

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA NANO SẮT XITRAT LÀM PHÂN BÓN VI LƯỢNG ĐỐI VỚI SINH TRƯỞNG, NĂNG SUẤT VÀ CHẤT LƯỢNG CỦA DƯA CHUỘT (*Cucumis sativus*) VÀ CÀ CHUA (*Solanum lycopersicum* L.) TRỒNG TRÊN GIÁ THỂ TRONG NHÀ LƯỚI

Nguyễn Lê Khanh¹, Nguyễn Thị Hồng¹, Lê Thị Hiền^{1,*}

¹ Khoa Công nghệ nông nghiệp, Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội

*Email: lehien@vnu.edu.vn

TÓM TẮT

Hiện nay, mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về phân bón sắt, nhưng các thử nghiệm có hệ thống trên cây rau lấy quả như cà chua và dưa chuột trồng trên giá thể trong nhà lưới, so sánh trực tiếp hiệu quả của nano sắt xitrat (FeCit) với các nguồn sắt truyền thống như FeSO₄ và Fe-EDDHA về sinh trưởng, phát triển, năng suất và chất lượng quả vẫn còn hạn chế. Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của các nồng độ nano sắt xitrat (FeCit) khác nhau đối với chỉ tiêu sinh trưởng (SPAD, chiều cao cây, khối lượng sinh khối), sinh thực (số lượng hoa), năng suất và các chỉ số chất lượng quả của dưa chuột (*Cucumis sativus*) và cà chua (*Solanum lycopersicum* L.) trồng trên giá thể trong nhà màng. Kết quả cho thấy nano FeCit có khả năng cải thiện sinh trưởng sinh dưỡng, sinh trưởng sinh thực và chất lượng quả của cả hai loài cây. Ở dưa chuột, nano FeCit 2,5 ppm (CT2) thúc đẩy quá trình ra hoa và đạt năng suất trung bình cao hơn so với đối chứng, trong khi nồng độ cao hơn 5 ppm (CT3) chỉ cải thiện nhẹ các chỉ tiêu. Ở cà chua, nano FeCit 0,9 ppm (CC3) duy trì SPAD, hỗ trợ phát triển lá, thân và rễ, đồng thời tăng số quả trung bình, năng suất cả thể, hàm lượng carotenoid tổng số và độ Brix mà không làm thay đổi hình thái quả. Những kết quả này nhấn mạnh tầm quan trọng của việc tối ưu hóa dạng và nồng độ nano sắt nhằm nâng cao hiệu quả hấp thu sắt, cải thiện năng suất và chất lượng quả. Đồng thời, nano FeCit cho thấy tiềm năng thay thế sắt chelate (có cang) thương mại, mở ra hướng ứng dụng trong các hệ thống nông nghiệp công nghệ cao và canh tác nhà lưới, góp phần nâng cao giá trị dinh dưỡng và phát triển sản xuất nông nghiệp bền vững.

Từ khóa: Cà chua, dưa chuột, nano sắt xitrat, phân bón vi lượng.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sắt (Fe) là vi lượng thiết yếu cho thực vật, tham gia trực tiếp vào các quá trình sinh hóa như: Tổng hợp diệp lục, carotenoid, chuỗi truyền electron quang hợp, hoạt động của các enzym oxy hóa-khử [1, 2]. Thiếu sắt dẫn tới giảm hiệu suất quang hợp, vàng lá, làm giảm tích lũy các bon và ảnh hưởng tới tốc độ sinh trưởng, năng suất cây trồng [3]. Trong cây rau lấy quả như cà chua (*Solanum lycopersicum* L.) và dưa chuột (*Cucumis sativus*), sắt còn ảnh hưởng đến việc tạo quả, chất lượng quả - bao gồm hàm lượng đường hòa tan, sắc tố carotenoid và độ ngọt - các chỉ số quan trọng ảnh hưởng tới giá trị thương phẩm [4]. Trong thực tiễn canh tác công nghệ

cao, đặc biệt là tưới nhỏ giọt và trồng trên giá thể trong nhà màng/nhà lưới, việc cung cấp vi lượng sắt từ các dạng vô cơ như FeSO₄ gặp khó khăn do tính ít tan, dễ bị oxy hóa hoặc bị kết tủa khi pH hoặc điều kiện môi trường không thuận lợi, dẫn tới hiệu suất sử dụng sắt thấp và rủi ro tắc hệ thống tưới. Để giải quyết vấn đề này, sắt chelate (ví dụ Fe-EDDHA, Fe-EDTA) được sử dụng vì khả năng duy trì sắt ở dạng hòa tan ổn định hơn trong dải pH rộng và giảm mất sắt do kết tủa. Tuy nhiên, chi phí của các chelate thường cao và có những lo ngại về ảnh hưởng môi trường nếu sử dụng quá mức [5].

Các loại phân bón vi lượng sắt dựa trên hạt nano oxit sắt, chẳng hạn như Fe₂O₃, Fe₃O₄, hoặc

các phức nano-chelate, đã được nghiên cứu rộng rãi trên nhiều loài cây trồng trong những năm gần đây. Việc phun lá nano Fe_3O_4 cho cây đậu tương trong cả điều kiện hạn và đủ nước đã cho thấy sự gia tăng đáng kể về năng suất cũng như cải thiện các chỉ số chất lượng hạt so với đối chứng [6]. Tương tự, việc ứng dụng nano oxit sắt ở nồng độ 100 - 500 ppm đã làm tăng hàm lượng diệp lục, sinh khối và các thông số sinh lý khác của cây so với việc sử dụng các dạng sắt vô cơ truyền thống [7]. Gần đây, một xu hướng mới nổi bật là sử dụng nano sắt xitrat, do vật liệu này kết hợp được ưu điểm của hạt nano với khả năng tạo phức tự nhiên của xitrat. Khi bón đất nanoxitrat sắt và kẽm cho cây lạc 20 ngày tuổi, khả năng sinh khả dụng và hấp thu sắt được ghi nhận cao hơn đáng kể so với các nguồn sắt thông thường như FeSO_4 và Fe-EDTA [8].

Tuy đã có các nghiên cứu nói trên, vẫn thiếu các thử nghiệm có hệ thống trên cây rau lấy quả như cà chua và dưa chuột trong điều kiện nhà lưới/giá thể để so sánh trực tiếp giữa nano sắt xitrat với FeSO_4 và Fe-EDDHA về mặt sinh trưởng (ví dụ: SPAD, diện tích lá), sinh sản (số lượng hoa cái), năng suất và các chỉ số chất lượng quả như tổng carotenoid, đường hòa tan, độ ngọt quả. Việc xác định hiệu quả theo liều lượng nano sắt xitrat và khả năng thay thế phân truyền thống là rất cần thiết. Vì vậy, mục tiêu của nghiên cứu này là: Đánh giá ảnh hưởng của nano sắt xitrat (FeCit) với các nồng độ khác nhau đối với các chỉ tiêu sinh trưởng, phát triển và năng suất của dưa chuột và cà chua trồng trên giá thể trong nhà

màng/nhà lưới. Phân tích tác động của nano FeCit tới chất lượng quả, đặc biệt là hàm lượng carotenoid tổng và đường hòa tan, độ ngọt quả cà chua. So sánh hiệu quả của nano FeCit với nguồn sắt Fe-EDDHA, nhằm xác định tiềm năng sử dụng FeCit như nguồn phân bón vi lượng mới có tính hiệu quả về năng suất, chất lượng và chi phí.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm và thời gian thí nghiệm

Hai thí nghiệm được thực hiện trong nhà màng nhà lưới của Trung tâm Thực nghiệm Công nghệ nông nghiệp, Đại học Quốc gia Hà Nội, ở cùng điều kiện khí hậu, trong vụ thu đông.

- Thí nghiệm 1: Trên cây dưa chuột.
- Thí nghiệm 2: Trên cây cà chua.

Mục tiêu của cả hai thí nghiệm là đánh giá ảnh hưởng của dạng và nồng độ nano sắt xitrat (FeCit) đến sinh trưởng, phát triển và năng suất của hai đối tượng cây trồng khác nhau.

2.2. Vật liệu và dinh dưỡng thí nghiệm

Thí nghiệm 1: Cây dưa chuột.

Đối tượng nghiên cứu là cây dưa chuột giống TC01 (Công ty Hachi cung cấp). Cây được trồng trong bình giá thể 15 L gồm hỗn hợp xơ dừa và trấu hun có bổ sung phân vi sinh và *Trichoderma*.

Dung dịch dinh dưỡng cơ bản được pha theo hướng dẫn của Greenhouse cucumber production (2019) [9] với thành phần dinh dưỡng trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Hàm lượng các nguyên tố dinh dưỡng trong dung dịch thủy canh sử dụng cho cây dưa chuột và cà chua

Nguyên tố	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
Dưa chuột, ppm	217	43	209	191	35	47	2,5	0,3	0,2	0,3	0,2	0,03
Cà chua, ppm	210	31	313	160	36,5	50,6	0,84	0,55	0,33	0,22	0,06	0,1

Dung dịch nano sắt xitrat (FeCit) sử dụng trong thí nghiệm có kích thước hạt nano sắt xitrat trung bình là 70 nm với nồng độ sắt nguyên tố khoảng 10 g/L.

Các công thức thí nghiệm gồm: CT1 (đối chứng): Sử dụng FeEDDHA, nồng độ 2,5 ppm;

CT2, CT3: Sử dụng nano sắt xitrat với nồng độ tương ứng 2,5 ppm và 5 ppm.

Dung dịch được duy trì ở pH $5,8 \pm 0,2$ và độ dẫn điện (EC) $2,0 \pm 0,5$ dS/m, điều chỉnh bằng dung dịch HNO_3 . Hệ thống tưới nhỏ giọt tự động được sử dụng để cấp dinh dưỡng, đảm

bảo duy trì độ ẩm giá thể ở mức 60 - 70% dung tích chứa nước.

Thí nghiệm 2: Cây cà chua.

Cây giống cà chua HL04 (*Solanum lycopersicum* L.) do Công ty Hachi cung cấp được trồng trong bầu giá thể, đặt trong nhà lưới. Hệ thống tưới nhỏ giọt tự động được sử dụng để cung cấp nước và dung dịch dinh dưỡng nền đồng đều cho tất cả các bầu cây (ngoại trừ sắt). Dung dịch dinh dưỡng cơ bản được pha theo hướng dẫn dinh dưỡng cho cây cà chua [10] với thành phần trình bày ở bảng 1. Dung dịch sắt được tưới trước 8 giờ sáng hằng ngày, đảm bảo cung cấp ổn định vi lượng cần thiết cho sinh trưởng của cây.

Các công thức thí nghiệm gồm: CC1 (đối chứng): Sử dụng FeEDDHA, nồng độ 0,9 ppm; CC2, CC3, CC4: Sử dụng nano sắt xitrat, nồng độ 0,6 ppm; 0,9 ppm và 1,2 ppm.

Chế độ chăm sóc, tưới tiêu, làm giàn, phòng trừ sâu bệnh được thực hiện đồng nhất giữa các công thức trong mỗi thí nghiệm.

2.3. Bố trí thí nghiệm

Đối với thí nghiệm trên cây dưa chuột, thí nghiệm được bố trí theo kiểu khối ngẫu nhiên hoàn chỉnh (RCBD) với 3 block, mỗi công thức gồm 12 cây (4 cây cho mỗi block), được trồng với khoảng cách 70×45 cm.

Đối với thí nghiệm trên cây cà chua, thí nghiệm được bố trí theo RCBD gồm 6 khối (block), mỗi khối bao gồm tất cả các công thức xử lý. Mỗi công thức có 24 cây (4 cây cho mỗi block), được trồng với khoảng cách 50×50 cm.

2.4. Các chỉ tiêu theo dõi và phương pháp thu thập số liệu

2.4.1. Các chỉ tiêu sinh trưởng và phát triển của dưa chuột

Các chỉ tiêu sinh trưởng và năng suất của cây dưa chuột được xác định theo quy trình chuẩn trong nghiên cứu trồng trọt. Các chỉ tiêu theo dõi bao gồm: Chiều cao cây, chỉ số diệp lục (SPAD), số hoa cái, số quả/cây, khối lượng trung bình quả, chiều dài, đường kính quả và năng suất.

Chiều cao cây được đo từ mặt giá thể đến đỉnh sinh trưởng của thân chính bằng thước cm, với độ chính xác $\pm 0,5$ cm, vào giai đoạn sinh trưởng mạnh (4 - 6 tuần sau trồng).

Chỉ số diệp lục (SPAD) được đo bằng máy SPAD-502 Plus (Konica Minolta, Nhật Bản) trên lá non (lá thứ hai tính từ ngọn xuống) và lá trưởng thành (lá thứ năm tính từ ngọn xuống) của thân chính. Việc đo được thực hiện vào buổi sáng (8 giờ - 10 giờ) khi cây bước vào giai đoạn nuôi quả (khoảng tuần thứ 7 sau trồng).

Số hoa cái/cây được xác định bằng cách đếm toàn bộ số hoa cái hình thành trên thân chính và các nhánh cấp 1 trong giai đoạn 6 - 9 tuần sau trồng (tương ứng với thời kỳ ra hoa - đậu quả mạnh). Số quả/cây được xác định bằng cách đếm toàn bộ số quả đậu và phát triển đến giai đoạn thu hoạch trên thân chính và các nhánh cấp 1 trong giai đoạn 8 - 11 tuần sau trồng (tương ứng với thời kỳ thu hoạch chính).

Các chỉ tiêu hình thái quả bao gồm: Khối lượng, chiều dài và đường kính quả được xác định trên toàn bộ số quả thu hoạch trong giai đoạn thu hoạch thương phẩm (8 - 11 tuần sau trồng). Khối lượng quả được xác định bằng cân điện tử có độ chính xác 0,01 g; chiều dài quả được đo từ cuống đến chóp quả và đường kính quả được đo tại phần giữa quả bằng thước kẹp. Các giá trị được tính trung bình và biểu thị dưới dạng giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn (SD).

2.4.2 Các chỉ tiêu sinh trưởng và phát triển của cà chua

Các chỉ tiêu sinh trưởng và sinh lý được theo dõi hàng tuần theo tiến trình.

- Tuần 2 - 6: Đo chỉ số diệp lục (SPAD) trên lá non đã trưởng thành bằng thiết bị SPAD-502 Plus (Konica Minolta, Nhật Bản), mỗi lá đo 3 lần [11].

- Tuần 5 - 16: Ghi nhận số hoa và số chùm hoa, số quả hình thành. Tỷ lệ đậu quả được tính bằng cách lấy số quả đếm được ở tuần tiếp theo chia cho số hoa tích lũy ở tuần trước đó. Tỷ lệ đậu quả được ghi nhận tới khi bắt đầu thu hoạch các quả chín. Sau đó, số quả chín được thu hái, đếm số lượng và cân theo từng tuần [12].

- Tuần 16 (thu hoạch): Xác định các chỉ tiêu sinh khối và năng suất, bao gồm: Chiều dài và đường kính quả (cm), khối lượng quả tươi trung bình từ 10 quả/cây [11], tổng số quả và năng suất cá thể (kg/cây). Khối lượng tươi và khô của lá, thân, rễ (g). Khối lượng tươi cân bằng cân điện tử ($\pm 0,01$ g); khối lượng khô xác định sau khi sấy ở

70°C đến khối lượng ổn định. Tổng chiều dài rễ được đo bằng thước.

2.4.3. Chiết xuất và xác định hàm lượng carotenoit tổng trong quả cà chua

Mẫu quả cà chua của mỗi công thức được sấy bằng thiết bị sấy lạnh nông sản (Mactech, Việt Nam) ở 55°C đến khối lượng không đổi (khoảng 24 giờ). Mẫu cà chua khô tương đương 30 g khối lượng tươi được sử dụng để chiết xuất carotenoit tổng số bằng phương pháp Soxhlet, với 120 mL hỗn hợp dung môi hexan : ethanol (1: 1, v/v) trong 2 giờ [13]. Quá trình chiết được thực hiện ba lần độc lập cho mỗi công thức, kết quả được lấy trung bình. Dịch chiết thu được được phân tích bằng máy quang phổ UV-Vis Lambda 365 (Perkin Elmer, Hàn Quốc) trong vùng hấp thụ đặc trưng của carotenoit (400 - 500 nm). Mỗi mẫu được đo ba lần, giá trị hấp thụ trung bình tại 450 nm (A_{450}) được sử dụng cho phân tích thống kê.

2.4.4. Đo độ Brix của quả cà chua

Độ Brix của quả cà chua được xác định bằng khúc xạ kế (Cole-Parmer, Ấn Độ). Mỗi công thức

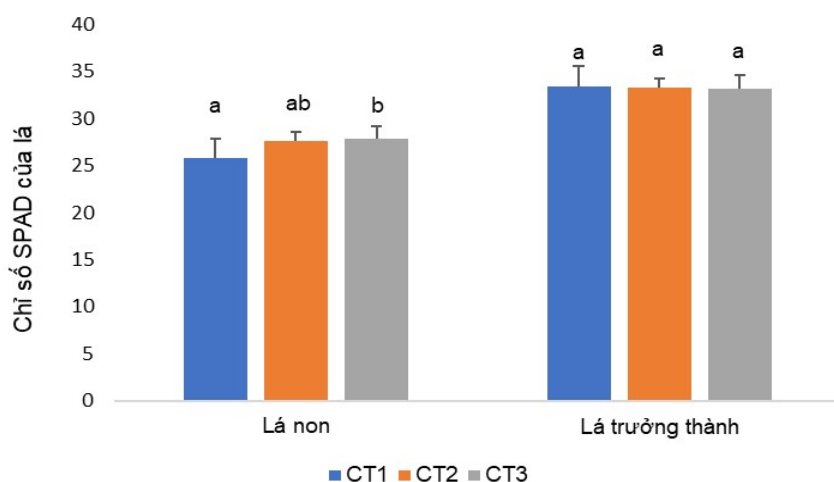
được đo trên 30 quả cà chua riêng biệt, giá trị trung bình được sử dụng cho phân tích thống kê.

2.5. Xử lý số liệu

Tất cả số liệu được tính toán và trình bày dưới dạng giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn (mean $\pm$ SD), trong đó giá trị trung bình của mỗi đơn vị thí nghiệm được xác định từ các cây lặp lại. Đối với dưa chuột, dữ liệu được xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel. Đối với cà chua, dữ liệu được xử lý và phân tích bằng phần mềm R. Phân tích phương sai một yếu tố (One-way ANOVA) được thực hiện để đánh giá ảnh hưởng của các công thức cung cấp sắt khác nhau và khi có ý nghĩa thống kê (p-value < 0,05), phép thử Tukey HSD được áp dụng để tìm ra cặp công thức có sự khác biệt đáng kể.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá hiệu quả của công thức dinh dưỡng thủy canh có thành phần nano sắt xitrat đến sinh trưởng, năng suất dưa chuột



Hình 1. Ảnh hưởng của các công thức dinh dưỡng đến chỉ số SPAD trên lá non và lá trưởng thành của cây dưa chuột ở tuần thứ 7 sau trồng

Chỉ số SPAD thể hiện hàm lượng diệp lục trong lá. Ở tuần thứ 7 sau trồng (một tuần sau khi ra hoa), chỉ số SPAD đo tại lá trưởng thành ở cả ba công thức thí nghiệm không có sự khác biệt đáng kể (Hình 1). Điều này cho thấy, việc cung cấp sắt dưới dạng nano sắt xitrat ở nồng độ 2,5 ppm hoặc 5 ppm có hiệu quả tương đương với FeEDDHA 2,5 ppm trong việc duy trì hàm lượng diệp lục ở lá trưởng thành. Kết quả phản ánh rằng, ở giai đoạn sau khi ra hoa và bắt đầu nuôi

quả, khả năng sử dụng vi chất sắt của cây đã đạt trạng thái cân bằng sinh lý, nên sự khác biệt giữa các dạng và nồng độ sắt trở nên không rõ rệt. Trong khi đó, chỉ số SPAD tại lá non ở tuần thứ 7 cho thấy sự khác biệt đáng chú ý: CT3 (FeCit 5 ppm) có giá trị SPAD cao hơn so với đối chứng (FeEDDHA 2,5 ppm), trong khi CT2 (FeCit 2,5 ppm) không khác biệt đáng kể so với đối chứng (Hình 1). Kết quả này cho thấy việc bổ sung nano FeCit ở nồng độ cao hơn (5 ppm) có thể thúc đẩy

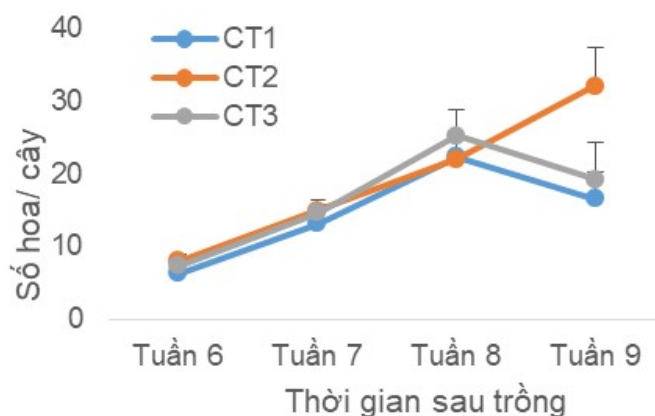
sự hình thành diệp lục ở lá non, qua đó tăng cường khả năng quang hợp ở các cơ quan sinh dưỡng mới phát triển. Điều này có thể liên quan đến đặc tính giải phóng sắt chậm và khả dụng sinh học cao của nano sắt, giúp cung cấp Fe ổn định cho quá trình tổng hợp diệp lục ở mô non, vốn có nhu cầu dinh dưỡng khoáng cao.

Chiều cao cây ở giai đoạn sinh trưởng sinh dưỡng mạnh (tuần 4 - 6) không khác biệt giữa CT1, CT2 và CT3, cho thấy tốc độ phát triển chiều cao đồng đều. Điều này chứng tỏ, ở giai đoạn sinh dưỡng, dạng và nồng độ sắt cung cấp chưa tạo ra sự khác biệt rõ rệt vì cả ba công thức đều đáp ứng đủ nhu cầu dinh dưỡng cho cây.

Ở cây dưa chuột, số hoa cái là một chỉ tiêu quan trọng quyết định năng suất. Sự hình thành hoa cái chịu ảnh hưởng của giống, chế độ dinh dưỡng, ánh sáng, nhiệt độ và điều kiện chăm sóc [14, 15]. Do đó, trong nghiên cứu và sản xuất, người ta dùng số hoa cái để đánh giá tác động của các yếu tố như: phân bón, chất điều hòa sinh trưởng. Trong nghiên cứu này, số hoa cái được ghi nhận từ tuần thứ 6, khi cây bắt đầu ra hoa (Hình 2). Trong giai đoạn tuần 7, CT2 có số hoa cái cao hơn so với đối chứng CT1 và tương

đương CT3; đến tuần 9, CT2 có số hoa cái cao hơn đối chứng CT1, trong khi CT3 không khác biệt nhiều so với CT1. Tính chung, cả giai đoạn tuần 6 đến 9, số hoa cái của CT2 cao hơn khoảng 30% so với đối chứng CT1, trong khi CT3 chỉ cao hơn khoảng 10% so với đối chứng CT1. Điều này cho thấy, nano FeCit ở nồng độ 2,5 ppm (CT2) thúc đẩy hiệu quả quá trình hình thành hoa cái, trong khi nồng độ cao hơn (5 ppm, CT3) không mang lại nhiều lợi ích bổ sung. Như vậy, liều lượng nano sắt thích hợp có thể tối ưu hóa phân hóa giới tính, nâng cao tỷ lệ hoa cái và tiềm năng năng suất. Kết quả này phù hợp với báo cáo trước đây cho rằng, sự phát sinh hoa cái ở dưa chuột đơn tính cùng gốc chịu ảnh hưởng mạnh của điều kiện dinh dưỡng [16].

Kết quả theo dõi sự phát triển số quả theo tuần được trình bày ở hình 3 cho thấy, số quả hình thành trên cây tăng nhanh từ tuần 8 đến 10, đạt giá trị cao nhất ở giai đoạn thu hoạch rõ (tuần 10). Xu hướng tích lũy tổng thể qua các tuần cho thấy, CT2 đạt tổng số quả trung bình cao nhất (13,3 quả/cây), tiếp theo là CT3 (13,1 quả/cây) và thấp nhất là đối chứng CT1 (11,0 quả/cây).



Hình 2. Ảnh hưởng của các công thức dinh dưỡng đến số lượng hoa cái trên một cây dưa chuột ở các tuần thứ 6 đến tuần thứ 9 sau trồng

Kết quả ở bảng 2 cho thấy, các công thức dinh dưỡng có ảnh hưởng nhất định đến năng suất và các yếu tố cấu thành năng suất của dưa chuột. Năng suất trung bình dao động từ 1,54 - 1,94 kg/cây, cao nhất ở công thức CT2, tương ứng với số quả trung bình lớn nhất. Mặc dù có sự khác biệt về giá trị trung bình, phân tích thống kê cho thấy, các khác biệt này không có ý

nghĩa thống kê. Khối lượng quả trung bình đạt 145 - 150 g/quả, chiều dài 14,7 - 14,8 cm và đường kính 3,9 - 4,0 cm. Sự biến động nhỏ giữa các công thức cho thấy tác động của thành phần dinh dưỡng trong các công thức thử nghiệm đến hình thái quả là không đáng kể. Tuy không có khác biệt thống kê rõ rệt, xu hướng tăng nhẹ về số quả và năng suất ở công thức CT2 và CT3 so

với đối chứng CT1 cho thấy, việc điều chỉnh nồng độ hoặc dạng sắt trong dung dịch dinh dưỡng có thể góp phần cải thiện quá trình đậu

quả và tích lũy sinh khối ở cây dưa chuột trong điều kiện thí nghiệm nhà lưới.

Bảng 2. Ảnh hưởng của các công thức dinh dưỡng lên chỉ số quả và năng suất dưa chuột

Công thức	Số quả/cây (quả)	Chiều dài quả (cm)	Đường kính quả (cm)	Khối lượng quả (g)	Năng suất (kg/cây)
CT1	11,0 ± 5,7 ^a	14,8 ± 1,0 ^a	3,9 ± 0,3 ^a	140 ± 28 ^{ab}	1,54
CT2	13,3 ± 4,2 ^a	14,8 ± 1,4 ^a	4,0 ± 0,3 ^b	145 ± 26 ^a	1,94
CT3	13,1 ± 5,1 ^a	14,7 ± 1,3 ^a	3,9 ± 0,3 ^a	140 ± 23 ^b	1,83

Ghi chú: Các giá trị trung bình mang chữ cái giống nhau trong cùng một cột không khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $p < 0,05$ (one-way ANOVA và so sánh cặp).

Kết quả nghiên cứu này phù hợp với các báo cáo gần đây cho thấy, nano sắt khi bổ sung qua lá hoặc rễ, có khả năng cải thiện tình trạng dinh dưỡng và nâng cao năng suất dưa chuột so với dạng muối sắt thông thường [17], [18]. Điểm khác biệt nổi bật trong nghiên cứu này là việc sử dụng nano FeCit, trong đó xitrat vừa ổn định cấu trúc hạt nano vừa đóng vai trò như một hợp chất hữu cơ thân thiện sinh lý, hỗ trợ hiệu quả quá trình vận chuyển và hấp thu sắt trong cây, qua đó góp phần nâng cao năng suất.

3.2. Đánh giá hiệu quả của công thức dinh dưỡng thủy canh có thành phần nano sắt xitrat đến sinh trưởng, năng suất và chất lượng quả của cà chua

Trong khoảng từ tuần 2 đến 6 sau trồng, chỉ số SPAD của các công thức dao động từ 32,6 ± 4,9 đến 53,9 ± 3,3 với sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nồng độ nano sắt và đối chứng sử dụng Fe-EDDHA. Tất cả công thức đều thể hiện xu hướng tăng dần SPAD trong giai đoạn sinh trưởng sinh dưỡng, mặc dù giảm nhẹ ở tuần 3 do mưa kéo dài và bức xạ thấp, sau đó phục hồi và tiếp tục tăng đến tuần 6. Vì SPAD có tương quan thuận với hàm lượng diệp lục tố (chlorophyll) [19], kết quả này cho thấy nano sắt duy trì khả năng tổng hợp diệp lục tương đương sắt chelate, đảm bảo sự phát triển bình thường của bộ lá trong giai đoạn sinh dưỡng.

Chiều dài thân dao động từ 3,6 ± 0,3 m (CC3) đến 3,9 ± 0,3 m (CC4), với đối chứng CC1 đạt 3,9 ± 0,1 m; phân tích ANOVA cho thấy chỉ số này khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ($p = 0,02$), nhưng kiểm định Tukey

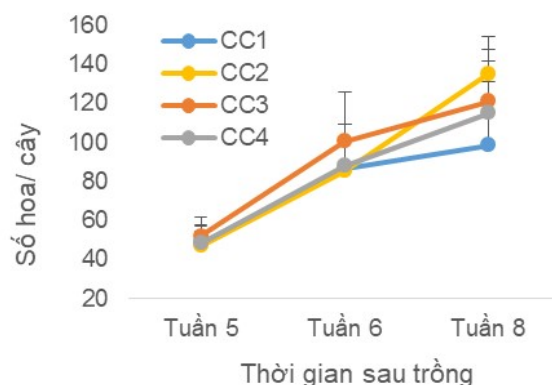
ghi nhận sự khác biệt chủ yếu giữa CC4 so với CC2-CC3, không khác biệt đáng kể với đối chứng. Đường kính thân dao động 0,9 - 1,0 cm, trong khi khối lượng tươi của lá, thân và rễ lần lượt nằm trong khoảng 0,7 - 0,8 kg, 0,6 - 0,7 kg và 60 - 73 g; khối lượng khô dao động 37 - 38 g (lá), 41- 42 g (thân) và 26 - 27 g (rễ); chiều dài rễ 51 - 57 cm. Các chỉ tiêu này không khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các công thức.

Mặc dù khác biệt chưa đạt ý nghĩa thống kê, các công thức nano FeCit, đặc biệt là CC3 và CC4 thường cho giá trị trung bình cao hơn nhẹ so với đối chứng FeEDDHA (CC1) ở hầu hết các chỉ tiêu, phản ánh xu hướng cải thiện sinh trưởng, bao gồm khả năng hấp thu sắt hiệu quả hơn, tăng hàm lượng diệp lục tố và thúc đẩy phát triển lá, thân, rễ.

Kể từ khi xuất hiện chùm hoa đầu tiên (tuần 5), số lượng hoa tăng dần ở tất cả các công thức, phản ánh quá trình sinh thực ổn định của cây cà chua (Hình 3). Tốc độ ra hoa có sự khác biệt nhẹ giữa các nghiệm thức nano FeCit và đối chứng Fe-EDDHA. Ở tuần thứ 5 sau trồng, các công thức nano FeCit đạt mức ra hoa tương đương hoặc cao hơn nhẹ so với đối chứng, cho thấy nano sắt không làm chậm quá trình phân hóa mầm hoa. Sang tuần thứ 6, số hoa tăng mạnh ở tất cả các công thức, trong đó CC3 (0,9 ppm) cho tốc độ tăng cao nhất. Đáng chú ý, ở tuần thứ 3, CC2 (0,6 ppm) ghi nhận số hoa trung bình cao nhất (135 ± 19 hoa), gợi ý rằng liều thấp nano FeCit có thể duy trì phân hóa mầm hoa ổn định hơn so với các nồng độ cao (0,9 - 1,2 ppm). Phân tích ANOVA tại ba thời điểm cho thấy $p > 0,05$, song xu hướng

động học cho thấy các công thức nano sắt (đặc biệt CC2 và CC3) có tốc độ tăng số hoa theo thời gian cao hơn đối chứng, phản ánh tác động tích

cực của nano FeCit đến quá trình hình thành cơ quan sinh thực.



Hình 3. Ảnh hưởng của các công thức dinh dưỡng đến số lượng hoa trên một cây cà chua ở các tuần thứ 5 đến tuần thứ 8 sau trồng

Số hoa và số chùm hoa thể hiện tương quan thuận mạnh ở tuần 5 và tuần 8 với hệ số Pearson lần lượt là $r = 0,94$ và $r = 0,82$, cho thấy sự đồng bộ giữa quá trình phân hóa và phát triển chùm hoa. Số quả hình thành ở tuần 8 - 9 không khác biệt đáng kể giữa các công thức (Bảng 3). Tuy nhiên, tỷ lệ đậu quả sau ba tuần kể từ khi ra hoa (tuần 8) khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p = 0,02$); trong đó, CC4 (FeCit 1,2 ppm) đạt tỷ lệ đậu quả tương đương đối chứng CC1 (Fe-EDDHA 0,9 ppm) nhưng cao hơn đáng kể so với CC3 (FeCit 0,9 ppm) theo kiểm định Tukey. Đến tuần 9, tỷ lệ đậu quả không còn khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p = 0,81$), cho thấy giai đoạn hình thành quả đã ổn định.

Chiều dài quả khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các công thức ($p = 0,01$); trong đó, công thức nano sắt xitrat CC3 có giá trị thấp hơn đáng kể so với đối chứng (CC1) và CC2 ($p = 0,02$), cho thấy nồng độ nano sắt ảnh hưởng đến sự phát triển hình thái quả (Bảng 4). Đường kính quả dao động trong khoảng từ $2,6 \pm 0,1$ cm đến $2,8 \pm 0,2$ cm, trong khi khối lượng trung bình nằm trong khoảng từ 33 ± 19 g đến 65 ± 20 g. Các biến động này không có sự khác biệt đáng kể giữa các công thức. Tổng số quả đạt 123 ± 35 đến 162 ± 43 quả, năng suất cả thể 1,13 - 1,58 kg. Nhìn chung, sự khác biệt về năng suất chưa rõ rệt, song CC2 và CC3 có xu hướng cho giá trị cao hơn đối chứng CC1 và CC4.

Bảng 3. Ảnh hưởng của các công thức phân bón sắt đến các chỉ tiêu sinh trưởng sinh thực

CT	Số quả tuần 8	Số quả tuần 9	Tỷ lệ đậu quả 1 (tuần 8)	Tỷ lệ đậu quả 2 (tuần 9)
CC1	$46,0 \pm 17,5$	$57,8 \pm 11,0$	$0,6 \pm 0,2$	$0,6 \pm 0,2$
CC2	$41,3 \pm 17,6$	$73,8 \pm 33,4$	$0,5 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,4$
CC3	$25,8 \pm 9,6$	$57,8 \pm 25,7$	$0,3 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,2$
CC4	$51,3 \pm 17,8$	$60,7 \pm 27,7$	$0,6 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,2$
ANOVA	NS	NS	0,02	NS
Tukey	-	-	CC4-CC3 ($p = 0,02$)	-

Ghi chú: NS: Không khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$); $\pm$: Độ lệch chuẩn (SD); chỉ báo Tukey ghi cặp có khác biệt thống kê.

Bảng 4. Ảnh hưởng của các công thức phân bón sắt đến các chỉ tiêu quả

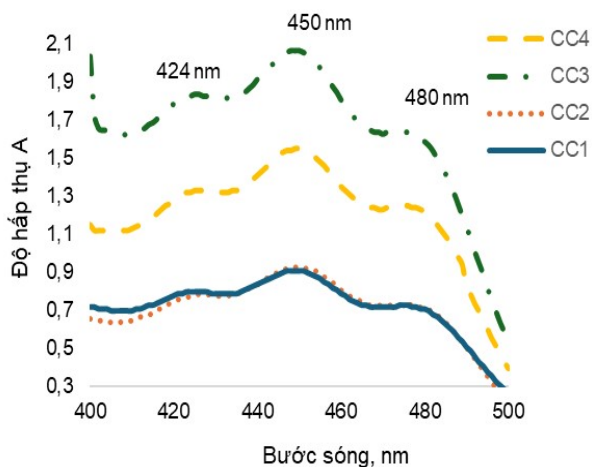
Công thức	Số quả/cây (quả)	Chiều dài quả (cm)	Đường kính quả (cm)	Khối lượng quả (g)	Năng suất cá thể (kg)
CC1	123 ± 35	3,7 ± 0,2	2,8 ± 0,2	65 ± 20	1,13 ± 0,54
CC2	162 ± 43	3,7 ± 0,1	2,6 ± 0,1	50 ± 24	1,58 ± 0,50
CC3	139 ± 26	3,4 ± 0,2	2,6 ± 0,2	34 ± 19	1,25 ± 0,46
CC4	127 ± 20	3,6 ± 0,2	2,7 ± 0,2	54 ± 23	1,07 ± 0,45
ANOVA	NS	p < 0,05	NS	NS	NS
Tukey	-	CC2-CC3 (p = 0,02)	-	-	-

Kết quả cho thấy, quá trình sinh thực của cà chua diễn ra ổn định ở tất cả các công thức. Dù chưa có khác biệt thống kê rõ về số quả, khối lượng hay năng suất, xu hướng động học cho thấy các nghiệm thức nano sắt, đặc biệt CC2 và CC3, có mức tăng số hoa và năng suất tích cực hơn so với đối chứng FeEDDHA, phù hợp với các báo cáo rằng, nano sắt có thể thúc đẩy sinh trưởng, hiệu suất quang hợp và năng suất quả ở liều trung bình [20, 21].

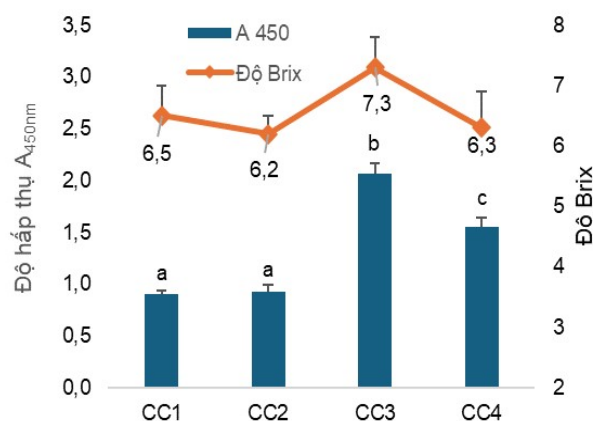
Tỷ lệ đậu quả giai đoạn đầu (tuần 8) khác biệt có ý nghĩa thống kê, trong đó công thức CC4 đạt giá trị cao hơn đáng kể so với CC3, cho thấy nồng độ nano sắt ảnh hưởng đến thụ phấn và phát triển quả non. Fe-NPs đã được chứng minh cải thiện đậu quả và năng suất nhờ tăng quang hợp và hấp thu vi lượng, song hiệu quả phụ thuộc vào dạng

nano, phương thức bón và nồng độ [22, 23]. Cà chua hấp thu sắt theo chiến lược I thông qua AHA2, FRO2 và IRT1 [24], đồng thời có thể tận dụng phức Fe(III) - hữu cơ tương tự cơ chế Fe-coumarin ở Arabidopsis [25, 26]. Nhờ khả năng hòa tan chậm và tạo phức xitrat tự nhiên, nano sắt xitrat có thể cung cấp Fe ổn định trong giai đoạn sinh thực, giúp tăng tỷ lệ đậu quả sớm mà không ảnh hưởng hình thái quả.

Carotenoit là nhóm hợp chất sinh học quan trọng, góp phần quyết định giá trị dinh dưỡng, màu sắc và chất lượng quả cà chua. Do các carotenoit chủ yếu (lycopene, β -carotene, lutein) có khả năng chống oxy hóa và là tiền chất của vitamin, hàm lượng carotenoit tổng số phản ánh mức tích lũy các hợp chất này trong quả.



Hình 4. Phổ hấp thụ UV-vis của dịch chiết Soxhlet của quả cà chua



Hình 5. Độ Brix và độ hấp thụ tại bước sóng 450 nm của dịch chiết Soxhlet của quả cà chua

Phổ hấp thụ UV-Vis của dịch chiết quả cà chua từ cả bốn công thức đều có ba đỉnh đặc trưng tại 424, 450 và 480 nm, xác nhận sự hiện diện của carotenoit (Hình 4) [27]. Trong đó, đỉnh tại 450 nm (A_{450}) có cường độ cao nhất và được dùng để so sánh hàm lượng carotenoit tổng số. Đỉnh 472 nm của lycopene không rõ ràng, phù hợp với màu vàng cam của giống cà chua nghiên cứu, nơi β -carotene chiếm ưu thế [28]. Giá trị A_{450} của CC3 (2,1) cao hơn CC4 (1,6) và đều vượt CC1 (0,91) và CC2 (0,93) ($p < 0,05$), cho thấy nano FeCit và nồng độ của nó ảnh hưởng đáng kể đến tích lũy carotenoit (Hình 5). Sắt có thể đóng vai trò đồng yếu tố cho các enzym tổng hợp carotenoit, do đó nồng độ thích hợp (CC3) thúc đẩy tổng hợp, trong khi nồng độ thấp (CC2) hoặc cao hơn (CC4) làm giảm hoạt tính enzym [2]. Kết quả này nhấn mạnh tầm quan trọng của việc lựa chọn dạng và nồng độ sắt tối ưu nhằm nâng cao hàm lượng carotenoit và chất lượng dinh dưỡng quả cà chua, phù hợp với các nghiên cứu gần đây [20, 29]. Bên cạnh đó, độ Brix của quả cà chua cũng cho thấy sự cải thiện rõ rệt khi sử dụng nano FeCit. Cụ thể, công thức CC3 (FeCit, 0,9 ppm) có độ Brix ($7,3 \pm 0,5$) cao hơn có ý nghĩa thống kê so với đối chứng CC1 ($6,5 \pm 0,5$, $p < 0,05$), trong khi CC2 và CC4 không khác biệt đáng kể (Hình 5). Dạng và nồng độ sắt trong dung dịch dinh dưỡng ảnh hưởng rõ rệt đến tích lũy chất rắn hòa tan trong quả cà chua. Sự gia tăng độ Brix ở CC3 có thể phản ánh hiệu quả của nano sắt trong cải thiện quang hợp và chuyển hóa các bon, phù hợp với các kết quả trước đây [20, 30].

4. KẾT LUẬN

Nano sắt có khả năng cải thiện sinh trưởng, sinh thực và chất lượng quả của dưa chuột và cà chua trồng trên giá thể trong nhà lưới. Ở dưa chuột, nồng độ nano sắt trung bình (2,5 ppm, CT2) thúc đẩy hiệu quả quá trình ra hoa và có năng suất trung bình cao hơn so với đối chứng, trong khi nồng độ cao hơn (5 ppm, CT3) chỉ mang lại cải thiện nhẹ. Ở cà chua, nano sắt xitrat ở nồng độ trung bình (0,9 ppm, CC3) duy trì SPAD, phát triển bộ lá, thân và rễ, đồng thời làm tăng số quả trung bình, năng suất cả thể, hàm lượng carotenoit tổng số và độ Brix mà không làm thay đổi hình thái quả. Những kết quả này nhấn mạnh tầm quan trọng của việc tối ưu hóa dạng và nồng độ nano sắt để nâng cao hiệu quả

hấp thu sắt, cải thiện năng suất và chất lượng quả, đồng thời mở ra tiềm năng ứng dụng trong các hệ thống nông nghiệp công nghệ cao.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội theo đề tài mã số CN24.02.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Hantzis L., Kroh G., Jahn C., Cantrell M., Peers G. (2018) A program for iron economy during deficiency targets specific Fe proteins. *Plant Physiology*, 176(1): 596 - 610.
- [2]. Ruiz-Sola M., Rodríguez-Concepción M. (2012) Carotenoid biosynthesis in Arabidopsis: A colorful pathway. *The Arabidopsis Book*, 10: e0158.
- [3]. Ning X., Lin M., Huang G., Mao J., Gao Z., Wang X. (2023). Research progress on iron absorption, transport, and molecular regulation strategy in plants. *Front plant sci*, 3(14): 1190768.
- [4]. Ahmed N., Zhang B., Chachar Z., Li J., Xiao G. (2024). Micronutrients and their effects on horticultural crop quality, productivity and sustainability. *Scientia Horticulturae*, 323, 112512.
- [5]. Klem-Marciniak E., Huculak-Mączka M., Marecka K., Hoffmann K., Hoffmann J. (2021). chemical stability of the fertilizer chelates Fe-EDDHA and Fe-EDDHA over time. *Molecules*, 26(7): 1933.
- [6]. Dola D., Mannan M., Sarker U., Mamun M., Islam T. (2022). Nano-iron oxide accelerates growth, yield, and quality of glycine max seed in water deficits. *Frontiers in plant science*, 13: 992535.
- [7]. Yousaf N., Ishfaq M., Qureshi H., Saleem A., Yang H. (2023). Characterization of root and foliar-applied iron oxide nanoparticles (α -Fe₂O₃, γ -Fe₂O₃, Fe₃O₄, and Bulk Fe₃O₄) in improving maize (*Zea mays* L.) performance. *Nanomaterials*, 13(23): 3036.
- [8]. Chandrika P., Qureshi A., Singh A., Sarada C., Gopalan B. (2022). Fe and Zn metal nanocitrates as plant nutrients through soil application. *ACS Omega*, 7(49): 45481- 45492.
- [9]. Badgery-Parker J., James L., Parks S. (2019). Greenhouse cucumber production.

Crop prod, 216.

10. Nutritional recommendations for tomato - Tomato crop guide. Pioneer future.

11. Disciglio G., Tarantino A., Frabboni L. (2024). Yield and fruit characteristics of tomato crops grown with mineral macronutrients: impact of organo-mineral fertilizers through foliar or soil applications. *Plants*, 13(11): 1458.

12. Sato S., Peet M., Thomas J. (2002). Determining critical pre- and post-anthesis periods and physiological processes in *Lycopersicon esculentum* Mill. exposed to moderately elevated temperatures. *J Exp Bot*, 53(371): 1187 - 95.

13. Akter M.K., Motalab M., Zubair M.A., Haque M.Z., Saha B.K., Mumtaz. B. (2020). Isolation and quantification of lycopene and determination of β -carotene and total phenolic contents from tomato (*Lycopersicum esculentum*) by using various methods. *International Journal of Food Science, Nutrition And Dietetics*. 9(1): 442 - 447.

14. Vaudo, A., Erickson, E., Patch, H.M. (2022). Impacts of soil nutrition on floral traits, pollinator attraction and fitness in cucumbers (*Cucumis sativus* L.). *Science report*, 12, 21802.

15. Nguyễn Thị Loan, Trần Thị Thiêm. (2022). Ảnh hưởng của tăng lượng phân hữu cơ và giảm lượng phân hóa học đến sinh trưởng, năng suất và chất lượng quả của dưa chuột (*Cucumis sativus* L.). *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 58(6B): 88 - 97.

16. Gao, L.; Yu, G.; Hu, F.; Li, Z.; Li, W.; Peng, C. (2021). The patterns of male and female flowers in flowering stage may not be optimal resource allocation for fruit and seed growth. *Plants*, 10, 2819.

17. Singh A., Pankaczi F., Rana D., May, Z., Tolnai G. (2023). Coated hematite nanoparticles alleviate iron deficiency in cucumber in acidic nutrient solution and as foliar spray. *Plants*, 12, 3104.

18. Gupta N., Jain S.K., Toma, B.S., Anand A., Singh J. (2022). Impact of foliar application of zno and Fe_3O_4 nanoparticles on seed yield and physio-biochemical parameters of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seed under open field and protected environment *vis a vis* during seed germination. *Plants*, 11, 3211.

19. Chengyao J., Masahumi J., Masaaki H., Satoru T. (2017). A correlation analysis on chlorophyll content and SPAD value in tomato leaves. *Hort. Research*, 71(1): 37 - 42.

20. Rahman A., Harker T., Lewis W., Islam K. (2023). Nano and chelated iron fertilization influences marketable yield, phytochemical properties, and antioxidant capacity of tomatoes. *PLoS One*, 18(11): e0294033.

21. El-Desouky H., Islam K., Bergefurd B., Gao G., Harker T., et al. (2021). Nano iron fertilization significantly increases tomato yield by increasing plants' vegetable growth and photosynthetic efficiency. *J Plant Nutr*, 13; 1 - 15.

22. Raiesi-Ardali T., Mamani L., Chorom M., Moezzi A. (2022). Improved iron use efficiency in tomato using organically coated iron oxide nanoparticles as efficient bioavailable Fe sources. *Chem Biol Technol Agric*, 9(1):59.

23. Tombuloglu G, Tombuloglu H, Slimani Y., Almessiere M. A., Baykal A., Bostancioglu S. M. (2023). Effects of foliar iron oxide nanoparticles (Fe_3O_4) application on photosynthetic parameters, distribution of mineral elements, magnetic behaviour, and photosynthetic genes in tomato (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme) plants. *Plant Physiol Biochem*, 210: 108616.

24. Curie C, Briat J-F. (2003). Iron Transport and Signaling in Plants. *Annu Rev Plant Biol*, 54(1): 183 - 206.

25. Robe K., Stassen M., Watanabe S, Espadas J, Gonzalez *et al.* (2025). Coumarin-facilitated iron transport: An IRT1-independent strategy for iron acquisition in Arabidopsis thaliana. *Plant Commun*, 6(9): 101431.

26. Paffrath V., Tandon Moya Y. A., Weber G, von Wirén N, Giehl R. (2024). A major role of coumarin-dependent ferric iron reduction in strategy I-type iron acquisition in Arabidopsis. *Plant Cell*, 36(3): 642 - 64.

27. Deineka V., Burzhinskaya T., Deineka L. (2021). Determination of carotenoids of tomato fruits of different colors. *Journal of Analytical Chemistry*, 76, 196 - 203.

28. Yoo H., Park W., Lee G., Oh C., Yeom I. (2017). Inferring the genetic determinants of fruit colors in tomato by carotenoid profiling. *Molecules*, 22, 764.

29. Wala M., Skwarek-Fadecka M., Kołodziejek J., Mazur J., Lasoń-Rydel M. (2022). Effect of the Fe-HBED chelate on the nutritional quality of tomato fruits. *Scientia Horticulturae*, 293, 110670.
30. El-Raie A., Hassan H., Abd El-Rahman A., Arafat A. (2015). Response of tomato plants to different rates of iron nanoparticles spraying as foliar fertilization. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 32(3): 1295 - 1312.

EVALUATION OF NANO IRON CITRATE AS A MICRONUTRIENT FERTILIZER ON GROWTH, YIELD, AND FRUIT QUALITY OF CUCUMBER (*Cucumis sativus*) AND TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.) GROWN ON SUBSTRATE IN GREENHOUSE

Nguyen Le Khanh¹, Nguyen Thi Hong¹, Le Thi Hien¹

¹ *Faculty of Agricultural Technology, VNU University of Engineering and Technology*

Abstract

Although numerous studies have investigated iron fertilizers, systematic trials on fruit vegetables such as tomato and cucumber grown on substrate in greenhouses, directly comparing the efficacy of nano iron citrate (FeCit) with conventional iron sources such as FeSO₄ and Fe-EDDHA in terms of growth, development, yield and fruit quality, remain limited. This study evaluated the effects of different concentrations of nano FeCit on growth parameters (SPAD, plant height, biomass), reproductive traits (flower number), yield and fruit quality indices of cucumber (*Cucumis sativus*) and tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivated on substrate in greenhouse conditions. The results demonstrated that nano FeCit could enhance both vegetative and reproductive growth as well as fruit quality in both species. In cucumber, 2.5 ppm FeCit (CT2) promoted flowering and achieved higher average yield compared to the control, whereas the higher concentration of 5ppm (CT3) provided only slight improvements. In tomato, 0.9 ppm FeCit (CC3) maintained SPAD values, supported leaf, stem and root development and increased average fruit number, individual fruit yield, total carotenoid content, and °Brix without affecting fruit morphology. These findings highlight the importance of optimizing the form and concentration of nano iron to enhance iron uptake efficiency, improve yield and elevate fruit quality. Furthermore, nano FeCit shows potential as a substitute for commercial iron chelates, offering promising applications in high-tech agriculture and greenhouse cultivation while contributing to enhanced nutritional value and sustainable crop production.

Keywords: *Cucumber, micronutrient fertilizer, nano iron citrate, tomato.*

Ngày nhận bài: 11/8/2025

Ngày chuyển phản biện: 8/9/2025

Ngày thông qua phản biện: 25/9/2025

Ngày duyệt đăng: 3/4/2026