

EFFECTS OF NUTRIENT SOLUTIONS AND HYDROPONIC SYSTEM ON SOME PARAMETERS RELATED TO GROWTH AND QUALITY OF KALE PLANT (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*)

Le Thi Thuy*, Nguyen Thi Phuong Thuy, Khuong Thanh Nhan, Nguyen Duong Anh Hong

Hanoi National University of Education

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 23/8/2023	This study was conducted with the aim of finding a suitable hydroponic formula for kale (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>acephala</i>) based on analyzing the growth and quality parameters of kale plants. To do this objective, kale plants were grown in 4 experimental formulas with a combination of 2 models of dynamic and static hydroponics and 2 nutrient solutions including Grow Master and BKFast. The results showed that kale plants grew and had the best quality when grown on a dynamic hydroponic system using the Grow Master solution. In detail, at the time of 70 days, the plant reached fresh weight of 52.55 g, with a height of 28.19 cm, an average number of leaves of 13.9, a vitamin C content of 125.17 mg/100g, a reduced sugar content of 6.9 mg/g. The formulas used the static hydroponic system, the plants had a slow growth rate with an average fresh weight of 1/5-1/6 times the fresh weight of the formula using the dynamic hydroponic system. The results of the study on nitrate content showed that kale plants grown in dynamic hydroponic systems had higher nitrate levels than plants grown in static hydroponic systems, ranging from 1342.65 - 1423.15 mg/kg. However, this nitrate results is still within the allowable limit for nitrate content in vegetables.
Revised: 28/9/2023	
Published: 28/9/2023	
KEYWORDS	
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>acephala</i>	
Nutrient solutions	
Nitrate content	
Dynamic hydroponic system	
Static hydroponic system	

ẢNH HƯỞNG CỦA DUNG DỊCH DINH DƯỠNG VÀ HÌNH THỨC THỦY CANH ĐẾN MỘT SỐ CHỈ TIÊU LIÊN QUAN ĐẾN SINH TRƯỞNG VÀ CHẤT LƯỢNG CÂY CẢI KALE (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*)

Lê Thị Thủy*, Nguyễn Thị Phương Thủy, Khương Thanh Nhân, Nguyễn Dương Anh Hồng

Trường Đại học Sư phạm Hà Nội

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 23/8/2023	Nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục đích xác định công thức trồng thủy canh phù hợp cho cây cải kale (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>acephala</i>) dựa trên việc đánh giá các chỉ tiêu liên quan đến sinh trưởng, chất lượng của cây cải kale trồng trong 4 công thức thí nghiệm với sự kết hợp của 2 hình thức thủy canh động và tĩnh cùng 2 dung dịch dinh dưỡng Grow Master và BKFast. Kết quả phân tích cho thấy, cây cải kale sinh trưởng và có chất lượng tốt nhất khi trồng trên hệ thống thủy canh động sử dụng dung dịch Grow Master. Cụ thể, tại thời điểm 70 ngày, cây đạt khối lượng tươi là 52,55 g, với chiều cao 28,19 cm; số lá trung bình là 13,9, hàm lượng vitamin C là 125,17 mg/100g, hàm lượng đường khử là 6,9 mg/g. Ở các công thức sử dụng hệ thống thủy canh tĩnh, cây có tốc độ sinh trưởng chậm với khối lượng tươi trung bình bằng 1/5 - 1/6 lần khối lượng tươi của công thức sử dụng hệ thống thủy canh động. Kết quả nghiên cứu về hàm lượng nitrate cho thấy, cây trồng trong hệ thống thủy canh động có hàm lượng nitrate cao hơn cây trồng trong hệ thống thủy canh tĩnh, dao động từ 1342,65 - 1423,15 mg/kg, song kết quả này vẫn nằm trong giới hạn cho phép về hàm lượng nitrate có trong rau quả.
Ngày hoàn thiện: 28/9/2023	
Ngày đăng: 28/9/2023	
TỪ KHÓA	
Cải kale	
Dung dịch dinh dưỡng	
Hàm lượng nitrate	
Thủy canh động	
Thủy canh tĩnh	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.8620>

* Corresponding author. Email: thuy_lt@hnue.edu.vn

1. Đặt vấn đề

Cải kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), còn được gọi là cải xoăn, là loại rau thuộc họ Cải được nhập nội vào Việt Nam từ khoảng năm 2015 và được trồng chủ yếu tại Đà Lạt, Sa Pa, nơi có thổ nhưỡng và khí hậu lạnh phù hợp cho sự sinh trưởng và phát triển của cải kale. Được coi là "nữ hoàng của các loại rau", cải kale có thành phần dinh dưỡng phong phú bao gồm các loại vitamin như A, C, K, E, B1, B2 và các khoáng chất như kali, canxi, magie,... cũng như chất xơ và các hợp chất có hoạt tính sinh học khác giúp hỗ trợ và giảm nguy cơ mắc các bệnh về tiêu hoá, tim mạch, tiểu đường [1]-[3].

Thủy canh là phương pháp trồng cây trong dung dịch dinh dưỡng mà không sử dụng đất, do vậy giúp tiết kiệm nước, hạn chế các loại sâu và bệnh hại có nguồn gốc từ đất trồng,... Với hai hình thức thủy canh chính là thủy canh tĩnh và thủy canh động, phương pháp này có thể được áp dụng ở nhiều quy mô khác nhau, tiết kiệm không gian và ít phụ thuộc vào khí hậu hoặc mùa vụ [4], [5]. Bên cạnh hình thức thủy canh, dung dịch dinh dưỡng là yếu tố quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất và chất lượng cây trồng. Dung dịch dinh dưỡng tối ưu phụ thuộc vào loại cây, giai đoạn sinh trưởng và các yếu tố khác như mùa vụ và thời tiết [6]. Trên đối tượng cây cải kale, Sembiring và cộng sự (2023) đã tiến hành sử dụng các dạng phân bón hữu cơ dạng lỏng sản xuất từ việc lên men các phụ phẩm nông nghiệp phối trộn cùng dung dịch dinh dưỡng vô cơ để trồng thủy canh loại cây này. Kết quả cho thấy việc phối trộn dung dịch vô cơ AB-Mix với tỉ lệ 50% và 75% cùng dịch chuối, dịch cây lá cây keo dậu và bã rượu cho kết quả tương đương với việc sử dụng 100% dung dịch vô cơ [7]. Yanti và cộng sự đã chỉ ra rằng, trong các công thức phối trộn giữa 2 loại dung dịch dinh dưỡng và 7 loại giá thể, trấu hun và mụn dừa là giá thể trồng cho năng suất cải kale cao hơn cả, còn dung dịch dinh dưỡng R-Mix cho hàm lượng diệp lục cao hơn AB-Mix [8]. Ở một nghiên cứu khác, Daryadar và cộng sự (2019) cũng chứng minh rằng, việc áp dụng kỹ thuật thủy canh trong canh tác cải kale cho kết quả về các chỉ tiêu chất lượng như vitamin C, hàm lượng flavonoid, tanin cao hơn so với cây trồng trên đất [9].

Ở Việt Nam, kỹ thuật thủy canh cũng đang được ứng dụng khá phổ biến trong canh tác các loại rau ăn lá, tuy nhiên các công bố về việc áp dụng hình thức canh tác này trên cây cải kale còn khá ít. Hiện nay, có nhiều loại dung dịch dinh dưỡng đã được sản xuất và khuyến cáo sử dụng cho những loại cây trồng nhất định. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm góp phần đề xuất mô hình thủy canh và dung dịch dinh dưỡng phù hợp cho việc trồng cây cải kale.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Vật liệu thực vật: Hạt giống cây cải kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) giống Scotch Curled xuất xứ tại Mỹ được cung cấp bởi Công ty Hạt giống nhập khẩu, tỉ lệ nảy mầm 98%.

Dung dịch dinh dưỡng: Nghiên cứu sử dụng 2 loại dung dịch dinh dưỡng gồm: Dung dịch Grow Master được sản xuất bởi Công ty cổ phần công nghệ LISADO Việt Nam và dung dịch BKFast được sản xuất bởi Công ty cổ phần sáng tạo Bách Khoa. Thành phần và hàm lượng dinh dưỡng của 2 dung dịch được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Thành phần và hàm lượng các nguyên tố cơ bản trong 2 dung dịch dinh dưỡng trồng rau cải kale

Dung dịch	Hàm lượng các nguyên tố cơ bản trong các dung dịch (ppm)										
	N	P	K	Ca	Mg	B	Mn	Zn	Mo	Cu	Fe
Grow Master	186	14,2	56,64	56,3	15,91	200	200	40	20	40	0,15
BKFast	266,6	133,3	300	150	17,5	53,3	40	60	1,2	60	60

Hệ thống thủy canh: Hệ thống thủy canh được sử dụng trong nghiên cứu là hệ thống thủy canh động giàn ngang với 108 rọ của Công ty TNHH Thủy canh miền Nam và hệ thống thủy canh tĩnh là các thùng thủy canh có dung tích 15 lít, gồm 6 rọ trồng cây của Công ty Cổ phần Sáng tạo Bách Khoa.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Hạt cải kale được gieo vào viên nén xơ dừa, sau khi nảy mầm được 5 - 6 ngày (cây cao 3 - 4 cm), cây mầm được đưa vào hệ thống thủy canh động và thùng thủy canh tĩnh với dung dịch Grow Master và BKFast. Nghiên cứu bố trí 4 công thức thí nghiệm với sự kết hợp của hai loại dung dịch dinh dưỡng và hai hình thức thủy canh (Bảng 2), mỗi công thức có 18 rọ trồng cây và mỗi rọ có 2 cây. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần.

Bảng 2. Công thức thí nghiệm bố trí trong nghiên cứu

Hình thức thủy canh (HTTC)	Dung dịch dinh dưỡng	Dung dịch Grow Master	Dung dịch BKFast
Thủy canh động		Grow Master Động (GD)	BKFast Động (BD)
Thủy canh tĩnh		Grow Master Tĩnh (GT)	BKFast Tĩnh (BT)

2.2.2. Phương pháp xác định các chỉ tiêu sinh trưởng

Khối lượng tươi của cây (g): Loại bỏ phần rễ và dùng cân phân tích với độ chính xác đến 0,1 mg để cân khối lượng thân và lá của cây cải kale.

Chiều cao cây (cm): Dùng thước dây có độ chính xác đến 1 mm đo từ phần gốc đến phần cao nhất của ngọn cây.

Số lá/cây: Xác định bằng các phương pháp đo đếm thông thường.

2.2.3. Phương pháp xác định các chỉ tiêu chất lượng

Hàm lượng vitamin C được xác định bằng phương pháp chuẩn độ với iod; Hàm lượng đường khử xác định bằng phương pháp DNS; Hàm lượng nitrate được xác định bằng phương pháp trắc quang; Hàm lượng nước xác định bằng hiệu số giữa khối lượng tươi và khối lượng khô tuyệt đối [10], [11].

Các chỉ tiêu nghiên cứu được xác định ở các thời điểm 30 ngày, 50 ngày và 70 ngày sau khi đưa cây vào hệ thống thủy canh. Nghiên cứu được tiến hành từ tháng 8/2022 đến tháng 3/2023 tại Vườn thực nghiệm và phòng Phân tích của Khoa Sinh học, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội.

2.2.4. Phương pháp xử lý số liệu

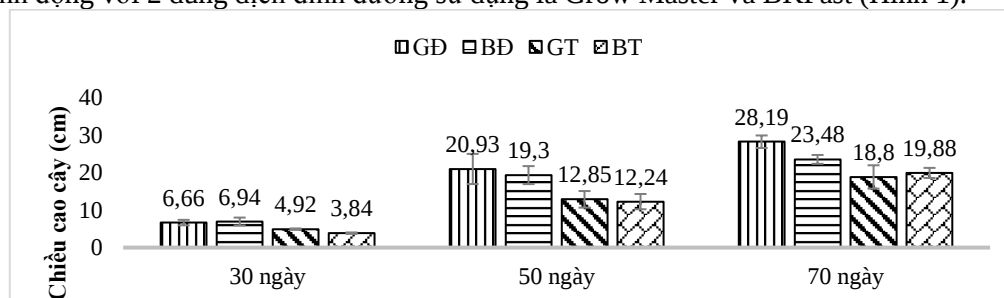
Các số liệu được xử lý thống kê dựa trên Microsoft Excel và phần mềm SPSS 16.0. Phân tích phương sai một yếu tố và kiểm định Turkey's - b để đánh giá sự sai khác có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha = 0,05$.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của dung dịch dinh dưỡng và hình thức thủy canh đến một số chỉ tiêu sinh trưởng của cây cải kale

3.1.1. Chiều cao cây

Chiều cao cây được xác định ở 3 thời điểm sau khi đưa cây vào hai hệ thống thủy canh tĩnh và thủy canh động với 2 dung dịch dinh dưỡng sử dụng là Grow Master và BKFast (Hình 1).

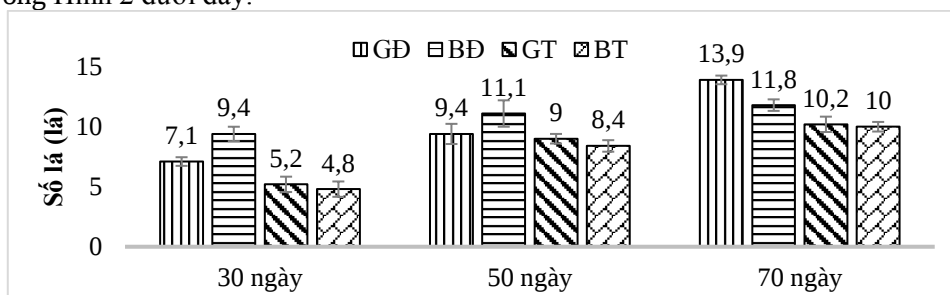


Hình 1. Chiều cao cây cải kale qua các giai đoạn sinh trưởng ở 4 công thức thí nghiệm (cm)

Qua Hình 1 cho thấy, chiều cao cây cải kale tăng nhanh từ ngày 30 đến ngày 50 và chậm lại từ ngày 50 đến ngày 70. Khi sử dụng cùng một dung dịch dinh dưỡng, cây cải kale trồng trong hệ thống thủy canh động có chiều cao tốt hơn so với cây ở hệ thống tĩnh tại cùng một thời điểm nghiên cứu. So sánh hai dung dịch dinh dưỡng, sử dụng dung dịch Grow Master giúp cải kale tăng trưởng về chiều cao nhanh hơn so với dung dịch BKFast. Cụ thể, xét cùng trên hệ thống động, cây cải kale trồng trong dung dịch Grow Master cao hơn cây cải kale trồng trong dung dịch BKFast 4,71 cm tại thời điểm 70 ngày. Cũng tại thời điểm này, cây trồng trong công thức GĐ cao hơn 9,39 cm so với cây trong công thức GT, tương tự cây trong BĐ cũng cao hơn 3,6 cm so với cây trong công thức BT. Điều này có thể giải thích do ở hệ thống thủy canh động, dung dịch dinh dưỡng được luân chuyển thường xuyên khiến hàm lượng oxygen hòa tan trong dung dịch cao hơn so với hệ thống thủy canh tĩnh, kết quả làm cho rễ cây hô hấp thuận lợi và dễ dàng hấp thụ đầy đủ chất dinh dưỡng cần thiết cho sự sinh trưởng của cây. Ngược lại, trong hệ thống thủy canh tĩnh, dung dịch được đặt trong thùng chứa cố định làm hạn chế sự lưu thông và hòa tan của oxygen trong không khí vào dung dịch, từ đó làm chậm quá trình hô hấp và khả năng trao đổi khoáng của hệ rễ. Kết quả quan sát khi nghiên cứu cũng cho thấy, rễ cây cải kale trồng trong hệ thống động có kích thước và số lượng rễ con lớn hơn rõ rệt so với bộ rễ cây trồng trong hệ thống tĩnh (Hình 4).

3.1.2. Số lá/cây

Sự thay đổi về số lá của cây cải kale trong các công thức thí nghiệm theo từng giai đoạn được thể hiện trong Hình 2 dưới đây.



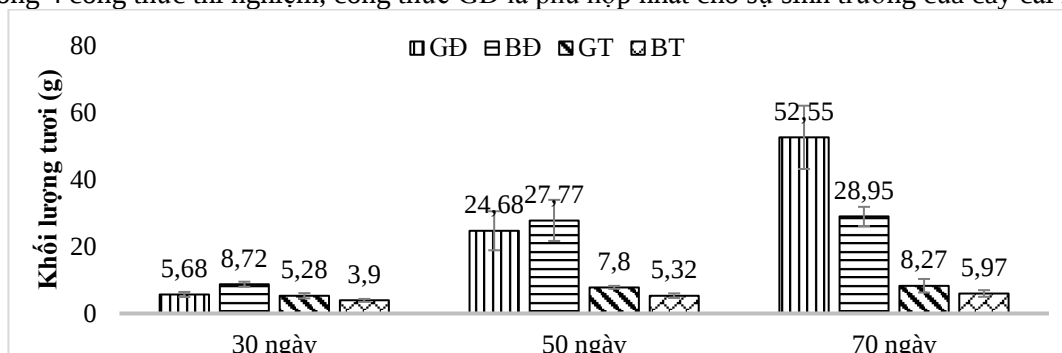
Hình 2. Số lá cây cải kale qua các giai đoạn sinh trưởng trong 4 công thức thí nghiệm

Kết quả ở Hình 2 cho thấy, hình thức thủy canh cũng ảnh hưởng rõ đến số lượng lá/cây. Với dung dịch Grow Master, số lá cây cải kale trong công thức GĐ cao hơn là 1,9 lá (ở 30 ngày), 0,4 lá (ở 50 ngày) và 3,7 lá (ở 70 ngày) so với số lá của cây trồng trong GT. Với dung dịch BKFast, các kết quả tương ứng là 4,6 lá; 2,7 lá và 1,8 lá. Ở giai đoạn 70 ngày, số lá của cây trong công thức GĐ thu được là cao nhất, đạt 13,9 lá, cao hơn 2,1 lá so với cây trồng trong BĐ. Số lá của cây trồng trong hệ thống tĩnh ở cả hai dung dịch nghiên cứu là tương đương nhau, dao động từ 10 - 10,2 lá/cây. So sánh với nghiên cứu của Briana Yablonski (2019) [12], nhận thấy số lá cây cải kale trồng trên đất là 10 lá ở thời điểm thu hoạch, tương đương với hệ thống thủy canh tĩnh, nhưng thấp hơn hệ thống động ở cả hai dung dịch dinh dưỡng vào thời điểm 70 ngày. Kết quả thể hiện trên Hình 2 cho thấy, dung dịch BKFast làm số lá/cây tăng nhanh trong giai đoạn 50 ngày sau khi trồng trong hệ thống thủy canh, nhưng từ giai đoạn 50 - 70 ngày, dung dịch Grow Master cho kết quả tốt hơn về số lá/cây.

3.1.3. Khối lượng tươi của cây cải kale

Khối lượng tươi là một chỉ số được sử dụng để đánh giá năng suất sinh học của cây trồng. Đối với các loại rau có thân lá như cây cải kale, khối lượng tươi quyết định đến năng suất kinh tế của cây. Kết quả tại Hình 3 cho thấy, cải kale trồng trong hệ thống thủy canh động có khối lượng tươi cao hơn so với hệ thống tĩnh. Sự khác biệt này được thấy ở cả 3 thời điểm đánh giá, đặc biệt là ở 70 ngày sau trồng. Cụ thể, ở 30 ngày, cây trong công thức GĐ có khối lượng tươi cao hơn trong GT 0,4 g và cây trong BĐ có khối lượng tươi cao hơn BT 4,82 g. Ở thời điểm 50 ngày, sự chênh

lệch về khối lượng tươi giữa các công thức này tăng lên lần lượt là 16,88 g và 22,45 g. Qua theo dõi và phân tích kết quả nhận thấy, cây trồng trong hệ thống tĩnh tăng trưởng rất chậm, chỉ đạt 2,07 - 2,99 g trong khoảng từ ngày 30 đến ngày 70 trồng. Cây có thân cây mảnh, lá mới mọc muộn, tốc độ tăng trưởng chiều cao, kích thước lá chậm, lá có màu xanh nhạt và mỏng (Hình 4). Trong 4 công thức thí nghiệm, công thức GĐ là phù hợp nhất cho sự sinh trưởng của cây cải kale.



Hình 3. Khối lượng tươi cây cải kale qua các giai đoạn sinh trưởng ở 4 công thức thí nghiệm



Hình 4. Sự khác nhau về hình thái cây cải kale trong 4 công thức thí nghiệm

So sánh các thành phần dinh dưỡng trong 2 loại dung dịch, dung dịch BKFast có hàm lượng nguyên tố đa lượng như N, P, K, Ca và Mg cao hơn dung dịch Grow Master, giải thích được tại sao cây trong dung dịch này phát triển nhanh ở các chỉ tiêu như chiều cao cây, số lá/cây và khối lượng tươi ở giai đoạn đầu thủy canh. Tuy nhiên, với các nguyên tố vi lượng, dung dịch Grow Master có hàm lượng nguyên tố như B, Mn, Mo cao hơn dung dịch BKFast, điều này có thể liên quan đến sự phát triển tốt hơn của cây trong giai đoạn sau 50 ngày so với cây trong dung dịch BKFast.

3.2. Ảnh hưởng của dung dịch dinh dưỡng và hình thức thủy canh đến chỉ tiêu chất lượng của cây cải kale

3.2.1. Hàm lượng nước trong cây cải kale

Kết quả phân tích hàm lượng nước của cây cải kale trong các giai đoạn sinh trưởng ở 4 công thức thí nghiệm được trình bày trong Bảng 3 dưới đây.

Bảng 3. Hàm lượng nước của cây cải kale qua các giai đoạn sinh trưởng trong 4 công thức thí nghiệm (%)

HTTC	Dung dịch dinh dưỡng	Hàm lượng nước (%) tại các thời điểm		
		30 ngày	50 ngày	70 ngày
Động	Grow Master (GĐ)	91,42 ^a ± 1,49	92,55 ^a ± 1,45	94,58 ^a ± 1,51
	BKFast (BĐ)	91,14 ^a ± 1,07	92,17 ^a ± 1,22	94,02 ^a ± 1,30
Tĩnh	Grow Master (GT)	90,72 ^a ± 1,76	90,65 ^b ± 1,43	92,58 ^b ± 1,38
	BKFast (BT)	89,84 ^b ± 1,38	90,44 ^b ± 1,36	92,63 ^b ± 1,25

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác nhau có ý nghĩa thống kê ($\alpha=0,05$)

Kết quả tại Bảng 3 cho thấy, cây cải kale trồng thủy canh có hàm lượng nước khá cao, dao động từ 89,94 - 94,58%, cao hơn so với cây cải kale trồng trên đất và có xu hướng tăng từ 30 ngày đến 70 ngày sau trồng. Theo thông tin từ Bộ Nông nghiệp Mỹ (2019), ước tính hàm lượng nước trong cây cải kale trồng trên đất là 89,6% [13]. Nghiên cứu của chúng tôi về hàm lượng nước của cây cải kale ở các giai đoạn sinh trưởng cho kết quả cao hơn. Hàm lượng nước cao nhất đạt được ở thời điểm 70 ngày từ 94,02 - 94,58% khi trồng ở hệ thống động. Hàm lượng nước của cây cải kale không có sự khác biệt khi trồng trong 2 dung dịch Grow Master và BKFast khi sử dụng cùng hệ thống thủy canh (động hoặc tĩnh) xét ở cả 3 thời điểm nghiên cứu. Khi so sánh giữa hệ thống thủy canh động và thủy canh tĩnh thì hàm lượng nước đo được ở cây trồng trên hệ thống động vẫn cao hơn cây trồng ở hệ thống tĩnh, với khoảng chênh lệch dao động từ 0,4% đến 2%.

3.2.2. Hàm lượng vitamin C của cây cải kale

Cải kale được đánh giá là một trong những loại rau có hàm lượng vitamin C cao, nó làm nên giá trị dinh dưỡng đặc biệt của loại cây trồng này. Kết quả về hàm lượng vitamin C của cây cải kale trồng trong các công thức thí nghiệm được trình bày ở Bảng 4.

Bảng 4. Hàm lượng vitamin C của cây cải kale trong 4 công thức thí nghiệm (mg/100g)

HTTC	Dung dịch dinh dưỡng	Hàm lượng vitamin C (mg/100g) tại các thời điểm		
		30 ngày	50 ngày	70 ngày
Động	Grow Master (GĐ)	81,99 ^a ± 3,56	120,63 ^a ± 8,14	125,17 ^a ± 4,24
	BKFast (BĐ)	71,13 ^b ± 2,30	110,55 ^b ± 5,42	115,78 ^b ± 5,12
Tĩnh	Grow Master (GT)	51,24 ^c ± 7,53	80,41 ^c ± 5,60	85,41 ^c ± 4,02
	BKFast (BT)	46,23 ^d ± 5,23	75,36 ^d ± 6,23	80,93 ^d ± 4,18

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác nhau có ý nghĩa thống kê ($\alpha=0,05$)

Kết quả nghiên cứu tại Bảng 4 cho thấy, hàm lượng vitamin C của cây trồng trong hệ thống thủy canh động cao hơn so với hệ thống thủy canh tĩnh và tăng dần theo giai đoạn sinh trưởng của cây cải kale. Trong khoảng từ 30 ngày đến 50 ngày, hàm lượng vitamin C của cây trồng trong dung dịch Grow Master đạt 38,64 mg/100g, trong dung dịch BKFast đạt 39,42 mg/100g. Trong giai đoạn từ 50 ngày đến 70 ngày, sự tăng lượng vitamin C trong cây cải kale diễn ra chậm hơn. Cụ thể, hàm lượng vitamin C trong cây trồng trên hệ thống GĐ và BĐ lần lượt tăng khoảng 4,54 mg/100g và 5,23 mg/100g. Kết quả của nghiên cứu về hàm lượng vitamin C của cây cải kale 70 ngày tuổi trong hệ thống động của chúng tôi cũng cao hơn so với nghiên cứu của Sikora và Bodziarczyk (2012) (62,27 mg/100g) và số liệu được cung cấp bởi Bộ Nông nghiệp Mỹ (2019) là 93,4 mg/100g khi trồng cây cải kale trên đất [13], [14].

3.2.3. Hàm lượng đường khử

Cùng với hàm lượng nước và vitamin C, đường khử cũng là chỉ tiêu góp phần đánh giá chất lượng nông sản. Bảng 5 trình bày kết quả về hàm lượng đường khử của cải kale trồng trong 4 công thức thí nghiệm ở ba thời điểm là 30 ngày, 50 ngày và 70 ngày sau khi đưa cây vào hệ thống thủy canh.

Bảng 5. Hàm lượng đường khử của cây cải kale trong 4 công thức thí nghiệm (mg/g)

HTTC	Dung dịch dinh dưỡng	Hàm lượng đường khử (mg/g) tại các thời điểm		
		30 ngày	50 ngày	70 ngày
Động	Grow Master (GĐ)	3,5 ^a ± 0,34	4,5 ^a ± 0,32	6,9 ^a ± 0,44
	BKFast (BĐ)	2,8 ^b ± 0,21	3,6 ^b ± 0,41	5,7 ^b ± 0,32
Tĩnh	Grow Master (GT)	2,1 ^c ± 0,26	2,5 ^d ± 0,38	3,5 ^d ± 0,42
	BKFast (BT)	2,3 ^c ± 0,35	2,7 ^c ± 0,22	3,8 ^c ± 0,40

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác nhau có ý nghĩa thống kê ($\alpha=0,05$)

Hàm lượng đường khử trong cây cải kale tăng theo giai đoạn sinh trưởng và đạt giá trị cao nhất sau 70 ngày. So sánh giữa 2 hệ thống thủy canh, hàm lượng đường khử của cây trồng trong

hệ thống thủy canh động cao hơn so với hệ thống thủy canh tĩnh ở cùng thời điểm và loại dung dịch dinh dưỡng. Với dung dịch Grow Master, cây trồng trong hệ thống động có hàm lượng đường khử cao hơn trung bình 1,97 lần so với hệ thống tĩnh. Tương tự, hàm lượng đường khử của cây trồng trong công thức BĐ cũng cao hơn trung bình 1,5 lần so với cây ở công thức BT. Hàm lượng đường khử cao nhất đạt 6,9 mg/g ở cây trồng trong công thức GĐ tại thời điểm 70 ngày. Kết quả này thấp hơn khoảng 1,1 mg so với công bố về hàm lượng đường khử của cây cải kale trồng trên đất của Bộ Nông nghiệp Mỹ (2019) [13].

3.2.4. Hàm lượng nitrate

Cây trồng hấp thụ nitrogen ở hai dạng nitrate và amonium. Việc sử dụng nitrat vừa đủ giúp cây sinh trưởng nhanh và lá xanh tốt, đồng thời hạn chế sự tồn dư nitrate. Các nghiên cứu cho thấy, tồn dư nitrate trong nông sản có thể ảnh hưởng xấu đến sức khỏe con người [15], [16]. Do đó, hàm lượng nitrate là chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng nông sản, đặc biệt là đối với rau thủy canh.

Bảng 6. Hàm lượng nitrate của cây cải kale ở giai đoạn thu hoạch (mg/kg)

HTTC	Dung dịch dinh dưỡng	Hàm lượng nitrate (mg/kg) giai đoạn thu hoạch
Động	Grow Master	1342,65 ^b ± 41,17
	BKFast	1423,15 ^a ± 43,22
Tĩnh	Grow Master	945,12 ^c ± 50,20
	BKFast	825,24 ^d ± 55,10

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác nhau có ý nghĩa thống kê ($\alpha=0,05$)

Cải kale cùng với một số loại cây trồng thuộc họ Cải khác như xà lách, súp lơ,... là những loại rau rất giàu nitrate. Kết quả về hàm lượng nitrate trong Bảng 6 cho thấy, cây trồng trong hệ thống thủy canh động có hàm lượng nitrate cao hơn đáng kể so với hệ thống thủy canh tĩnh. Sai khác hàm lượng nitrate dao động từ 396,88 - 597,76 mg/kg, tương đương 1,4 - 1,7 lần. Dung dịch BKFast đã làm tăng hàm lượng nitrate trong cây cải kale khi trồng trên hệ thống thủy canh động. Cụ thể, cây trồng với dung dịch BKFast có hàm lượng nitrate cao hơn 80,5 mg/kg so với dung dịch Grow Master. Tuy nhiên, trên hệ thống thủy canh tĩnh, cây trồng với dung dịch Grow Master có hàm lượng nitrate cao hơn 119,88 mg/kg so với dung dịch BKFast. Theo nghiên cứu của Danijel Brkić và cộng sự (2017), hàm lượng nitrate của rau cải kale trồng trên đất vào mùa thu nằm trong khoảng 595 - 942 (mg/kg), còn trong nghiên cứu của Korus và Lisiewska (2008), hàm lượng nitrate đo được trong 2 giống cải kale Winterbor F1 và Redbor F1 là khá cao, với kết quả lần lượt là 1326 mg/kg và 2810 mg/kg [17], [18]. Như vậy có thể thấy, hàm lượng nitrate đo được trong cây cải kale thủy canh trong nghiên cứu này khá tương đồng với các kết quả nghiên cứu thu được ở cây cải kale trồng trên đất đã công bố và nằm trong giới hạn về hàm lượng nitrate cho phép trong một số loại rau họ Cải (1500 mg/kg).

4. Kết luận

Trong hai hình thức thủy canh, cây cải kale sinh trưởng và cho chất lượng tốt hơn khi trồng trong hệ thống thủy canh động ở cả hai dung dịch dinh dưỡng nghiên cứu là Grow Master và BKFast.

Trong 4 công thức nghiên cứu, Grow Master động là công thức cho kết quả tốt nhất ở cả 3 chỉ tiêu liên quan đến sinh trưởng gồm khối lượng tươi (52,55 g/cây), chiều cao thân (28,19 cm/cây) và số lá trung bình (13,9 lá/cây), cũng như các chỉ tiêu chất lượng như hàm lượng vitamin C (125,17 mg/100g), hàm lượng đường khử (6,9 mg/g) ở thời điểm thu hoạch (70 ngày). Trong khi cả 2 công thức sử dụng hệ thống thủy canh tĩnh gồm Grow Master tĩnh và BKFast, cây cải kale đều sinh trưởng chậm, với khối lượng tươi thu được ở thời điểm 70 ngày chỉ dao động từ 5,12 - 8,27 g/cây.

Kết quả phân tích về hàm lượng nitrate nhận thấy, hệ thống thủy canh động làm tăng tích lũy nitrate trong cây cải kale so với hệ thống thủy canh tĩnh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] T. Reda, T. Pushaparajah, P. Robert, B. William, S. Emerson, and T. Dil, "Reaching the highest shelf: A review of organic production, nutritional quality, and shelf life of kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*)," *Plants people planets*, vol. 3, no. 4, pp. 308-318, 2021.
- [2] W. Khalid, M. S. Arshad, M. Imran, R. S. Ahmad, A. Imran, T. B. Qaisrani, Z. Asghar, A. Husain, M. F. Anjum, and H. A. R. Suleria, "Kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) as miracle food with special reference to therapeutic and nutraceuticals perspective," *Food Science and Nutrient*, vol. 10, no. 1, pp. 1-16, 2021.
- [3] Y. J. Park, H. M. Lee, M. Shin, M. V. Arasu, D. Y. Chung, N. A. Al-Dhabi, and S. J. Kim, "Effect of different proportion of sulphur treatments on the contents of glucosinolate in kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) commonly consumed in Republic of Korea," *Saudi J. Biol. Sci.*, vol. 25, pp. 349-353, 2018.
- [4] N. Sharma, S. Acharya, K. Kumar, N. Singh, and O. P. Chaurasia, "Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview," *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 17, no. 4, pp. 364-371, 2018.
- [5] X. N. Nguyen, *Hydroponics Engineering and Clean Vegetable Production*. Science and Technology Publishing House, Hanoi.
- [6] R. N. Roy, A. Finck, G. J. Blair, and H. L. S. Tandon, "Plant nutrition for Food security. A Guide for Integrated Nutrient Management," FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 16, *Food and Agricultural Organization of United Nations, Rome*, p. 348, 2006.
- [7] G. M. Sembiring, A. S. Karyawati, and M. D. Maghfoer, "Yield and quality improvement of curly kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica* L.) by utilizing agricultural waste," *Journal of Ecological Engineering*, vol. 24, no. 4, pp. 163-171, 2023.
- [8] C. W. B. Yanti, R. Dermawan, N. S. Nafsi, A. H. Bahrin, A. Mollah, and A. Arafat, "Response of kale (*Brassica alboglabra* L.) to various planting media and application of liquid inorganic nutrition in DWC (deep water culture) hydroponic systems," In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, vol. 486, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/486/1/012113.
- [9] M. Kh. Daryadar, S. Kh. Mairapetyan, A. H. Tovmasyan, J. S. Aleksanyan, A. H. Tadevosyan, L. M. Kalachyan, B. T. Stepanyan, H. M. Galstyan, and A. Z. Asatryan, "Productivity of leafy green vegetable Kale in soilless cultivation conditions," *Acad. J. Environ. Sci.*, vol. 7, no. 5, pp. 049-052, 2019.
- [10] V. M. Nguyen, *Practice Biochemistry*. Hanoi National University Publishing House, 2007.
- [11] T. T. P. Nguyen, T. H. Dao, and T. Y. Tran, "Determining the content of nitrate in some vegetables by the spectrophotometric method using salicylic acid reagent," *Journal of Science Technology - Hanoi University of Industry*, vol. 56, no. 3, pp. 128-131, 2020.
- [12] B. Yablonski, *How to harvest kale*, Gardener's path, 2019.
- [13] U.S. Department of Agriculture, "Kale, raw," FoodData Central Search Results, 2019. [Online]. Available: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/323505/nutrients>. [Accessed June 9, 2023].
- [14] E. Sikora and I. Bodziarczyk, "Composition and antioxidant activity of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) raw and cooked," *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, vol. 11, no. 3, pp. 239-248, 2012.
- [15] P. Santamaria, A. Elia, and M. Gonnella, "Changes in nitrate accumulation and growth of endive plants during the light period as affected by nitrogen level and form," *J Plant Nutr.*, vol. 20, pp. 1255-1266, 1997.
- [16] P. Santamaria, "Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation," *J. Sci Food Agric.*, vol. 86, pp. 10-17, 2006, doi: 10.1002/jsfa.2351.
- [17] D. Brkić, J. Bošnjir, M. Bevardi, A. G. Bošković, S. Miloš, D. Lasić, and N. U. Trstenjak, "Nitrate in leafy green vegetables and estimated intake," *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, vol. 14, no. 3, pp. 31-41, 2017.
- [18] A. Korus and Z. Lisiewska, "Effect of cultivar and harvest date of kale (*Brassica Oleracea* L. var. *acephala*) on content of nitrogen compounds," *Polish J. of Environ. Stud.*, vol. 18, no. 2, pp. 235-241, 2008.