



DOI:10.22144/ctujos.2026.124

ĐÁNH GIÁ NĂNG SUẤT VÀ CHẤT LƯỢNG CỦA NĂM GIỐNG CẢI KALE (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) THỦY CANH TRONG ĐIỀU KIỆN NHÀ MÀNG

Huỳnh Bá Di^{1,2*}, Phạm Thị Mỹ Linh³, Lê Quốc Vinh⁴, Phan Ngọc Nhi⁵ và Võ Thị Bích Thủy⁵

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

²Khoa Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, Trường Đại học Kiên Giang, Việt Nam

³Học viên cao học ngành Khoa học cây trồng Khóa 31, Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

⁴Sinh viên ngành Khoa học cây trồng Khóa 49, Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

⁵Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): hbd@vnkgu.edu.vn

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 01/08/2025

Sửa bài (Revised): 17/08/2025

Duyệt đăng (Accepted): 17/04/2026

Title: Evaluation of yield and quality of five kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) varieties grown in hydroponic systems under greenhouse conditions

Author(s): Huỳnh Ba Di^{1,2*}, Phạm Thị Mỹ Linh³, Lê Quốc Vinh⁴, Phan Ngọc Nhi⁵ and Võ Thị Bích Thủy⁵

Affiliation(s): ¹PhD student in Crop Science, College of Agriculture, Can Tho University, Viet Nam; ²Faculty of Agriculture and Rural Development, Kien Giang University, Viet Nam; ³Postgraduate student in Crop Science, Cohort 31, College of Agriculture, Can Tho University, Viet Nam; ⁴Undergraduate student in Crop Science, Cohort 49, College of Agriculture, Can Tho University, Viet Nam; ⁵College of Agriculture, Can Tho University, Viet Nam

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm xác định năng suất và chất lượng của năm giống cải kale: (1) rong biển xanh, (2) rong biển tím, (3) xoắn xanh, (4) xoắn tím và (5) xoắn xanh Việt bằng phương pháp thủy canh. Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 10 lần lặp lại. Kết quả cho thấy giống cải kale rong biển xanh đạt cao nhất, khác biệt có ý nghĩa qua phân tích thống kê so với các giống khác về năng suất (3,60 kg/m²), số lá thu được trên cây (81,8 lá/cây), khối lượng lá (600 g/cây), nhưng khối lượng trung bình lá cao tương đương với rong biển tím và xoắn xanh Việt (dao động từ 6,77 đến 7,36 g/lá). Về chất lượng, rong biển xanh có hàm lượng vật chất khô (11,3%), protein thô (2,96%), canxi (2.411 mg/kg), magie (834 mg/kg) và kali (4.880 mg/kg) thấp hơn một số giống khác nhưng hàm lượng β-carotene đạt mức khá. Cải kale rong biển xanh phù hợp để thủy canh trong điều kiện nhà màng.

Từ khóa: Chất lượng, giống cải kale, năng suất, nhà màng, thủy canh

ABSTRACT

The study was conducted to evaluate the yield and quality of five kale varieties: (1) seaweed green, (2) seaweed purple, (3) green curly, (4) purple curly, and (5) green curly Viet, using the hydroponic method. The experiment was arranged in a completely randomized design with 10 replications. Results showed that seaweed green achieved the highest performance, with statistically significant differences compared to other cultivars in terms of yield (3.60 kg/m²), number of harvested leaves per plant (81.8 leaves/plant), and leaf weight (600 g/plant), while the average leaf weight was comparable to seaweed purple and green curly Viet (ranging from 6.77 to 7.36 g/leaf). Regarding quality, seaweed green exhibited lower levels of dry matter (11.3%), crude protein (2.96%), calcium (2,411 mg/kg), magnesium (834 mg/kg), and potassium (4,880 mg/kg) than some other cultivars, but had a relatively high β-carotene content. Overall, seaweed green is suitable for hydroponic production under greenhouse conditions.

Keywords: Hydroponics, greenhouse, kale varieties, yield, quality

1. GIỚI THIỆU

Cải kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) là loại rau ăn lá có chứa nhiều khoáng chất (canxi, kali) và các hợp chất chống oxy hóa như flavonoid, glucosinolate và lutein (Dias, 2012; Satheesh & Fanta, 2020). Kết quả nhiều nghiên cứu đã cho thấy cải kale không chỉ giúp tăng cường sức khỏe tim mạch mà còn có tiềm năng phòng ngừa ung thư và giảm viêm hiệu quả (Ortega-Hernández et al., 2021; Muojjima et al., 2023). Việc canh tác cải kale theo phương pháp truyền thống ngoài đồng đang gặp nhiều trở ngại như suy thoái đất, thu hẹp diện tích nông nghiệp và nguy cơ mất an toàn thực phẩm do dư lượng thuốc bảo vệ thực vật (Savvas & Gruda, 2018). Trong bối cảnh đó, thủy canh được xem là một giải pháp canh tác bền vững, không cần đất, tiết kiệm tài nguyên và kiểm soát tối ưu các yếu tố môi trường. Đặc biệt, việc ứng dụng thủy canh trong nhà màng cho phép nâng cao năng suất và kiểm soát dịch hại tốt hơn. Kết quả một số nghiên cứu cho thấy việc trồng rau theo phương pháp thủy canh giúp tiết kiệm đến 90% lượng nước và tăng năng suất từ 20 đến 50% so với canh tác truyền thống (Barbosa et al., 2015; Savvas & Gruda, 2018), đồng thời phù hợp với xu hướng phát triển nông nghiệp công nghệ cao và đô thị (Kozai, 2018). Cải kale và phương pháp canh tác thủy canh đều đã được công nhận về tiềm năng, tuy nhiên, việc thực hiện các nghiên cứu đánh giá mức độ thích nghi của các giống cải kale trong điều kiện thủy canh nhà màng, đặc biệt tại Việt Nam vẫn còn hạn chế. Trong khi đó, mỗi giống cải kale có thể biểu hiện khác nhau về năng suất và chất lượng trong những điều kiện canh tác khác nhau. Xuất phát từ thực tiễn đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định giống cải kale phù hợp để canh tác bằng phương pháp thủy canh trong điều kiện nhà màng.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thời gian và địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 02/2025 đến tháng 6/2025 trong điều kiện nhà màng tại Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ.

2.2. Vật liệu nghiên cứu

Năm loại hạt giống cải kale (rong biển xanh, rong biển tím, xoăn xanh, xoăn tím và xoăn xanh Việt) được cung cấp bởi công ty Hfseeds và công ty hạt giống Rạng Đông và công ty Hạt giống thế giới, các giống có đặc điểm:

– Cải kale rong biển xanh: Giống có khả năng sinh trưởng mạnh và thích nghi tốt với điều kiện

nhật độ cao. Lá có độ giòn đặc trưng, vị hơi mặn kèm cảm giác hăng nhẹ, đồng thời chứa hàm lượng khoáng chất tương đối cao so với nhiều giống kale khác.

– Cải kale rong biển tím: Đây là giống phát triển tốt trong điều kiện nhiều ánh sáng, có giá trị dinh dưỡng nổi bật. Lá mang đặc điểm gân tím với sắc độ từ tím nhạt đến tím đậm, tạo giá trị cảm quan cao.

– Cải kale xoăn xanh: Giống ưa ánh sáng mạnh và có khả năng cho thu hoạch nhiều đợt. Khi lá đạt chiều dài từ 20 đến 25 cm có thể tiến hành thu hái các lá trưởng thành phía ngoài, giữ lại phần lá non bên trong để cây tiếp tục sinh trưởng. Nếu được chăm sóc phù hợp, cây có thể cho thu hoạch kéo dài và phát triển chiều cao đến khoảng 1 m.

– Cải kale xoăn tím: Giống có lá xoăn màu tím đậm, cấu trúc lá mềm và hương vị đậm hơn nhiều giống kale tím khác. Cây thích hợp để trồng nơi có ánh sáng đầy đủ và có khả năng thu hoạch liên tục bằng cách tỉa lá ngoài trước, giữ lại lá non để duy trì sinh trưởng. Trong điều kiện chăm sóc tốt, tuổi thọ cây có thể kéo dài từ 1 đến 3 năm.

– Cải kale xoăn xanh Việt: Giống có tốc độ sinh trưởng nhanh, khả năng phát triển mạnh và cho năng suất cao. Cây thích hợp để canh tác quanh năm, lá màu xanh với dạng xoăn đặc trưng, chứa nhiều dưỡng chất, đồng thời có vị ngọt và độ giòn cao khi sử dụng.

Dinh dưỡng thủy canh thương mại trên thị trường được sử dụng trong thí nghiệm gồm 02 dung dịch A và B chứa riêng biệt. Thành phần dưỡng chất mỗi loại được công bố trên bao bì như sau: Dung dịch nhóm A có các thành phần: NO₃-N (37,51 g/L), Ca (43,54 g/L), K₂O (39,77 g/L), Fe (0,98 g/L). Dung dịch nhóm B có các thành phần: P₂O₅ (10,50 g/L), NH₄-N (2,00 g/L), S (6,68 g/L), Mg (5,00 g/L), Mn (394 ppm), B (140 ppm), Zn (100 ppm), Cu (24 ppm), Mo (20 ppm). Nồng độ được sử dụng cho thí nghiệm theo khuyến cáo của nhà sản xuất. Cụ thể, 500 mL dung dịch A và 500 mL dung dịch B được sử dụng và pha với 300 L nước.

2.3. Bố trí thí nghiệm

2.3.1. Phương pháp chuẩn bị cây giống và hệ thống thủy canh

Chuẩn bị cây giống: Hạt giống kale được gieo vào khay có chứa giá thể xơ dừa đã qua xử lý bằng vôi và ngâm xả với nước sạch. Sau 07 ngày gieo hạt (NSKG), các cây con đồng đều về kích thước và đã ra lá thật hoàn chỉnh được chọn để cấy vào rọ thủy canh chuyên dụng để bố trí vào hệ thống thủy canh.

Chuẩn bị rọ thủy canh: Rọ nhựa thủy canh có chiều cao 10 cm, đường kính miệng rọ 7 cm và đáy rọ được đục lỗ để rễ có thể đâm ra ngoài. Rọ được chuẩn bị bằng cách cho 1/2 đất sét nung ở phía dưới và 1/2 xơ dừa đã qua xử lý ở phần phía trên.

Chuẩn bị hệ thống thủy canh: Hệ thống bao gồm các thùng xốp có kích thước 50 x 37 x 30,5 cm. Trên nắp mỗi thùng xốp đều được khoan 2 lỗ để đặt vừa 2 rọ cây giống.

2.3.2. Tiến hành thí nghiệm và chăm sóc

Thí nghiệm được bố trí theo thể thức hoàn toàn ngẫu nhiên với năm nghiệm thức (tương ứng với năm giống cải kale: (1) rong biển xanh, (2) rong biển tím, (3) xoăn xanh, (4) xoăn tím và (5) xoăn xanh Việt. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 10 lần (mỗi lặp lại 1 thùng, 2 cây/thùng). Dung dịch dinh dưỡng thủy canh được cho vào mỗi thùng ngập 1/2 rọ ban đầu. Đến giai đoạn 15 NSKG, khi rễ cây phát triển

hiều, dung dịch dinh dưỡng được cung cấp ngập 1/3 rễ.

Chế độ chăm sóc: Các thông số tổng chất rắn hòa tan (TDS) và pH của dung dịch dinh dưỡng ở các nghiệm thức giống cải kale khác nhau được duy trì ổn định trong suốt thời gian thí nghiệm. Cụ thể, việc kiểm tra được thực hiện định kỳ 5 ngày/lần để đảm bảo TDS dao động từ 860 đến 910 ppm và pH từ 5,80 đến 6,50 (Bảng 1). Trong trường hợp vượt khỏi ngưỡng thì việc bổ sung hoặc thay dung dịch dinh dưỡng được tiến hành.

Thu hoạch: Thí nghiệm được theo dõi liên tục đến thời điểm 140 NSKG. Lá cải kale được bắt đầu thu hoạch từ thời điểm 50 NSKG và việc thu hoạch này được thực hiện định kỳ sau mỗi 15 ngày tiếp theo. Việc thu hoạch được thực hiện nhẹ nhàng để tránh tổn thương cây và đảm bảo để lại 7 lá trên cây (tính từ đỉnh, lá được tính là được để lại khi có chiều dài lớn hơn 3 cm).

Bảng 1. Giá trị TDS, độ pH, nhiệt độ dung dịch dinh dưỡng trong suốt thời gian thực hiện thí nghiệm

Giống cải kale	TDS (ppm)	Độ pH	Nhiệt độ dung dịch (°C)
Rong biển xanh	904±3,25	5,97±0,07	28,5±0,10
Rong biển tím	908±6,69	5,92±0,09	28,4±0,12
Xoăn xanh	909±8,57	5,93±0,06	28,5±0,25
Xoăn tím	907±6,33	5,93±0,08	28,5±0,10
Xoăn xanh Việt	910±8,37	5,99±0,16	28,4±0,15
F	ns	ns	ns
CV (%)	0,76	1,68	0,54

Ghi chú: ns: khác biệt không có ý nghĩa thống kê; giá trị theo sau “±” là độ lệch chuẩn (SD).

2.3.3. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu theo dõi

Tổng số lá thu hoạch trên cây (lá/cây) được xác định bằng cách đếm toàn bộ số lá cải kale thu được qua tất cả các lần thu hoạch. Tổng khối lượng lá trên cây (g/cây) được xác định bằng cách cân toàn bộ số lá thu được qua các lần thu hoạch bằng cân điện tử 2 số lẻ. Khối lượng trung bình lá (g/lá) được tính bằng cách lấy tổng khối lượng lá trên cây chia cho tổng số lá thu hoạch. Năng suất tổng (kg/m²) được xác định bằng cách cân toàn bộ khối lượng lá thu hoạch từ mỗi nghiệm thức qua các lần thu, sau đó quy đổi ra năng suất tính trên 1 m² (1 m² trồng 6 cây cải kale).

Hàm lượng vật chất khô (%) được xác định bằng phương pháp sấy khô. Trước tiên, 25 g mẫu tươi cải kale được cân và phơi nắng trong 2 ngày, rồi đem sấy khô ở nhiệt độ 60°C trong 48 giờ, cân khối lượng được tiến hành đến khi không đổi, sau đó cân mẫu khô và tính tỉ lệ phần trăm.

Hàm lượng xơ thô được xác định theo phương pháp CASE.NS.0019/1, hàm lượng protein tổng theo phương pháp CASE.NS.0009/1 và hàm lượng β-carotene theo phương pháp CASE.SK.0084, tại Trung tâm Dịch vụ Phân tích Thí nghiệm (CASE).

Hàm lượng các nguyên tố khoáng Ca và K được phân tích theo phương pháp NAFI6/H-6.10; hàm lượng Mg được xác định theo phương pháp NAFI6/H-6.1, tại Trung tâm Chất lượng, Chế biến và Phát triển thị trường Vùng 6.

Hàm lượng polyphenol tổng và hàm lượng flavonoid được xác định theo phương pháp của Chandra et al. (2014).

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu sau khi thu thập, phần mềm Microsoft Excel 2021 được dùng để nhập và việc xử lý thống kê được thực hiện bằng phần mềm SPSS 26.0.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

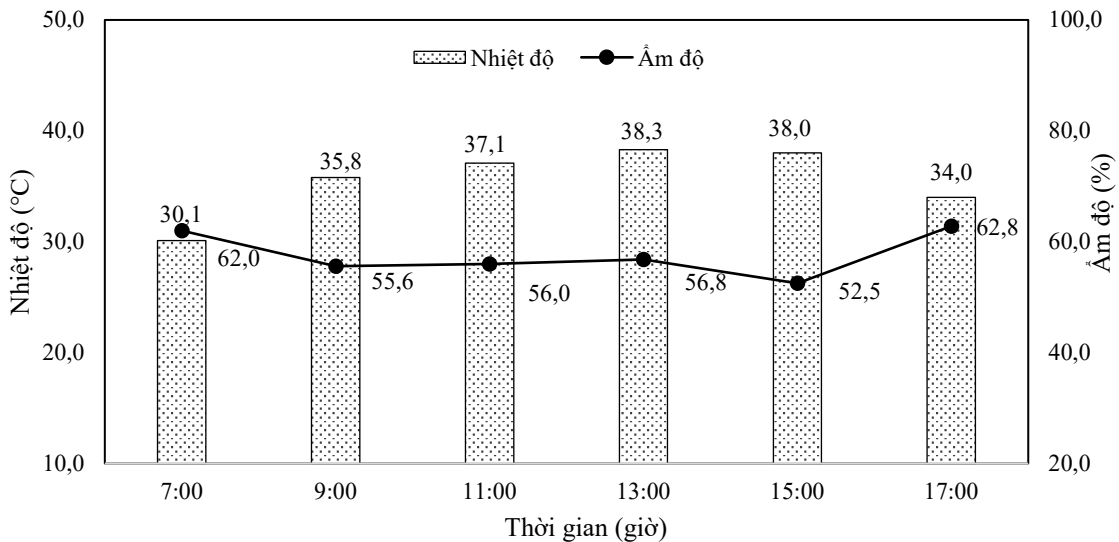
3.1. Thành phần năng suất và năng suất của năm giống cải kale thủy canh trong điều kiện nhà màng

Thí nghiệm được tiến hành trong nhà màng (vách lưới và nóc nilon). Nhiệt độ không khí trong nhà màng trong khoảng thời gian từ 11 giờ đến 15 giờ dao động từ 37,1 đến 38,3°C (Hình 1). Nhiệt độ là một trong những yếu tố môi trường then chốt, có ảnh hưởng đáng kể đến sinh trưởng và năng suất cây trồng nói chung và cải kale nói riêng (Chowdhury et al., 2021). Theo Hatfield and Prueger (2015), mỗi giống cây trồng đều có ngưỡng nhiệt độ tối ưu riêng cho quá trình sinh trưởng và phát triển. Trong điều kiện thí nghiệm, các giống cải kale rong biển tím và xoăn tím thể hiện khả năng sinh trưởng kém dưới ảnh hưởng của nền nhiệt độ cao, cho thấy khả năng chịu nhiệt hạn chế. Ngược lại, giống cải kale rong biển xanh vẫn duy trì sinh trưởng ổn định, phản ánh khả năng thích nghi tốt hơn với điều kiện nhiệt độ cao trong nhà màng. Điều này cho thấy giống rong

biển xanh có tiềm năng đạt năng suất cao hơn so với các giống còn lại.

Ngoài ra, độ ẩm không khí trong nhà màng dao động trong khoảng 52,5 - 62,8% (Hình 1). Độ ẩm là yếu tố môi trường ảnh hưởng đến cây trồng thông qua việc điều tiết quá trình thoát hơi nước và hấp thu dinh dưỡng (Chowdhury et al., 2021). Trong điều kiện kết hợp giữa nhiệt độ cao và độ ẩm tương đối thấp, sinh trưởng của cây có thể bị ức chế. Tuy nhiên, giống cải kale rong biển xanh vẫn thể hiện sinh trưởng ổn định, cho thấy khả năng thích nghi vượt trội với vi khí hậu trong nhà màng.

Từ các kết quả trên, có thể khẳng định rằng yếu tố giống đóng vai trò quan trọng trong khả năng thích nghi với điều kiện bất lợi về nhiệt độ và độ ẩm trong hệ thống thủy canh nhà màng. Việc lựa chọn giống cải kale thích nghi tốt, như giống rong biển xanh, là thích hợp nhằm đảm bảo năng suất và chất lượng cây trồng trong điều kiện khí hậu bất lợi.



Hình 1. Nhiệt độ, ẩm độ không khí qua các thời điểm trong ngày, tại nhà màng (02-06/2025)

Tổng số lá thu hoạch của năm giống cải kale khác biệt có ý nghĩa thống kê qua phân tích ($p < 0,01$) được thể hiện qua Bảng 2. Giống cải kale rong biển xanh cho tổng số lá thu hoạch cao nhất (81,8 lá/cây), khác biệt có ý nghĩa qua việc phân tích thống kê so với các giống còn lại và thấp nhất (31,8 lá/cây) là giống xoăn xanh Việt; các giống cải kale rong biển tím, xoăn xanh và xoăn tím có tổng số lá thu hoạch tương đương nhau, dao động từ 40,5 đến 43,0 lá/cây. Tổng số lá được thu hoạch là một trong những yếu tố trực tiếp cấu thành năng suất, đặc biệt

quan trọng đối với cây rau ăn lá như cải kale vì bộ phận kinh tế là lá. Giống cải kale rong biển xanh đạt tổng số lá thu hoạch cao gần 2 lần so với các giống còn lại là do đặc điểm di truyền của giống và khả năng thích nghi cao nhất trong điều kiện thủy canh, giúp cây duy trì tốc độ ra lá cao nhất ngay cả trong điều kiện nhiệt độ không khí của nhà màng cao mà các giống khác không thể. Ngược lại, tổng số lá được thu hoạch ở giống xoăn xanh Việt là thấp nhất (31,8 lá/cây), phản ánh giới hạn rõ rệt về khả năng sinh trưởng lá của giống này, đặc biệt trong điều kiện nhiệt độ cao của nhà màng (37,1 - 38,3°C). Kết

quả này phù hợp với nghiên cứu của Moradpour et al. (2021), nhiệt độ cao ở rau họ cải có thể gây hiện tượng lá hẹp, ức chế sinh trưởng lá, làm giảm năng suất và chất lượng.

Tổng khối lượng lá trên cây của năm giống cải kale khác biệt có ý nghĩa qua việc phân tích thống kê ($p < 0,01$) (Bảng 2), cao nhất (600 g/cây) ở giống rong biển xanh, kế đến là rong biển tím (285 g/cây) và thấp nhất ở xoăn xanh Việt (214 g/cây). Tổng

khối lượng lá trên cây cũng phản ánh rõ ưu thế vượt trội của giống rong biển xanh, cao gấp hơn 2 lần so với giống cao thứ hai là rong biển tím (285 g). Điều đáng chú ý là mặc dù khối lượng trung bình một lá của rong biển xanh (7,36 g) không cao tuyệt đối, nhưng khi kết hợp với tổng số lá thu hoạch vượt trội (81,8 lá/cây) dẫn đến tổng khối lượng lá trên cây thu được lớn nhất. Điều này chứng tỏ hiệu quả tích lũy sinh khối phụ thuộc đồng thời vào cả số lượng lá và khối lượng trung bình của lá.

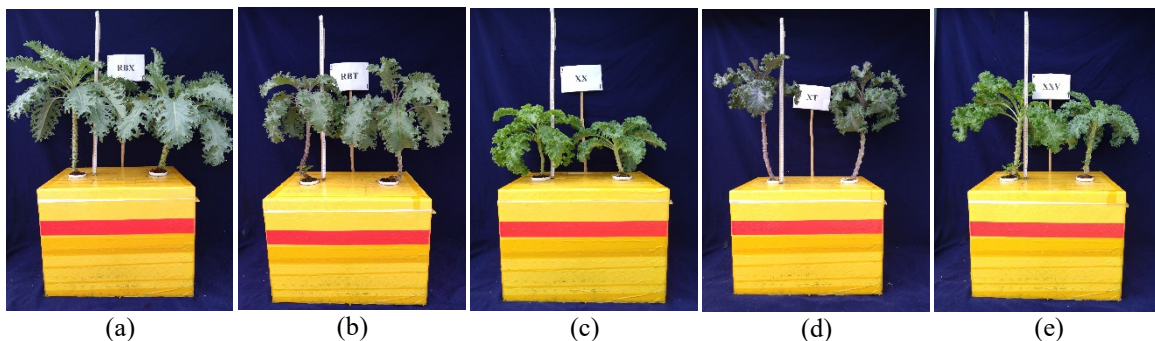
Bảng 2. Thành phần năng suất và năng suất và năng suất tổng của năm giống cải kale tại thời điểm thu hoạch

Giống cải kale	Tổng số lá thu hoạch (lá/cây)	Tổng khối lượng lá/cây (g/cây)	Khối lượng trung bình lá (g/lá)	Năng suất tổng (kg/m ²)
Rong biển xanh	81,8 ^a ±4,21	600 ^a ±24,7	7,36 ^a ±0,50	3,60 ^a ±0,15
Rong biển tím	41,3 ^b ±6,89	285 ^b ±22,3	7,05 ^a ±1,10	1,71 ^b ±0,13
Xoăn xanh	43,0 ^b ±5,26	236 ^{cd} ±35,6	5,53 ^b ±0,86	1,42 ^{cd} ±0,21
Xoăn tím	40,5 ^b ±2,98	261 ^{bc} ±30,6	6,44 ^{ab} ±0,48	1,57 ^{bc} ±0,18
Xoăn xanh Việt	31,8 ^c ±5,02	214 ^d ±36,8	6,77 ^a ±0,76	1,29 ^d ±0,22
F	**	**	**	**
CV (%)	10,6	9,56	11,7	9,48

Ghi chú: Trong cùng một cột, các số có chữ theo sau giống nhau thì khác biệt không ý nghĩa qua phân tích thống kê ở mức 5% bằng phép thử Duncan; **: khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 1%; giá trị theo sau “±” là độ lệch chuẩn (SD).

Khối lượng trung bình lá của năm giống cải kale khác biệt có ý nghĩa qua việc phân tích thống kê ($p < 0,01$) (Bảng 2), rong biển xanh, rong biển tím, xoăn tím và xoăn xanh Việt tương đương nhau (dao

động 6,44 - 7,36 g/lá) và cao hơn giống xoăn xanh (5,53 g/lá). Sự khác biệt về khối lượng trung bình lá giữa các giống là do đặc điểm riêng của từng giống (Hình 2) và điều này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Hahn et al. (2022).



Hình 2. Đặc điểm hình thái của năm giống cải kale

Ghi chú: (a) rong biển xanh, (b) rong biển tím, (c) xoăn xanh, (d) xoăn tím và (e) xoăn xanh Việt.

Năng suất tổng của năm giống cải kale khác biệt có ý nghĩa qua việc phân tích thống kê ($p < 0,01$) (Bảng 2). Năng suất tổng của giống rong biển xanh cao nhất (3,60 kg/m²), kế đến là giống rong biển tím (1,71 kg/m²) và thấp nhất là giống xoăn xanh Việt (1,29 kg/m²). Năng suất tổng là chỉ tiêu phản ánh hiệu quả của toàn bộ quá trình sinh trưởng của cây trồng trong suốt chu kỳ canh tác. Giống cải kale rong biển xanh cho năng suất cao hơn gần ba lần so với giống xoăn xanh Việt là do các yếu tố cấu thành

năng suất (tổng số lá thu hoạch và tổng khối lượng lá trên cây) có cùng khuynh hướng. Sự khác nhau về năng suất giữa các giống cũng được ghi nhận trong nghiên cứu của Korus (2011). Với khả năng tạo ra tổng số lá thu hoạch lớn trong điều kiện nhiệt độ cao, môi trường nhiệt độ vượt ngưỡng sinh trưởng trung bình của cải kale, giống rong biển xanh được xem là có tiềm năng lớn để sản xuất thủy canh trong điều kiện nhà màng.

3.2. Các chỉ tiêu về chất lượng của năm giống cải kale thủy canh trong điều kiện nhà màng

Hàm lượng vật chất khô của năm giống cải kale khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,01$) được thể hiện trong Bảng 3. Giống xoăn xanh Việt và xoăn tím cho hàm lượng vật chất khô tương đương (dao động 12,9 - 13,3%), khác biệt không ý nghĩa thống kê với giống rong biển tím (12,2%) nhưng cao hơn giống xoăn xanh và rong biển xanh (dao động 11,1 - 11,3%). Nhằm lý giải sự khác biệt này, Maciejak and Kosmala (2019) và Sikora and Bodziarczyk (2012) đều cho rằng đặc điểm di truyền giữa các giống ảnh hưởng đến hàm lượng vật chất khô. Mặc dù kết quả hàm lượng vật chất khô của năm giống cải kale có khác biệt thống kê nhưng đều phù hợp với những công trình công bố trước đây, dao động từ 13,2 đến 15,9% (Lefsrud et al., 2008), hay trung bình là 16,4% và đôi khi chỉ có 10,4% (Maciejak & Kosmala, 2019).

Hàm lượng xơ thô của năm giống cải kale cũng khác biệt có ý nghĩa thống kê (Bảng 3). Giống cải kale xoăn tím có hàm lượng xơ thô là 1,35%, cao hơn các giống cải kale còn lại, dao động từ 1,09 đến 1,17%. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Sikora and Bodziarczyk (2012), cho thấy xơ thô chủ yếu bao gồm hemicellulose không hòa tan và pectin hòa tan. Theo Maciejak and Kosmala (2019), cải kale là nguồn cung cấp chất xơ dồi dào. Kết quả của

hiều nghiên cứu đã khẳng định rằng thành phần chất xơ trong cải kale đóng vai trò quan trọng trong việc hỗ trợ sức khỏe con người, đặc biệt là trong việc giảm nguy cơ mắc các bệnh tim mạch và ung thư. Ngoài ra, việc bổ sung cải kale vào khẩu phần ăn còn có thể góp phần hạn chế tình trạng thiếu hụt vi chất dinh dưỡng và đa lượng, cũng như phòng ngừa các bệnh liên quan đến chuyển hóa như béo phì.

Đối với hàm lượng protein thô, việc phân tích thống kê cũng chỉ ra sự khác biệt có ý nghĩa giữa các giống cải kale (Bảng 3), cao nhất (3,22%) ở giống xoăn tím, nhưng khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với xoăn xanh (3,02%) và thấp nhất (2,62%) ở rong biển tím. Hàm lượng protein thô cao ở các giống cải kale xoăn tím và xoăn xanh cho thấy tiềm năng dinh dưỡng của hai giống này. Theo Lisiewska et al. (2008), protein trong cải kale được đánh giá là có chất lượng cao do chứa nhiều axit amin thiết yếu như axit glutamic, axit aspartic và proline, trong khi cysteine và methionine - hai axit amin thường bị thiếu trong protein thực vật - có hàm lượng thấp. Sự hiện diện của các axit amin thiết yếu này góp phần nâng cao giá trị sinh học của protein trong cải kale. Ngoài ra, Almeida and Rosa (1996) cũng chỉ ra rằng hàm lượng protein trong cải kale chịu ảnh hưởng mạnh bởi yếu tố giống và điều kiện canh tác. Điều này phần nào lý giải sự khác biệt về hàm lượng protein giữa các giống trong nghiên cứu hiện tại.

Bảng 3. Hàm lượng vật chất khô, xơ thô và protein thô của năm giống cải kale tại thời điểm thu hoạch

Giống cải kale	Hàm lượng vật chất khô (%)	Hàm lượng xơ thô (%)	Hàm lượng protein thô (%)
Rong biển xanh	11,3 ^b ±1,18	1,16 ^b ±0,03	2,96 ^b ±0,08
Rong biển tím	12,2 ^{ab} ±0,74	1,09 ^b ±0,04	2,62 ^c ±0,08
Xoăn xanh	11,1 ^b ±0,79	1,16 ^b ±0,07	3,02 ^{ab} ±0,22
Xoăn tím	12,9 ^a ±0,70	1,35 ^a ±0,02	3,22 ^a ±0,11
Xoăn xanh Việt	13,3 ^a ±1,48	1,17 ^b ±0,15	2,84 ^{bc} ±0,11
F	**	*	*
CV (%)	8,29	6,50	4,69

Ghi chú: Trong cùng một cột, các số có chữ theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa qua phân tích thống kê ở mức 5% bằng phép thử Duncan*; khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%; **: khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 1%; giá trị theo sau “±” là độ lệch chuẩn (SD).

Hàm lượng canxi của năm giống cải kale khác biệt có ý nghĩa qua việc phân tích thống kê được trình bày qua Bảng 4. Hàm lượng canxi của giống xoăn tím là cao nhất (3.514 mg/kg) và khác biệt không có ý nghĩa với giống cải kale rong biển tím (3.244 mg/kg). Giống rong biển xanh có hàm lượng canxi thấp nhất (2.411 mg/kg).

Tương tự, hàm lượng magie của năm giống cải kale khác biệt có ý nghĩa qua việc phân tích thống

kê được thể hiện qua Bảng 4. Giống cải kale xoăn tím cho hàm lượng magie cao nhất (1.560 mg/kg), trong khi các giống còn lại dao động từ 834 đến 1.123 mg/kg.

Hàm lượng kali của năm giống cải kale cũng khác biệt có ý nghĩa qua việc phân tích thống kê được trình bày ở Bảng 4. Giống cải kale xoăn xanh và rong biển tím đạt hàm lượng kali cao nhất lần lượt là 6.594 và 6.232 mg/kg, khác biệt không có ý nghĩa

thống kê với giống cải kale xoăn tím (5.745 mg/kg). Hàm lượng kali thấp nhất được ghi nhận ở hai giống cải kale xoăn xanh Việt và rong biển xanh (4.953 và 4.880 mg/kg).

Theo Maciejak and Kosmala (2019), cải kale là nguồn cung cấp phong phú các khoáng chất thiết yếu như kali, canxi, và magie - đóng vai trò quan trọng trong chuyển hóa dinh dưỡng và sức khỏe con người. Kết quả trong nghiên cứu này cho thấy hàm lượng canxi, magie và kali ở các giống cải kale là tương đương hoặc cao hơn so với các giá trị được

báo cáo trước đó bởi Thavarajah et al. (2016). Cụ thể, hàm lượng canxi (2.411 - 3.514 mg/kg) nằm trong khoảng 350 - 3.000 mg/kg, magie (834 - 1.560 mg/kg) cao hơn so với mức 200 - 1.000 mg/kg và kali (4.880 - 6.594 mg/kg) nằm trong khoảng dao động 1.880 - 8.730 mg/kg. Sự tương đồng và giá trị cao của các nguyên tố khoáng này cho thấy các giống cải kale trong điều kiện trồng nhà màng có khả năng duy trì thành phần khoáng chất ở mức dinh dưỡng tốt, phù hợp để sử dụng làm rau ăn lá chất lượng cao.

Bảng 4. Hàm lượng canxi, magie và kali của năm giống cải kale tại thời điểm thu hoạch

Giống cải kale	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	K (mg/kg)
Rong biển xanh	2.411 ^c ±412	834 ^b ±56,9	4.880 ^b ±377
Rong biển tím	3.244 ^{ab} ±346	1.001 ^b ±132	6.232 ^a ±739
Xoăn xanh	2.756 ^{bc} ±422	1.123 ^b ±148	6.594 ^a ±418
Xoăn tím	3.514 ^a ±283	1.560 ^a ±315	5.745 ^{ab} ±580
Xoăn xanh Việt	2.816 ^{bc} ±265	972 ^b ±140	4.953 ^b ±212
F	*	*	*
CV (%)	11,9	16,3	8,77

Ghi chú: Trong cùng một cột, các số có chữ theo sau giống nhau thì khác biệt không ý nghĩa qua phân tích thống kê ở mức 5% bằng phép thử Duncan; *: khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%; giá trị theo sau “±” là độ lệch chuẩn (SD).

Hàm lượng polyphenol tổng của năm giống cải kale khác biệt có ý nghĩa qua việc phân tích thống kê (Bảng 5). Hàm lượng polyphenol tổng của cải kale rong biển tím là cao nhất (6,40 mg GAE/g mẫu tươi), kế đến là giống cải kale rong biển xanh (5,87 mg GAE/g mẫu tươi) và thấp nhất là giống cải kale xoăn xanh Việt (3,51 mg GAE/g mẫu tươi). Theo Sikora and Bodziarczyk (2012), hàm lượng polyphenol trong cải kale chịu ảnh hưởng đáng kể bởi yếu tố loài và giống. Ngoài ra, Korus (2011) cũng ghi nhận rằng cải kale thường chứa hàm lượng polyphenol cao hơn đáng kể so với nhiều loại rau thuộc họ Cải khác. Điều này cho thấy cải kale, đặc biệt là các giống có hàm lượng cao như rong biển tím và rong biển xanh, có tiềm năng lớn về mặt giá trị chống oxy hóa và lợi ích sức khỏe.

Hàm lượng flavonoid của năm giống cải kale khác biệt có ý nghĩa qua việc phân tích thống kê (Bảng 5). Giống cải kale xoăn tím đạt hàm lượng flavonoid là cao nhất (0,210 mg QE/g mẫu tươi), trong khi giống cải kale rong biển xanh có hàm lượng flavonoid là thấp nhất (0,136 mg QE/g mẫu tươi). Sự khác biệt về hàm lượng polyphenol tổng và hàm lượng flavonoid của các năm giống cải kale có thể là do sự khác biệt về nguồn gốc và cấu trúc di truyền (Ahmed et al., 2025). Theo Kapusta-Duch et al. (2016), cải kale là loại rau có hàm lượng flavonoid cao, góp phần làm tăng khả năng chống oxy hóa và giá trị sinh học của rau. Do đó, những

giống cải kale có hàm lượng flavonoid cao như xoăn tím có thể góp phần nâng cao giá trị dinh dưỡng và hiệu quả bảo vệ sức khỏe người tiêu dùng.

Hàm lượng β-carotene của năm giống cải kale khác biệt có ý nghĩa qua phân tích thống kê (Bảng 5). Hàm lượng β-carotene cao nhất được tìm thấy ở giống cải kale rong biển tím (52,0 mg/kg) và không có sự khác biệt với giống cải kale xoăn tím (50,8 mg/kg). Kế đến là giống cải kale rong biển xanh (43,8 mg/kg), trong khi hai giống cải kale xoăn xanh và xoăn xanh Việt cho hàm lượng thấp nhất (35,8 và 30,0 mg/kg). Kết quả nghiên cứu về hàm lượng β-carotene này hoàn toàn tương đồng với phạm vi được xác định bởi Lefsrud et al., (2008), dao động từ 14 đến 56 mg/kg trong cải kale. Sự khác biệt về hàm lượng β-carotene giữa các giống cũng phù hợp với nhận định của Kopsell et al., (2004), rằng các giống cải có lá màu đậm (rong biển tím và xoăn tím - Hình 2) thường chứa hàm lượng carotenoid cao hơn đáng kể so với các giống có lá màu nhạt. Theo Gorka et al. (2021), cải kale là nguồn cung cấp dồi dào các hợp chất chống oxy hóa tự nhiên như carotenoid, tocopherol và axit ascorbic. Giá trị dinh dưỡng cao của cải kale chủ yếu đến từ các hợp chất tiền vitamin như β-carotene và lutein, cùng với hàm lượng khoáng chất thiết yếu. Vì vậy, các giống như rong biển tím và xoăn tím có thể được xem là đối tượng tiềm năng để phát triển thực phẩm chức năng hoặc rau dinh dưỡng cao.

Theo Ahmed et al. (2025), sự khác biệt về hàm lượng các hợp chất hoạt tính sinh học giữa các giống cải kale có thể bắt nguồn từ biến dị di truyền và cấu trúc di truyền khác nhau. Quá trình sinh tổng hợp các hợp chất này phụ thuộc vào mức độ biểu hiện

của các gen liên quan, vốn có thể khác biệt đáng kể giữa các giống. Điều này lý giải sự phân hóa rõ rệt về hàm lượng polyphenol, flavonoid và β -carotene trong nghiên cứu hiện tại.

Bảng 5. Hàm lượng polyphenol tổng, flavonoid và β -carotene của năm giống cải kale tại thời điểm thu hoạch

Giống cải kale	Hàm lượng polyphenol tổng (mg GAE/g mẫu tươi)	Hàm lượng flavonoid (mg QE/g mẫu tươi)	Hàm lượng β -carotene (mg/kg)
Rong biển xanh	5,87 ^b ±0,10	0,136 ^c ±0,13	43,8 ^b ±6,10
Rong biển tím	6,40 ^a ±0,03	0,180 ^c ±0,18	52,0 ^a ±3,26
Xoăn xanh	4,99 ^d ±0,01	0,193 ^b ±0,19	35,8 ^c ±2,62
Xoăn tím	5,57 ^c ±0,04	0,210 ^a ±0,21	50,8 ^{ab} ±3,36
Xoăn xanh Việt	3,51 ^e ±0,09	0,150 ^d ±0,15	30,0 ^c ±3,63
F	*	*	*
CV (%)	1,34	5,74	9,36

Ghi chú: Trong cùng một cột, các số có chữ theo sau giống nhau thì khác biệt không ý nghĩa qua phân tích thống kê ở mức 5% bằng phép thử Duncan; *: khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%; **: khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 1%; giá trị theo sau “±” là độ lệch chuẩn (SD).

4. KẾT LUẬN

Giống cải kale rong biển xanh cho năng suất cao nhất (3,60 kg/m²), tương đương 2,1 - 2,5 lần giống rong biển tím, xoăn xanh, xoăn tím và xoăn xanh

Việt. Trong khi đó, giống kale xoăn tím và kale rong biển tím nổi bật về chất lượng dinh dưỡng nhưng cho sinh trưởng và năng suất thấp hơn. Giống rong biển xanh được đề nghị sử dụng vào sản xuất bằng phương pháp thủy canh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ahmed, T. S., Saeed, A. H., Bahadeli, W. A. A., & Hamoud, A. S. (2025). Determining the amino acid, vitamin and anti-oxidant compound content of different varieties of kale. *Anbar Journal of Agricultural Sciences*, 23(1), 248–261. <https://doi.org/10.32649/ajas.2025.186618>
- Almeida, D., & Rosa, E. (1996). Protein and mineral concentration of Portuguese kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) related to soil composition. *Acta Horticulturae*, 407(1), 269–276. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1996.407.33>
- Barbosa, G. L., Almeida Gadelha, F. D., Kublik, N., Proctor, A., Reichelm, L., Weissinger, E., Wohlleb, G. M., & Halden, R. U. (2015). Comparison of land, water, and energy requirements of lettuce grown using hydroponic vs. conventional agricultural methods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(6), 6879–6891. <https://doi.org/10.3390/ijerph120606879>
- Chandra, S., Khan, S., Avula, B., Lata, H., Yang, M. H., Elsohly, M. A., & Khan, I. A. (2014). Assessment of total phenolic and flavonoid content, antioxidant properties, and yield of aeroponically and conventionally grown leafy vegetables and fruit crops: A comparative study. *Evidence-Based complementary and alternative medicine*, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2014/253875>
- Chowdhury, M., Kiraga, S., Islam, M. N., Ali, M., Reza, M. N., Lee, W. H., & Chung, S. O. (2021). Effects of temperature, relative humidity, and carbon dioxide concentration on growth and glucosinolate content of kale grown in a plant factory. *Foods*, 10(7), 1-19. <https://doi.org/10.3390/foods10071524>
- Dias, J. S. (2012). Nutritional quality and health benefits of vegetables: A review. *Food and Nutrition Sciences*, 3(10), 1354–1374. <https://doi.org/10.4236/fns.2012.310179>
- Gorka, S., Samnotra, I. R., Sanjeev Kumar, I., Moni Gupta, I., Corresponding Author, I., Samnotra, R., Kumar, S., & Gupta, M. (2021). Variability studies for vitamin C, beta carotene and total phenol content in kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) genotypes. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 10(2), 1221-1227.
- Hahn, C., Howard, N. P., & Albach, D. C. (2022). Different shades of kale - approaches to analyze kale variety interrelations. *Genes*, 13(2), 1-19. <https://doi.org/10.3390/genes13020232>
- Hatfield, J. L., & Prueger, J. H. (2015). Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*,

- 10, 4-10.
<https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>
- Kapusta-Duch, J., Kusznierevicz, B., Leszczyńska, T., & Borczak, B. (2016). Effect of conventional cooking on changes in the contents of basic composition and glucosinolates in kale. *Ecological Chemistry and Engineering A*, 4(23), 465–480.
[https://doi.org/10.2428/ecea.2016.23\(4\)31](https://doi.org/10.2428/ecea.2016.23(4)31)
- Kopsell, D. A., Kopsell, D. E., Lefsrud, M. G., Curran-Celentano, J., & Dukach, L. E. (2004). Variation in lutein, β -carotene, and chlorophyll concentrations among *Brassica oleracea* cultigens and seasons. *HortScience*, 39(2), 361-364. <https://doi.org/10.21273/hortsci.39.2.361>
- Korus, A. (2011). Level of vitamin C, polyphenols, and antioxidant and enzymatic activity in three varieties of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) at different stages of maturity. *International Journal of Food Properties*, 14(5), 1069-1080.
<https://doi.org/10.1080/10942910903580926>
- Kozai, T. (2018). *Smart plant factory: The next generation indoor vertical farms*. Springer.
- Lefsrud, M., Kopsell, D., Sams, C., Wills, J., & Both, A. J. (2008). Dry matter content and stability of carotenoids in kale and spinach during drying. *Hortscience*, 43(6), 1731-1736.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.6.1731>
- Lisiewska, Z., Kmiecik, W., & Korus, A. (2008). The amino acid composition of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), fresh and after culinary and technological processing. *Food Chemistry*, 108(2), 642-648.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.030>
- Maciejak, A., & Kosmala, M. (2019). Biotechnology and food science kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) as a source of dietary fibre. In *Biotechnol Food Sci*, 83(2), 135-141.
- Moradpour, M., Abdullah, S. N. A., & Namasivayam, P. (2021). The impact of heat stress on morpho-physiological response and expression of specific genes in the heat stress-responsive transcriptional regulatory network in brassica oleracea. *Plants*, 10(6), 1-19.
<https://doi.org/10.3390/plants10061064>
- Muojijama, S. O., Nwune, U. C., Ugo, G. O., Ezeh, M. C., & Ukwu, U. N. (2023). Growth performance, Calcium, Iron and Vitamin concentrations of two varieties of Kale (*Brassica oleracea* var *acephala*) in Awka, Southeast Nigeria. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 12(4), 723-733.
<https://doi.org/10.30486/ijrowa.2023.1979246.1591>
- Ortega-Hernández, E., Antunes-Ricardo, M., Jacobo-Velázquez, D. A., & Barba-Espín, G. (2021). Improving the health-benefits of kales (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC) through the application of controlled abiotic Stresses: a review. *Plants*, 10(2629), 1-29.
<https://doi.org/10.3390/plants>
- Satheesh, N., & Fanta, S. W. (2020). Kale: Review on nutritional composition, bio-active compounds, anti-nutritional factors, health beneficial properties and value-added products. *Cogent Food and Agriculture*, 6(1), 1-31.
<https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1811048>
- Savvas, D., & Gruda, N. (2018). Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry - A review. *European Journal of Horticultural Science*, 83(5), 280-293.
<https://doi.org/10.17660/eJHS.2018/83.5.2>
- Sikora, E., & Bodziarczyk, I. (2012). Composition and antioxidant activity of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) raw and cooked *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 11(3), 239-248.
- Thavarajah, D., Thavarajah, P., Abare, A., Basnagala, S., Lacher, C., Smith, P., & Combs, G. F. (2016). Mineral micronutrient and prebiotic carbohydrate profiles of USA-grown kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 52, 9-15.
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.07.003>