

# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA NỒNG ĐỘ DUNG DỊCH HẠT CARBON NANO TRÊN CÂY RAU XÀ LÁCH TRỒNG TRONG CHẬU

Trần Thị Xuân Phương<sup>1\*</sup>, Trần Đăng Khoa<sup>1</sup>, Trần Đăng Hòa<sup>2</sup>, Nguyễn Nữ Cẩm Ly<sup>1,3</sup>,  
Thái Thị Huyền<sup>1</sup>, Vi Thị Linh<sup>1</sup>, Trần Phương Đông<sup>4</sup>, Lê Xuân Diễm Ngọc<sup>5</sup>,  
Ngô Khoa Quang<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Nông Lâm, Đại Học Huế;

<sup>2</sup>Đại học Huế;

<sup>3</sup>Chi cục Trồng trọt và Bảo vệ thực vật, tỉnh Phú Yên;

<sup>4</sup>Trường Đại học Phú Xuân;

<sup>5</sup>Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

\* Tác giả liên hệ: tranthixuanphuong@huaf.edu.vn

Nhận bài: 02/05/2025 Hoàn thành phản biện: 25/06/2025 Chấp nhận bài: 26/06/2025

## TÓM TẮT

Nghiên cứu thực hiện nhằm xác định được nồng độ dung dịch hạt carbon nano đến sinh trưởng, phát triển của cây xà lách. Thí nghiệm gồm 8 công thức được bố trí theo khối hoàn toàn ngẫu nhiên với ba lần nhắc lại, mỗi lần nhắc lại gồm 10 chậu. Các công thức bao gồm không sử dụng phân bón và dung dịch hạt carbon nano, chỉ phân chuồng và phân chuồng kết hợp với dung dịch hạt carbon nano với nồng độ khác nhau (10 - 60 ppm). Kết quả cho thấy bổ sung dung dịch hạt carbon nano với nồng độ là 60 ppm là tốt nhất đối với sinh trưởng, phát triển và năng suất của rau xà. Trong đó, thời gian từ trồng đến thu hoạch (31 ngày), chiều cao (18,97 cm), số lá (18,63 lá), đường kính tán (19,44 cm), chiều dài lá (14,60 cm), chiều rộng lá (10,99 cm), năng suất sinh vật học (138,93 g/chậu), năng suất kinh tế (105,90 g/chậu) cao hơn các nghiệm thức khác. Sinh vật gây hại không ảnh hưởng nhiều đến cây xà lách trồng trong chậu. Trong đó, sâu khoang, bọ dưa, bệnh chết cây con, bệnh thối nhũn, bệnh sùng rễ và ốc sên xuất hiện với tần suất xuất hiện < 5% Dung dịch hạt carbon nano còn ảnh hưởng tốt đến hợp chất khô và phẩm chất cây xà lách (hàm lượng axit hữu cơ và vitamin C).

**Từ khóa:** Carbon nano, Nồng độ, Xà lách, Thành phố Huế

## RESEARCH ON THE EFFECT OF CONCENTRATION OF NANO CARBON SOLUTION ON LETTUCE PLANTS GROWING IN POTS

Tran Thi Xuan Phuong<sup>1\*</sup>, Tran Dang Khoa<sup>1</sup>, Tran Dang Hoa<sup>2</sup>, Nguyen Nu Cam Ly<sup>1,3</sup>,  
Thai Thi Huyen<sup>1</sup>, Vi Thi Linh<sup>1</sup>, Tran Phuong Dong<sup>4</sup>, Le Xuan Diem Ngoc<sup>5</sup>,  
Ngô Khoa Quang<sup>5</sup>

<sup>1</sup>University of Agriculture and Forestry, Hue University;

<sup>2</sup>Hue University;

<sup>3</sup>Sub-Department of Cultivation and Plant Protection Phu Yen;

<sup>4</sup>Phu Xuan University;

<sup>5</sup>University of Sciences, Hue University.

\*Corresponding author: tranthixuanphuong@huaf.edu.vn

Received: 02/05/2025

Revised: 25/06/2025

Accepted: 26/06/2025

## ABSTRACT

The study was conducted to determine the concentration of carbon nanoparticle solution on the growth and development of lettuce plants. The experiment consisted of 8 treatments arranged in a completely randomized block with three replications, each replication consisting of 10 pots. The formulas included no fertilizer and nano carbon solution, only manure and manure combined with nano carbon solution with different concentrations (10 - 60 ppm). Experimental results: Adding nano carbon solution with a concentration of 60 ppm showed the most optimal effect on the growth, development and yield of lettuce compared to other formulas. In particular, the time from planting to harvest (31 days), height (18.97 cm); number of leaves (18.63 leaves); canopy diameter (19.44 cm); leaf length (14.60 cm); leaf width (10.99 cm); biological productivity (138.93 g/pot), economic productivity

(105.90 g/pot) were higher than other treatments. Pests do not significantly affect potted lettuce. Among the observed pests and diseases, *Spodoptera litura*, *Diabrotica* spp., damping-off, soft rot, root swelling disease, and snails exhibited low incidence rates, ranging from less than 5%. Moreover, the nano carbon solution also positively affects the dry matter and quality of lettuce (organic acid and vitamin C content).

**Keywords:** CDs, Solution, Lettuce, Hue city

## 1. MỞ ĐẦU

Rau là nguồn cung cấp quan trọng một số chất dinh dưỡng có mối liên quan chặt chẽ đến sức khỏe con người. Rau xà lách (*Lactuca sativa* L.) thuộc họ cúc (Asteraceae) là một trong những loại rau ăn lá phổ biến và có giá trị kinh tế quan trọng ở nhiều nước trên thế giới (Chu và cs., 2022). Đây là loại rau giàu chất khoáng, chất xơ, vitamin và hợp chất chống oxy hóa lành mạnh trong chế độ ăn uống (Camejo và cs., 2020). Theo FAO, năm 2023 diện tích trồng xà lách toàn thế giới là 1,26 triệu ha với năng suất đạt 22,3 tấn/ha (FAOSTAT, 2025). Ngoài ra, xà lách có đặc điểm sinh trưởng thích nghi rộng rãi với các vùng sinh thái, điều kiện thời tiết, khí hậu thổ nhưỡng khác nhau như cây thấp, thời gian sinh trưởng ngắn, ít sâu bệnh, có thể trồng dày, xen canh gối vụ... nên đáp ứng nhu cầu tiêu thụ quanh năm của thị trường và mang lại hiệu quả kinh tế cao. Hiện nay, trước xu hướng người tiêu dùng ngày càng chú trọng lựa chọn những thực phẩm sạch, chất lượng, gần gũi với thiên nhiên, không gây ô nhiễm môi trường thì các sản phẩm rau an toàn càng được ưa chuộng và quan tâm.

Thành phố Huế thuộc khu vực Bắc Trung bộ với nhiều tiềm năng lợi thế trong việc phát triển sản xuất nông nghiệp nói chung và sản xuất rau nói riêng. Trong đó, rau xà lách là một trong những loại rau phù hợp với hệ sinh thái của địa phương được nhiều người dân lựa chọn để canh tác. Năm 2022, diện tích gieo trồng cây rau các loại của thành phố Huế là 4.671 ha chiếm 32,7% tổng diện tích trồng cây hàng năm. Trong đó, rau được trồng tập trung chủ yếu ở Phú Vang (953 ha), Quảng Điền (846 ha) và Hương Trà (628 ha) (Niên giám thống kê tỉnh Thừa Thiên Huế, 2024).

Công nghệ nano được xem là một trong những công cụ quan trọng của nền

kinh tế toàn cầu vào thời gian tới. Hiện nay, carbon nano (CDs) đã được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như nông nghiệp, lưu trữ, chuyển đổi năng lượng, cảm biến phân tử, pháp y nano... (Shen và cs., 2017). CDs được sử dụng như chất kích thích tăng trưởng bằng cách tăng cường quá trình quang hợp trong hệ thống cây trồng, giúp cải thiện tỷ lệ hấp thụ ánh sáng mặt trời cũng như carbon dioxit. Nhờ đó, tốc độ tăng trưởng và sản lượng của cây trồng có thể tăng lên 10 - 20%. Ngoài ra, carbon nano cũng có đặc tính kháng bệnh để bảo vệ cây trồng khỏi các bệnh khác nhau, có thể chuyển đổi bức xạ tia cực tím có hại thành bức xạ hoạt động quang hợp, điều này càng có lợi cho sự phát triển cao của cây trồng (Monika và cs., 2024). Với một nước có nền nông nghiệp đặc thù như Việt Nam thì việc từng bước tiếp cận, hoàn thiện và áp dụng công nghệ nano là điều hết sức cần thiết và mang nhiều ý nghĩa. Tuy nhiên, các nghiên cứu ứng dụng carbon nano trong canh tác cây rau nói chung cũng như rau xà lách nói riêng ở thành phố Huế chưa được thực hiện. Mục đích của nghiên cứu này là xác định được nồng độ dung dịch hạt carbon nano có ảnh hưởng tốt nhất đến sinh trưởng, phát triển của rau xà lách trồng trong chậu.

## 2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu và phạm vi nghiên cứu

Thí nghiệm sử dụng giống xà lách dún vàng PD061 do Công ty TNHH Phú Điền sản xuất. Là giống sinh trưởng, phát triển mạnh, có khả năng kháng bệnh tốt, độ đồng đều cao, khả năng thích nghi rộng, thời gian thu hoạch 35 - 40 ngày sau gieo. Dung dịch hạt carbon nano được chế tạo từ lá ổi bằng phương pháp thủy nhiệt ở điều kiện 200°C trong 15 giờ (Al-Mahmud và cs., 2015; Thomas và cs., 2016). Dung dịch có màu vàng nâu, trong suốt, mùi thơm nhẹ,

kích thước hạt dưới 10 nm. Phân bón gồm phân bò hoai mục (31,15% carbon; 1,21% N; 1,18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 1,05% K<sub>2</sub>O được phân tích tại Khoa Nông học, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế) và vôi bột.

Thí nghiệm được tiến hành tại Khoa Nông học, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế trong vụ Xuân năm 2024 trong điều kiện ngoài trời. Xà lách được trồng trong chậu (kích thước 15 cm x 12 cm) với khối lượng 1,5 kg. Giá thể đất phù sa có hàm lượng dinh dưỡng: pH 4,31; 0,56% OC; 0,13% N; 0,18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> và 0,82% K<sub>2</sub>O (phân tích tại Khoa Nông học, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế).

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.2.1. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được bố trí gồm 8 công thức theo khối hoàn toàn ngẫu nhiên (RCBD), 3 lần nhắc lại, mỗi lần nhắc lại gồm 10 chậu, 1 cây/chậu. Các công thức thí nghiệm gồm: CT1 (đối chứng) không bón phân và không phun dung dịch carbon nano; CT2: 15 tấn phân bò hoai mục + 500 kg vôi/ 1 ha; CT3, CT4, CT5, CT6, CT7 và CT8: phân bón như CT2 + dung dịch hạt carbon nano với nồng độ lần lượt là 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm và 60 ppm. Phương pháp bón phân: Bón lót toàn bộ phân bò hoai mục và vôi bột. Bón thúc: Dung dịch hạt carbon nano được chia đều phun trong 3 lần với liều lượng phun 2ml/lít nước, định kỳ 7 ngày/1 lần sau khi cây hồi xanh.

Mỗi công thức thí nghiệm theo dõi 10 cây để đánh giá các chỉ tiêu gồm: Thời gian sinh trưởng (ngày) được tính từ gieo cho đến thu hoạch; số lá (lá) được xác định từ lúc hồi xanh cho đến thu hoạch; chiều dài lá (cm) đo chiều dài lá dài nhất khi thu hoạch; chiều rộng lá (cm) đo đường kính lá rộng nhất khi thu hoạch; chiều cao (cm) đo từ mặt đất đến mút ngọn lá tốt; đường kính tán (cm) đo phần rộng nhất của tán cây khi thu hoạch; khối lượng tươi (g/cây) tiến hành cân

toàn bộ cây gồm thân, lá, rễ; khối lượng khô (g/cây) tiến hành sấy toàn bộ cây ở điều kiện 105<sup>0</sup>C đến khối lượng không đổi; chất lượng rau xà lách (hàm lượng axit hữu cơ, vitamin C); mức độ nhiễm sâu bệnh hại theo tần suất xuất hiện (Nguyễn Văn Liêm và cs., 2023); năng suất sinh vật học (g/cây) = số cây/chậu x khối lượng trung bình một cây bao gồm thân, lá, rễ (g); năng suất kinh tế (g/chậu) = số cây/chậu x khối lượng trung bình 1 cây phân ăn được (g).

### 2.2.2 Phương pháp xử lý và phân tích số liệu

Số liệu thu thập được xử lý bằng phần mềm Excel 2019 và Statistix 10.0.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch hạt carbon nano đến thời gian sinh trưởng của cây xà lách trồng trong chậu

Để đánh giá khả năng sinh trưởng, phát triển của cây trồng cũng như là cơ sở để bố trí mùa vụ thì thời gian sinh trưởng là yếu tố quan trọng. Bảng 1 cho thấy giai đoạn từ trồng đến hồi xanh giống nhau ở các công thức là 5 ngày vì giai đoạn này cây chủ yếu sử dụng các chất tích lũy trong hạt. Giai đoạn từ trồng đến trái lá giữa các công thức chênh lệch từ 1 - 2 ngày. Giai đoạn từ trồng đến giao tán: Các công thức thí nghiệm có sử dụng dung dịch carbon nano đều rút ngắn thời gian sinh trưởng từ 1 - 3 ngày so với công thức đối chứng. Giai đoạn từ trồng đến thu hoạch cho thấy công thức CT8 (31 ngày) được rút ngắn 4 ngày so với CT1 đối chứng (35 ngày). Như vậy, ở các công thức thí nghiệm có bổ sung dung dịch hạt carbon nano đã rút ngắn thời gian sinh trưởng của cây xà lách và có sự khác nhau tùy nồng độ từ 1 - 4 ngày. Việc sử dụng carbon nano có thể giúp rút ngắn thời gian sinh trưởng của cây xà lách do thúc đẩy quá trình quang hợp giúp cây sinh trưởng phát triển tốt hơn (Yadong và cs., 2020; Jing và cs., 2022; Nepal và cs., 2022).

**Bảng 1.** Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch hạt carbon nano đến thời gian sinh trưởng cây xà lách  
Đơn vị tính: Ngày

| Công thức (CT) | Giai đoạn hồi xanh | Giai đoạn trải lá | Giai đoạn giao tán | Thu hoạch | Tổng thời gian sinh trưởng |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-----------|----------------------------|
| CT1            | 5                  | 16                | 25                 | 35        | 50                         |
| CT2            | 5                  | 14                | 24                 | 34        | 49                         |
| CT3            | 5                  | 16                | 24                 | 34        | 49                         |
| CT4            | 5                  | 14                | 23                 | 33        | 49                         |
| CT5            | 5                  | 15                | 22                 | 33        | 48                         |
| CT6            | 5                  | 16                | 23                 | 33        | 48                         |
| CT7            | 5                  | 15                | 23                 | 32        | 47                         |
| CT8            | 5                  | 14                | 22                 | 31        | 46                         |

### 3.2. Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch hạt carbon nano đến khả năng sinh trưởng của cây xà lách trồng trong chậu

Bảng 2 cho thấy việc sử dụng carbon nano với nồng độ từ 10 ppm - 60 ppm có ảnh hưởng tốt đến các chỉ tiêu sinh trưởng của cây xà lách so với đối chứng (CT1) hoặc chỉ bón phân chuồng và vôi (CT2). Các công thức phun dung dịch hạt carbon nano có chiều cao, số lá, đường kính tán, chiều dài lá, chiều rộng lá cao hơn so với công thức đối chứng CT1 lần lượt là 4,11 - 5,74 cm; 3,03 - 7,33 lá; 1,57 - 7,41 cm; 0,29 - 3,51 cm; 0,60 - 3,52 cm. Do việc bổ sung carbon nano đã thúc đẩy quá trình quang

hợp của cây xà lách bằng cách tăng hàm lượng diệp lục, hoạt động của lục lạp, hiệu suất của hệ quang hợp II (PSII) và hoạt tính của enzyme Rubisco (Yadong và cs., 2020). Ngoài ra, carbon nano còn thúc đẩy khả năng hấp thụ và sử dụng ánh sáng cũng như hiệu suất chuyển hóa năng lượng trong lục lạp, thể hiện qua việc tăng cường cường độ phổ hấp thụ và phổ phát huỳnh quang của lục lạp (Yadong và cs., 2020; Jing và cs., 2022). Từ đó, ảnh hưởng tốt đến các chỉ tiêu sinh trưởng của cây trồng (Monika và cs., 2024). Khi sử dụng carbon nano với các nồng độ khác nhau (0 - 30 mg/l) đã gia tăng diện tích lá và số lượng lá của cây xà lách (Yinjian và cs., 2017).

**Bảng 2.** Ảnh hưởng của dung dịch hạt carbon nano đến sinh trưởng của cây xà lách trồng trong chậu

| Công thức (CT)      | Cao cây (cm)                | Số lá (lá)                  | Đường kính tán (cm)        | Chiều dài lá (cm)          | Chiều rộng lá (cm)         |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| CT1                 | 13,23 <sup>f</sup> ± 1,77   | 11,30 <sup>d</sup> ± 1,02   | 12,03 <sup>e</sup> ± 2,34  | 11,09 <sup>e</sup> ± 0,75  | 7,47 <sup>e</sup> ± 0,72   |
| CT2                 | 14,39 <sup>e</sup> ± 1,46   | 14,33 <sup>c</sup> ± 1,94   | 13,60 <sup>de</sup> ± 1,82 | 11,38 <sup>e</sup> ± 0,91  | 8,07 <sup>de</sup> ± 1,93  |
| CT3                 | 16,34 <sup>d</sup> ± 2,07   | 15,27 <sup>bc</sup> ± 2,64  | 15,13 <sup>cd</sup> ± 1,53 | 12,25 <sup>d</sup> ± 1,59  | 8,77 <sup>cd</sup> ± 2,12  |
| CT4                 | 17,81 <sup>c</sup> ± 1,27   | 16,40 <sup>abc</sup> ± 2,91 | 15,19 <sup>cd</sup> ± 0,91 | 12,69 <sup>cd</sup> ± 1,18 | 9,00 <sup>cd</sup> ± 1,20  |
| CT5                 | 18,05 <sup>bc</sup> ± 0,85  | 17,70 <sup>bc</sup> ± 2,74  | 16,20 <sup>bc</sup> ± 1,25 | 13,30 <sup>bc</sup> ± 1,10 | 9,46 <sup>bc</sup> ± 1,67  |
| CT6                 | 18,32 <sup>abc</sup> ± 1,23 | 17,83 <sup>ab</sup> ± 2,56  | 17,64 <sup>ab</sup> ± 1,20 | 13,71 <sup>b</sup> ± 0,95  | 10,12 <sup>ab</sup> ± 1,11 |
| CT7                 | 18,68 <sup>ab</sup> ± 1,23  | 18,50 <sup>a</sup> ± 2,87   | 18,39 <sup>a</sup> ± 2,47  | 14,51 <sup>a</sup> ± 0,69  | 10,75 <sup>a</sup> ± 0,76  |
| CT8                 | 18,97 <sup>a</sup> ± 1,50   | 18,63 <sup>a</sup> ± 3,57   | 19,44 <sup>a</sup> ± 1,56  | 14,60 <sup>a</sup> ± 1,01  | 10,99 <sup>a</sup> ± 1,10  |
| LSD <sub>0,05</sub> | 0,74                        | 2,78                        | 2,04                       | 0,71                       | 1,04                       |

Trung bình ± SE trong cùng một cột có chữ cái khác nhau thể hiện có sự sai khác có ý nghĩa (p < 0.05).

### 3.3. Ảnh hưởng của nồng độ hạt dung dịch carbon nano đến tình hình sâu bệnh hại trên cây xà lách trồng trong chậu

**Bảng 3.** Thành phần và mức độ sâu bệnh hại ở các công thức thí nghiệm

|                              | Đối tượng                                                                                                                                                                      | Mức độ phổ biến |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| I. Thành phần sâu hại        |                                                                                                                                                                                |                 |
| 1                            | Sâu khoang ( <i>Spodoptera litura</i> )                                                                                                                                        | -               |
| 2                            | Bọ dưa ( <i>Aulacophora similis</i> )                                                                                                                                          | -               |
| II. Thành phần bệnh hại      |                                                                                                                                                                                |                 |
| 1                            | Bệnh chết cây con (Do các loại nấm như <i>Pythium</i> sp., <i>Phytophthora</i> sp., <i>Rhizoctonia solani</i> gây hại)                                                         | -               |
| 2                            | Bệnh thối nhũn (Do các loại nấm như <i>Pythium</i> sp., <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Sclerotium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., ... vi khuẩn <i>Erwinia carotovora</i> gây ra) | -               |
| 3                            | Bệnh sưng rễ do tuyến trùng (Do một số loài tuyến trùng như <i>Meloidogyne incognita</i> , <i>M. javanica</i> , <i>M. hapla</i> gây ra)                                        | -               |
| III. Thành phần gây hại khác |                                                                                                                                                                                |                 |
| 1                            | Ốc sên ( <i>Achatina fulica</i> )                                                                                                                                              | -               |

-: Tần suất xuất hiện dưới 5%; +: Tần suất xuất hiện 5 - 25%; ++: Tần suất xuất hiện >25 - 50%; +++: Tần suất xuất hiện >50 - 75%; ++++: Tần suất xuất hiện > 75%.

Quan sát và phát hiện thấy 2 loại sâu hại trên xà lách gồm sâu khoang và bọ dưa gây hại xuất hiện với tần suất xuất hiện khá thấp (dưới 5%). Cả hai đối tượng này đều gây hại chủ yếu ở giai đoạn cây con đến phát triển thân lá. Về bệnh hại có 03 đối tượng gây hại đến rau xà lách là bệnh chết cây con, thối nhũn và sưng rễ do tuyến trùng với tần suất xuất hiện dưới 5%. Tất cả các bệnh xuất hiện chủ yếu ở giai đoạn cây con. Về đối tượng gây hại khác có xuất hiện ốc sên với tần suất thấp (dưới 5%) và chủ yếu ở giai đoạn cây con. Nhìn chung, tình hình

sinh vật gây hại không ảnh hưởng nhiều đến sinh trưởng, phát triển của cây xà lách. Nhìn chung, dung dịch hạt carbon nano có ảnh hưởng tích cực góp phần nâng cao khả năng chống chịu của cây xà lách nên hạn chế phần nào các đối tượng sinh vật hại. Các kết quả nghiên cứu cho thấy tính không độc của carbon nano giúp truyền khả năng kháng bệnh cho thực vật (Zaytseva và Neumann, 2016; Li và cs., 2018).

### 3.4. Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch hạt carbon nano đến sinh khối của cây xà lách

**Bảng 4.** Ảnh hưởng của dung dịch carbon nano đến sinh khối của cây xà lách

| Công thức(CT)       | Khối lượng tươi (g/cây)    | Khối lượng khô (g/cây)    |
|---------------------|----------------------------|---------------------------|
| CT1                 | 84,02 <sup>e</sup> ±3,62   | 2,87 <sup>c</sup> ±0,82   |
| CT2                 | 96,83 <sup>d</sup> ±2,40   | 3,06 <sup>bc</sup> ±0,88  |
| CT3                 | 106,87 <sup>cd</sup> ±2,10 | 3,17 <sup>abc</sup> ±0,75 |
| CT4                 | 113,17 <sup>c</sup> ±2,99  | 3,42 <sup>ab</sup> ±0,82  |
| CT5                 | 124,63 <sup>b</sup> ±2,14  | 3,52 <sup>a</sup> ±0,94   |
| CT6                 | 128,83 <sup>ab</sup> ±2,95 | 3,31 <sup>ab</sup> ±0,80  |
| CT7                 | 134,67 <sup>ab</sup> ±2,46 | 3,36 <sup>ab</sup> ±0,95  |
| CT8                 | 138,93 <sup>a</sup> ±2,16  | 3,53 <sup>a</sup> ±0,79   |
| LSD <sub>0,05</sub> | 11,46                      | 0,44                      |

Trung bình ± SE trong cùng một cột có chữ cái khác nhau thể hiện có sự sai khác có ý nghĩa ( $p < 0.05$ ).

Bảng 4 cho thấy dung dịch hạt carbon nano có ảnh hưởng đến sinh khối của cây xà lách. Trong đó, khối lượng tươi của cây xà lách có phun carbon nano với nồng độ 10 - 60 ppm cao hơn so với CT1 (Đối chứng) là 12,81 - 54,91 g/cây. Tương tự như khối

lượng tươi, nhờ sự tăng trưởng các chỉ tiêu của cây nên khối lượng vật chất cây xà lách tích lũy ở các công thức sử dụng dung dịch carbon nano đều lớn hơn so với CT1 đối chứng. Kết quả mức chênh lệch giữa CT cao nhất (CT8) so với CT1 đối chứng là 0,66

g/cây và CT thất nhất (CT3) là 0,3 g/cây. Theo kết quả nghiên cứu của Jing và cs. (2022) với nồng độ 10 - 40 mg/l carbon nano làm tăng đáng kể khối lượng khô của cây xà lách lên 11,8; 14,8; 36,4 và 19,5% so với đối chứng không sử dụng.

### 3.5. Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch hạt carbon nano đến năng suất cây xà lách

Để đánh giá khả năng sinh trưởng và phát triển của cây xà lách cũng như kết quả cuối cùng của quá trình sản xuất thì năng suất và phẩm chất rau là chỉ tiêu quan trọng. Vì vậy, để đạt được hiệu quả kinh tế cao cũng như đáp ứng nhu cầu của người tiêu dùng thì việc tìm hiểu về các yếu tố cấu thành năng suất được xem là sự ưu tiên hàng đầu để góp phần tác động các biện pháp kỹ thuật hợp lý nhằm tăng năng suất cây trồng.

Ở các công thức thí nghiệm có sử dụng dung dịch carbon nano cho thấy được hiệu quả sau thu hoạch với năng suất sinh vật học tăng từ 13,23 - 65,35% so với công thức đối chứng. Việc bổ sung dung dịch hạt carbon nano với nồng độ 10 - 60 ppm thì năng suất sinh vật học cao hơn và sai khác về mặt thống kê so với công thức đối chứng. Đối với năng suất kinh tế của cây xà lách/chậu: Nồng độ dung dịch cho giá trị cao nhất là 60ppm tại CT8 (105,90 g/chậu) và thấp nhất là 10 ppm ở CT3 (82,43 g/chậu) nhưng kết quả mang lại vẫn cao hơn CT1 đối chứng với mức chênh lệch từ 13,23 - 36,7 g/chậu. Kết quả nghiên cứu của Jaya và cs. (2023) cho thấy so với đối chứng chỉ bón phân, việc bón carbon nano ở mức 200 - 400 mg/kg làm tăng sinh khối của cây xà lách trồng trong chậu từ 20 - 21%.

**Bảng 5.** Ảnh hưởng của dung dịch hạt carbon nano đến năng suất cây xà lách

| Công thức (CT)      | Năng suất sinh vật học (g/chậu) | Năng suất kinh tế (g/chậu) |
|---------------------|---------------------------------|----------------------------|
| CT1                 | 84,02 <sup>e</sup> ±3,62        | 69,20 <sup>f</sup> ±2,59   |
| CT2                 | 96,83 <sup>d</sup> ±2,40        | 78,57 <sup>e</sup> ±1,75   |
| CT3                 | 106,87 <sup>cd</sup> ±2,10      | 82,43 <sup>e</sup> ±1,23   |
| CT4                 | 113,17 <sup>c</sup> ±2,99       | 85,63 <sup>de</sup> ±1,26  |
| CT5                 | 124,63 <sup>b</sup> ±2,14       | 89,83 <sup>cd</sup> ±1,10  |
| CT6                 | 128,83 <sup>ab</sup> ±2,95      | 96,43 <sup>bc</sup> ±2,63  |
| CT7                 | 134,67 <sup>ab</sup> ±2,46      | 100,67 <sup>ab</sup> ±1,70 |
| CT8                 | 138,93 <sup>a</sup> ±2,16       | 105,90 <sup>a</sup> ±2,61  |
| LSD <sub>0,05</sub> | 11,46                           | 7,31                       |

Trung bình ± SE trong cùng một cột có chữ cái khác nhau thể hiện có sự sai khác có ý nghĩa (p < 0.05).

### 3.6. Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch hạt carbon nano đến phẩm chất cây xà lách

**Bảng 6.** Ảnh hưởng của dung dịch carbon nano đến hàm lượng axit hữu cơ và vitamin C của cây xà lách

| Công thức (CT)      | Axit hữu cơ (mg/100g)    | Vitamin C (mg/100g)       |
|---------------------|--------------------------|---------------------------|
| CT1                 | 1,32 <sup>e</sup> ±0,14  | 4,93 <sup>e</sup> ±0,65   |
| CT2                 | 1,91 <sup>e</sup> ±0,36  | 5,64 <sup>de</sup> ±0,43  |
| CT3                 | 3,08 <sup>d</sup> ±0,13  | 6,43 <sup>de</sup> ±0,47  |
| CT4                 | 4,08±0,21                | 7,09 <sup>cd</sup> ±0,79  |
| CT5                 | 4,25 <sup>bc</sup> ±0,28 | 8,83 <sup>bc</sup> ±0,62  |
| CT6                 | 4,82 <sup>ab</sup> ±0,22 | 10,35 <sup>ab</sup> ±0,32 |
| CT7                 | 4,91 <sup>ab</sup> ±0,10 | 11,47 <sup>a</sup> ±0,23  |
| CT8                 | 4,97 <sup>a</sup> ±0,23  | 11,90 <sup>a</sup> ±0,83  |
| LSD <sub>0,05</sub> | 0,71                     | 1,80                      |

Trung bình ± SE trong cùng một cột có chữ cái khác nhau thể hiện có sự sai khác có ý nghĩa (p < 0.05).

Bảng 6 cho thấy dung dịch hạt carbon nano có ảnh hưởng đến phẩm chất cây xà lách về axit hữu cơ và vitamin C. Ở giai đoạn thu hoạch, các công thức thí nghiệm có hàm lượng axit hữu cơ trong rau xà lách dao động từ 1,32 - 4,97 mg/100g và hàm lượng vitamin C từ 4,93 - 11,90 mg/100g. Trong đó, hai công thức CT7 và CT8 có hàm lượng axit hữu cơ và vitamin C cao hơn nhiều so với các công thức còn lại. Như vậy, tùy thuộc vào nồng độ dung dịch carbon nano mà hiệu quả mang lại khác nhau. Khi sử dụng nồng độ 10 - 40 mg/1 carbon nano làm tăng hàm lượng đường hòa tan trong lá của cây xà lách từ 5,8 - 16,2% so với đối chứng không sử dụng (Jing và cs., 2022).

#### 4. KẾT LUẬN

Sử dụng dung dịch hạt carbon nano đã rút ngắn thời gian sinh trưởng cây xà lách từ 1 - 2 ngày. Dung dịch hạt carbon nano với nồng độ 60 ppm (CT8) cho thấy cây xà lách sinh trưởng và phát triển tốt nhất: chiều cao (18,97 cm); số lá (18,63 lá); đường kính tán (19,44 cm); chiều dài lá (14,60 cm); chiều rộng lá (10,99 cm); năng suất sinh vật học (138,93 g/chậu) và năng suất kinh tế (105,90 g/chậu). Tình hình dịch hại không ảnh hưởng nhiều đến sinh trưởng, phát triển của cây xà lách. Trong đó, các đối tượng dịch hại gồm sâu khoang, bọ dưa, bệnh chết cây con, bệnh thối nhũn, bệnh sưng rễ và ốc sên với tần suất xuất hiện < 5%. Hơn nữa, dung dịch hạt carbon nano còn ảnh hưởng tốt đến hợp chất khô và phẩm chất cây xà lách (hàm lượng axit hữu cơ 1,32 - 4,97 mg/100g và vitamin C 4,93 - 11,90 mg/100g).

#### LỜI CẢM ƠN

Bài báo này là kết quả của đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ (mã số B2024-DHH-09). Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ Giáo dục và Đào tạo đã hỗ trợ kinh phí thực hiện.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

##### 1. Tài liệu tiếng Việt

Cục thống kê tỉnh Thừa Thiên Huế. (2024). Niên giám thống kê tỉnh Thừa Thiên Huế 2024. Nhà xuất bản thống kê.

Nguyễn Văn Liêm, Hà Minh Thanh, Lê Mai Nhật và Trịnh Xuân Hoạt. (2023). *Phương pháp nghiên cứu Bảo vệ thực vật, tập IV, Phương pháp điều tra, chẩn đoán giám định một số loài sinh vật gây hại quan trọng trên cây trồng và nấm ăn ở Việt Nam*. Nhà xuất bản Nông nghiệp.

##### 2. Tài liệu tiếng nước ngoài

Al-Mahmud, A., Byung-Yong, P., Zafar, K.G., Mira, P., Hak-Yong, K. (2015). Synthesis of carbon quantum dots from cabbage with down- and up-conversion photoluminescence properties: excellent imaging agent for biomedical applications. *Green Chemistry*, 17, 3791-3797. DOI: 10.1039/C5GC00686D.

Camejo, D., Frutos, A., Mestre, T.C., Del, C.P.M., Rivero, R.M., Martínez, V. (2020). Artificial light impacts the physical and nutritional quality of lettuce plants. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 61, 69-82. DOI: 10.1007/s13580-019-00191-z.

Chu, R., Xu, X., Lu, Z., Ma, Y., Cheng, H., Zhu, S., Bakker, F.T., Schranz, M.E., Wei, Z. (2022). Plastome-based phylogeny and biogeography of *Lactuca* L. (Asteraceae) support revised lettuce gene pool categories. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1-18. DOI: 10.3389/fpls.2022.978417.

FAOSTAT. (2025). Food and agriculture organization of the United Nations, USA.

Jing, H., Wenyi, J., Xinyi, W., Haiyun, Z., Yin, W.J.L., Yu, Y., Shu, T., Xilong, W. (2022). Carbon dots can strongly promote photosynthesis in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Environmental Science: Nano*, 9, 1530-1540. DOI:10.1039/D1EN00948F.

Jaya, N., Xiaoping, X., Gabriel, M.L., Wiqar, A., Jorge, P., Swadeshmukul, S., Alan, L. W., Andy, O., Peter, J. S., Zhenli, H. (2023). Carbon nanomaterials are a superior soil amendment for sandy soils than biochar based on impacts on lettuce growth, physiology and soil biochemical quality. *NanoImpact*, 31.

Li, H., Huang, J., Song, Y., Zhang, M., Wang, H., Lu, F., Huang, H., Liu, Y., Dai, X., Gu, Z., Yang, Z., Zhou, R., & Kang, Z. (2018).

- Degradable carbon dots with broad-spectrum antibacterial activity. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 10(32), 26936-26946. DOI:10.1021/acsami.8b08832.
- Monika, C., Priyamvada, S., Gajendra, P., SinghBrijesh, R. (2024). Structural features of carbon dots and their agricultural potential. *ACS Omega* 2024, 9(4), 4166–4185. DOI: 10.1021/acsomega.3c04638.
- Nepal, J., Xin, X., Wright, A. L., Maltais-Landry, G., Stoffella, P. J., Ahmad, W., & He, Z. L. (2022). Water-dispersible carbon nanomaterials improve lettuce (*Lactuca sativa*) growth and enhance soil biochemical quality at low to medium application rates. *Plant and Soil*, 485, 573–588. DOI: 10.1007/s11104-022-05852-0.
- Thomas, N.J.I.E., Raji, A., Mathur, G.S., Jae-Jin, S., Yong, R.L. (2016). Microwave assisted green synthesis of fluorescent N-doped carbon dots: Cytotoxicity and bioimaging applications. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 161, 154-161. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2016.05.017.
- Shen, J., Shang, S., Chen, X., Wang, D., Cai, Y. (2017). Facile synthesis of fluorescence carbon dots from sweet potato for Fe (3+) sensing and cell imaging. *Materials Science & Engineering C*, 76, 856-864. DOI: 10.1021/10.1016/j.msec.2017.03.178.
- Yadong, L., Xiaokai, X., Ying, W., Jianle, Z., Xuejie, Z., Haoran, Z., Bingfu, L., Chaofan, H., Yingliang, L. (2020). A review on the effects of carbon dots in plant systems. *Materials Chemistry Frontiers*, 4, 437-448. DOI: 10.1039/C9QM00614A.
- Yinjian, Z., Gancheng, X., Xuejie, Z., Zhijie, C., Yijin, C., Wen, Y., Hechou, L., Junyang, S., Ruimin, L., Yingliang, L., Bingfu, L. (2017). Bioimaging application and growth-promoting behavior of carbondots from pollen on hydroponically cultivated rome lettuce. *ACS Omega*, 2 (7), 3958–3965. DOI: 10.1021/acsomega.7b0065.
- Zaytseva, O., & Neumann, G. (2016). Carbon nanomaterials: Production, impact on plant development, agricultural and environmental applications. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 3(1), 1-17. DOI: 10.1186/s40538-016-0070-8.