinosteroids, ethylene, abscisic acid, and indole-3-acetic acid in mango fruit ripening. *Journal of Plant Growth Regulation*, 31(3), 363-372. <https://doi.org/10.1007/s00344-011-9245-5>.
- Zhang, C., Bai, M. Y., & Chong, K. (2014). Brassinosteroid-mediated regulation of agronomic traits in rice. *Plant Cell Report*, 33(5), 683-696. <https://doi.org/10.1007/s00299-014-1578-7>.
- Zhu, F., Yun, Z., Ma, Q., Gong, Q., Zeng, Y., Xu, J., Cheng, Y., & Deng, X. (2015). Effects of exogenous 24-epibrassinolide treatment on postharvest quality and resistance of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu*). *Postharvest Biology Technology*, 100, 8-15. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.09.014>