

PHÂN BÓN LÁ OLIGOCARRAGEENAN TỪ RONG SỤN – CÁC TÁC ĐỘNG ĐẾN SINH TRƯỞNG VÀ NĂNG SUẤT CÂY TRỒNG

Đến tòa soạn: 21-05-2025

Huỳnh Hoàng Như Khánh*, Trương Anh Khoa, Nguyễn Hoàng
Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
*Email: hhnkhanh@gmail.com

SUMMARY

FOLIAR FERTILIZER BASED ON OLIGOCARRAGEENAN FROM *KAPPAPHYCUS* *ALVAREZII*: EFFECTS ON PLANT GROWTH AND CROP YIELD

This study presented the results of an investigation into the effects of carbohydrate concentrations in foliar fertilizer TN06-1 on the growth, performance, yield components, and overall productivity of maize and coffee plants. The biological compound - oligocarrageenan - used as a foliar fertilizer was derived from the hydrolysis of *Kappaphycus alvarezii* algae through an enzymatic process utilizing Viscozyme L in combination with ascorbic acid as an catalyst. Solutions containing oligocarrageenan (OCs) at varying concentrations demonstrated differential impacts on plant growth and yield parameters. Specifically, a concentration of 100 ppm yielded the most favorable results for plant height, ear kernel number, and yield in maize. Conversely, for coffee plants, optimal yield and seed quality were achieved with OCs concentrations of 150 or 200 ppm. Additionally, the findings indicated that the foliar fertilizer formulation containing oligocarrageenan exerted a direct positive influence on plant health and development, as evidenced by improved nutritional balance, enhanced root system development, and increased resilience to environmental stress, ultimately leading to higher crop quality.

Keywords: TN06-1, *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty, oligocarrageenan, OCs, foliar fertilizer.

1. MỞ ĐẦU

Trong bối cảnh nền nông nghiệp Việt Nam đang đối mặt với thách thức kép là duy trì năng suất và giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường, nhu cầu về các giải pháp phân bón sinh học ngày càng trở nên cấp thiết. Theo thống kê của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường), mỗi năm Việt Nam sử dụng khoảng 11 triệu tấn phân bón vô cơ, trong đó hơn 50% có nguy cơ thất thoát ra môi trường do bón không hợp lý. Việc lạm dụng phân bón hóa học kéo dài đã dẫn đến tình trạng suy thoái đất, ô nhiễm nguồn nước và tồn dư hóa chất trong nông sản, gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe cộng đồng và chất lượng sản phẩm xuất khẩu.

Rong biển – đặc biệt là *Kappaphycus alvarezii* (rong sụn) – được nuôi trồng phổ biến tại nhiều vùng biển Việt Nam, nhưng vẫn chưa được khai thác hiệu quả cho mục đích nông nghiệp. Các chiết xuất từ rong biển đã được chứng minh có khả năng thúc đẩy sinh trưởng, tăng cường miễn dịch và cải thiện năng suất cây trồng [1,2]. Dịch chiết từ rong sụn *K. alvarezii* chứa nhiều khoáng chất, hợp chất amonium bậc bốn và các polysaccharide hoạt tính như kappa-carrageenan, vốn có thể được cắt mạch để tạo thành oligocarrageenan – một chất kích thích sinh trưởng sinh học tự nhiên [3–6].

Oligocarrageenan được biết đến với vai trò cải thiện hấp thu dinh dưỡng, thúc đẩy quá trình thụ phấn, phát triển quả và tăng

cường khả năng kháng bệnh cho cây trồng [7–9]. Các nghiên cứu trên Thế giới đã bước đầu chứng minh hiệu quả sinh học của oligocarrageenan, tuy nhiên tại Việt Nam, ứng dụng thực tế của hợp chất này – đặc biệt đối với cây ngô và cây cà phê – vẫn còn hạn chế. Cho đến nay, chưa có nhiều công bố khoa học trong nước đề cập cụ thể đến hiệu quả của oligocarrageenan đối với các loại cây trồng chủ lực này trong điều kiện canh tác địa phương.

Trong nghiên cứu này, dịch chiết oligocarrageenan tạo thành từ quá trình thủy phân carrageenan bằng enzyme Viscozyme L kết hợp với acid ascorbic được khảo sát ảnh hưởng đến sự sinh trưởng, các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất thực tế của cây ngô và cà phê. Thí nghiệm được thực hiện trong điều kiện thực địa nhằm đánh giá tiềm năng ứng dụng chế phẩm sinh học từ rong sụn trong sản xuất nông nghiệp.

Kết quả nghiên cứu được kỳ vọng sẽ đóng góp vào việc xây dựng các giải pháp phân bón sinh học nội địa hiệu quả, góp phần thay thế dần phân bón hóa học, bảo vệ tài nguyên đất và nước, đồng thời phù hợp với chiến lược phát triển nông nghiệp xanh – sạch – hữu cơ mà Việt Nam đang hướng tới trong giai đoạn chuyển đổi nông nghiệp bền vững.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu

Phân bón lá TN06-1 chứa oligocarrageenan điều chế từ rong sụn *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty theo quy trình được bảo hộ tại Bằng độc quyền Giải pháp hữu ích số 2902.

Đối tượng khảo nghiệm: cây ngô giống F1 SSC557 (sản phẩm của công ty Cổ phần giống cây trồng miền Nam), tại xã Diên Đồng, huyện Diên Khánh, tỉnh

Khánh Hòa; và cây cà phê vối (*Coffea robusta*) 15 năm tuổi tại km 59 Huyện EaKar, tỉnh Đắk Lắk.

2.2. Điều chế phân bón lá TN06-1 từ rong sụn bằng phương pháp enzyme kết hợp acid

Điều chế phân bón lá TN06-1 chứa oligocarrageenan theo quy trình đã được Cục Sở hữu trí tuệ cấp bằng độc quyền Giải pháp hữu ích số 2902 (Quyết định cấp bằng: 6915w/QĐ-SHTT, ngày 26/4/2022).

Xử lý rong bằng cách ngâm vào nước máy trong 20-30 phút, vừa ngâm vừa khuấy trộn nhằm rửa mặn và giảm bớt lượng tạp chất bám trên rong. Sau đó rong được sấy khô ở 60 °C cho đến khi đạt độ ẩm 10-15 %, rong được xay thành bột để chuẩn bị cho quá trình thủy phân. Thành phần hóa học của rong được xác định, bao gồm: carbohydrate chiếm $65,15 \pm 0,68$ %, tro $15,75 \pm 0,19$ %, độ ẩm $12,73 \pm 0,32$ %, protein $5,72 \pm 0,89$ % và lipid $0,65 \pm 0,25$ % (Tính theo tỷ lệ phần trăm (%)) trọng lượng khô; Giá trị có nghĩa $\pm$ sai số chuẩn) [10].

Hóa chất sử dụng trong nghiên cứu bao gồm acid ascorbic ($C_6H_8O_6$), Viscozyme L, H_2O_2 , KOH và một số hóa chất khác. Các hóa chất đều đảm bảo độ tinh sạch sử dụng trong phân tích.

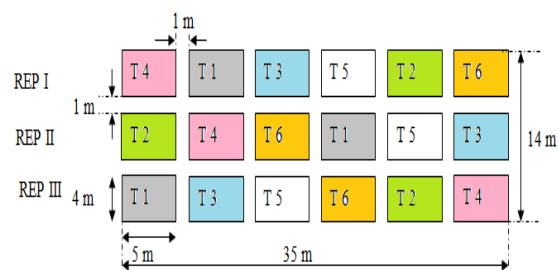
2.3. Khảo nghiệm diện hẹp trên đồng ruộng

Dung dịch oligocarrageenan (OCs) với các nồng độ carbohydrate khác nhau được sử dụng để đánh giá sự tăng trưởng, hoạt động sinh lý, các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất đối với 02 đối tượng cây trồng nêu trên.

Đối với cây ngô: Phương pháp thí nghiệm diện hẹp được thực hiện theo TCVN 12719:2019 về khảo nghiệm phân bón cho cây trồng hàng năm; kỹ thuật khảo

nghiệm thực hiện theo quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 01-56:2011/BNNPTNT. Các thiết kế khối hoàn chỉnh ngẫu nhiên với sáu nghiệm thức và ba lần lặp lại như thể hiện trong Hình 1. Một khu đất (14 m x 35 m) được chọn và chia thành ba khối bằng nhau đặt tên là Khối I, Khối II và Khối III. Mỗi khối được chia thành sáu mảnh với khoảng cách giữa hai mảnh là một mét để mỗi mảnh có diện tích 20 m² (4 m x 5 m). Sáu nghiệm thức phân bón lá chứa hoạt chất oligocarrageenan với nồng độ khác nhau được áp dụng ngẫu nhiên cho sáu ô trong mỗi lô. Mỗi ô có 68 cây được chia thành bốn hàng, sao cho mỗi hàng có 17 cây. Khoảng cách giữa các cây khoảng 0,25 m. Sáu nghiệm thức bao gồm: (CT1) chỉ phun nước (được ký hiệu là đối chứng), (CT2) phun dịch chiết phân bón OCs với nồng độ carbohydrate là 50 ppm, (CT3) OCs nồng độ 100 ppm, (CT4) OCs nồng độ 150 ppm, (CT5) OCs nồng độ 200 ppm và (CT6) OCs nồng độ 250 ppm. Liều lượng phân bón và cách chăm sóc cây trồng được thực hiện theo TT 41/2014/TT-BNNPTNT; phun ướt đều cây vào buổi sáng, chế phẩm được pha loãng 300 lần trước khi phun, liều lượng 6 L/ha cho mỗi lần phun; với 3 lần phun (Lần 1: ngô có 4-5 lá; lần 2: ngô có 7-9 lá; lần 3: ngô xoắn nõn, tức 10 đến 15 ngày trước trổ). Thời gian khảo nghiệm: vụ hè thu (gieo vào đầu tháng 4, thu hoạch vào đầu tháng 8 năm 2018) và vụ đông xuân (gieo vào đầu tháng 12, thu hoạch vào đầu tháng 4 năm 2019); các điều kiện khảo nghiệm được giữ nguyên giữa hai vụ. Khu vực khảo nghiệm có thổ nhưỡng dạng đất pha cát, khí hậu nóng ẩm quanh năm (nhiệt độ thấp nhất khoảng 21-22 °C vào tháng 1 và cao nhất đạt 32-33 °C vào tháng 5,6 trong năm; thông tin được cập nhật tại website: <https://weather-and-climate.com>). Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất hạt được đánh giá dựa trên hướng dẫn của tiêu chuẩn quốc gia

(QCVN 01-56: 2011/BNNPTNT). Hàm lượng diệp lục và carotenoid tổng số trong lá được xác định bằng phương pháp của Moran, 1982 [11] sử dụng máy quang phổ UV/VIS; Để phân tích hàm lượng NPK, bột khô của các bộ phận (lá, thân, hạt) được acid hóa bằng acid sunfuric (H₂SO₄, 98%) chứa 30% H₂O₂. Hàm lượng N trong mẫu được ước tính bằng phương pháp Kjeldahl; hàm lượng K được phân tích bằng máy quang kế ngọn lửa theo phương pháp của Cottenie và cộng sự, 1982 [12]; hàm lượng P được phân tích bằng phương pháp so màu (xanh molybden) [13].



Hình 1. Thiết kế thử nghiệm diện hẹp đối với hoạt chất sinh trưởng phân bón lá TN06-1 cho cây ngô.

Đối với cây cà phê: tiến hành theo quy phạm khảo nghiệm phân bón dạng hạt do Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn ban hành tại Thông tư số 41/2014/TT-BNNPTNT hướng dẫn một số điều của Nghị định 202/2013/NĐ-CP ngày 27/11/2013 của Chính phủ về quản lý phân bón. Bố trí các thí nghiệm đồng ruộng theo sơ đồ khối ngẫu nhiên hoàn toàn (Randomized Complete Block design), gồm 6 nghiệm thức (tương tự 6 nghiệm thức như đã trình bày ở trên đối với cây ngô), ba lần nhắc lại, mỗi diện tích ô cơ sở 180m² (mỗi ô cơ sở gồm 20 cây cà phê), toàn lô thí nghiệm đồng đều về khả năng sinh trưởng, thời gian trồng và các kỹ thuật chăm bón, thời gian thu hái. Lô thí nghiệm được bố trí theo sơ đồ khối ngẫu nhiên hoàn toàn, gồm 6 công thức, 3 lần lặp lại: 6 x 3 = 18 ô cơ sở với

tổng diện tích thử nghiệm là 3.240 m². Tiến hành phun vào sáng sớm hoặc chiều, những ngày trời khô ráo, phun ướt đều lá cây; chế phẩm được pha loãng 300 lần trước khi phun, liều lượng 6 L/ha cho mỗi lần phun; phun 4 lần (lần 1 trước khi cây ra hoa 5-7 ngày, lần 2 khi cây bắt đầu nở hoa rõ (khoảng 20 ngày sau lần 1), lần 3 cách lần 2 – 20 ngày và lần 4 cách lần 3 – 60 ngày). Thời gian thử nghiệm: từ tháng 2 năm 2018 đến tháng 12 năm 2019. Khu vực khảo nghiệm có thổ nhưỡng dạng đất xám, địa hình đồi núi, nhiệt độ trung bình khoảng 23,7 °C (thông tin được cập nhật tại website: <https://vi.wikipedia.org/>).

2.4. Xử lý số liệu

Số liệu được xử lý bằng phần mềm Excel với hệ số tương quan $R \geq 0,95$.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tác động của phân bón lá oligocarrageenan TN06-1 đối với sự sinh trưởng của cây ngô

Carbohydrate trong phân bón lá có thể hoạt động như một dạng năng lượng bổ sung, giúp cây tăng cường quang hợp, hấp thu dinh dưỡng và cải thiện sinh trưởng. Kết quả khảo nghiệm ảnh hưởng của các nồng độ carbohydrate khác nhau trong phân bón lá TN06-1 đến sự sinh trưởng của cây ngô, tiến hành trên hai vụ mùa (Hè thu và Đông xuân) được biểu diễn ở Bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của phân bón lá TN06-1 đến sự sinh trưởng của cây ngô

Công thức	Chiều cao cây (cm)	Chiều dài bắp (cm)	Đường kính bắp (cm)	Số hàng hạt/bắp	Số hạt/hàng	Số hạt/bắp
<i>Thí nghiệm 1: Vụ Hè thu, đất pha cát, Diên Khánh, Khánh Hòa</i>						
1 (ĐC)	185,30 ^a	18,12 ^a	4,61 ^a	12,4 ^b	35,0 ^a	434,8 ^a
CT2	201,60 ^c	19,14 ^b	4,76 ^b	12,6 ^b	37,8 ^b	474,5 ^b
CT3	223,50 ^e	20,34 ^e	5,03 ^d	13,2 ^d	38,2 ^b	503,2 ^c
CT4	221,40 ^e	20,18 ^e	5,00 ^d	13,2 ^d	38,0 ^b	500,7 ^c
CT5	213,70 ^d	19,74 ^d	4,96 ^d	12,8 ^c	39,4 ^c	504,1 ^c
CT6	194,40 ^b	19,44 ^c	4,87 ^c	12,4 ^a	38,4 ^b	477,0 ^b
<i>Thí nghiệm 2: Vụ Đông xuân, đất pha cát, Diên Khánh, Khánh Hòa</i>						
1 (ĐC)	156,20 ^a	16,13 ^a	3,81 ^a	10,8 ^{ab}	30,8 ^a	369,1 ^a
CT2	172,94 ^c	16,34 ^{ab}	4,00 ^{ab}	10,6 ^a	32,0 ^b	403,4 ^b
CT3	192,29 ^e	18,88 ^e	4,60 ^e	11,2 ^b	32,3 ^b	427,7 ^c
CT4	189,27 ^e	18,33 ^{de}	4,38 ^{de}	11,2 ^b	32,2 ^b	425,7 ^c
CT5	182,75 ^d	17,91 ^{cd}	4,25 ^{cd}	10,8 ^{ab}	33,6 ^c	428,5 ^c
CT6	166,30 ^b	17,13 ^{bc}	4,12 ^{bc}	10,4 ^a	32,7 ^b	405,5 ^b

Ghi chú: những công thức mang chữ ở cột chỉ số đánh giá giống nhau là giống nhau, ngược lại khác chữ là khác nhau có ý nghĩa ở mức tin cậy 95%.

Dữ liệu thu được phản ánh sự cải thiện đáng kể khả năng sinh trưởng của cây ngô khi sử dụng chế phẩm với các công thức khác nhau so với đối chứng (CT1), chiều cao cây và kích thước hạt thể hiện vượt trội tại công thức CT3 và CT 4 ở cả hai vụ mùa, mặc dù tổng năng suất ở vụ Đông xuân thấp hơn vụ Hè thu do điều kiện

mùa vụ, nhưng hiệu quả của chế phẩm vẫn rõ rệt. Kết quả này phù hợp với một số công bố trước đây trên thế giới, khả năng sinh trưởng của cây ngô thể hiện qua chiều cao cây, số hàng/bắp, khối lượng 100 hạt đạt tốt nhất khi được phun chế phẩm chứa 10% dịch chiết rong *K. alvarezii* và *Gracilaria edulis* so với các nồng độ 2,5; 5,0; 7,5 và 15% (v/v) dịch

chiết rong biển [14]; chiều cao cây, diện tích lá, trọng lượng tươi và khô của thân và rễ cây ngô khi được phun với nồng độ 20% dịch chiết rong nâu *Sargassum crassifolium* được ghi nhận đạt cao nhất so với các nồng độ thử nghiệm khác [15].

Bên cạnh các chỉ tiêu về chiều cao cây, kích thước bắp, số hạt/hàng và số hạt/bắp thì khả năng hấp thụ NPK của cây trồng thể hiện tình trạng sức khỏe, mức độ phát triển của cây, sự cân bằng dinh dưỡng, phát triển của bộ rễ và khả năng chống chịu với các điều kiện môi trường. Các kết quả nghiên cứu được báo cáo trước đây đã chứng minh dịch chiết rong biển giúp tăng hormone sinh trưởng, cải thiện khả năng quang hợp, kích thích phát triển hệ rễ, cải thiện hấp thu dinh dưỡng cũng như nâng cao khả năng chống chịu stress của cây trồng [14, 16, 17]. Trong nghiên

cứu đồng ruộng này, tác động của phân bón lá TN06-1 đến khả năng hấp thụ NPK trong các bộ phận lá, thân và rễ của cây ngô được chỉ ra tại bảng 2.

Kết quả khảo nghiệm cho thấy có một ngưỡng tối ưu về nồng độ bổ trợ của carbohydrate giúp tăng cường khả năng sinh trưởng của cây ngô như đã được quan sát trong các trường hợp ứng dụng dịch chiết rong biển trên đối tượng cây trồng cùng loại [16, 17]. Tác dụng tăng trưởng tối ưu thường được ghi nhận trong khoảng nồng độ 7 - 20% (v/v) dịch chiết rong biển [14-17], tương ứng các nghiệm thức CT3, CT4 trong nghiên cứu này, và khi nồng độ dịch chiết rong biển vượt ngưỡng có thể gây giảm hiệu quả do quá tải muối/hormone, như kết quả đã thu được tại nghiệm thức CT6 trong nghiên cứu.

Bảng 2. Ảnh hưởng của phân bón lá đến khả năng hấp thụ NPK trong các bộ phận của cây ngô

Công thức	Hấp thụ NPK (kg/ha) trong các bộ phận của cây ngô								
	Lá			Thân			Hạt		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<i>Thí nghiệm 1: Vụ Hè thu, đất pha cát, Diên Khánh, Khánh Hòa</i>									
1 (ĐC)	59,6 ^b	10,7	66,4 ^b	19,6 ^b	4,7	88,4 ^{ab}	136 ^b	108 ^b	68,4 ^b
CT2	67,1 ^b	11,4	68,6 ^b	20,1 ^b	5,4	92,6 ^{ab}	140 ^b	112 ^b	72,6 ^{ab}
CT3	72,3 ^{ab}	11,8	78,2 ^a	22,3 ^{ab}	5,8	98,2 ^{ab}	147 ^b	118 ^b	68,2 ^{ab}
CT4	82,1 ^a	12,2	80,4 ^a	26,4 ^a	5,2	118,4 ^a	170 ^a	132 ^a	78,4 ^a
CT5	79,3 ^a	11,3	68,2 ^b	19,3 ^b	4,9	88,2 ^b	148 ^b	119 ^b	70,2 ^b
CT6	61,5 ^b	10,2	66,4 ^b	18,5 ^b	4,8	86,4 ^b	145 ^b	118 ^b	69,8 ^b
<i>Thí nghiệm 2: Vụ Đông xuân, đất pha cát, Diên Khánh, Khánh Hòa</i>									
1 (ĐC)	59,6 ^b	10,7	66,4 ^b	19,6 ^b	4,7	88,4 ^{ab}	136 ^b	108 ^b	68,4 ^b
CT2	67,8 ^b	11,8	69,2 ^b	20,4 ^b	5,2	94,6 ^{ab}	143 ^b	114 ^b	68,6 ^b
CT3	83,6 ^a	12,2	83,2 ^a	26,2 ^a	5,8	117,8 ^a	173 ^a	133 ^a	78,2 ^a
CT4	78,1 ^a	11,8	78,6 ^a	22,4 ^a	5,4	92,3 ^{ab}	154 ^b	122 ^b	73,4 ^{ab}
CT5	72,3 ^{ab}	11,4	68,9 ^b	19,8 ^b	5,1	88,6 ^b	148 ^b	120 ^b	71,2 ^b
CT6	62,4 ^b	10,5	68,4 ^b	19,5 ^b	4,9	88,4 ^b	146 ^b	118 ^b	69,6 ^b

Ghi chú: những công thức mang chữ ở cột chỉ số đánh giá giống nhau là giống nhau, ngược lại khác chữ là khác nhau có ý nghĩa ở mức tin cậy 95%.

3.2. Tác động của phân bón lá oligocarrageenan TN06-1 đối với năng suất của cây ngô

Qua kết quả khảo nghiệm diện hẹp của phân bón lá TN06-1 trên cây ngô được trình bày ở Bảng 3, đối với Vụ Hè thu, mặc dù hiệu suất sử dụng (HSSD) phân bón của các công thức giảm dần từ CT1 đến CT6, tương ứng giảm dần từ 5,69 xuống còn 0,89 tạ hạt ngô khô/lít phân bón, tuy nhiên ở phần năng suất tăng so

với đối chứng thì năng suất tăng cao nhất so với đối chứng thu được ở ô có công thức CT3 là 12 tạ/ha, tương ứng tăng lên 21,41 %; và năng suất tăng thấp nhất so với đối chứng là công thức CT6 với năng suất tăng lên 5,74 tạ/ha, tương ứng với phần trăm tăng năng suất là 10,24 %. Như vậy, có thể thấy công thức CT3 của dòng phân bón TN06-1 là công thức phù hợp để phun cho cây ngô trên loại đất pha cát ở vụ Hè thu.

Bảng 3. Ảnh hưởng của phân bón lá TN06-1 thủy phân từ rong sụn *Kappaphycus alvarezii* đến các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất cây ngô

Công thức	Khối lượng hạt tươi/bấp (g)	Khối lượng hạt khô/bấp (g)	Năng suất thực (tạ/ha)	Năng suất tăng so với ĐC		HSSD phân bón (tạ hạt khô/lít PB)
				Tạ/ha	%	
Thí nghiệm 1: Vụ Hè thu, đất pha cát, Diên Khánh, Khánh Hòa						
1 (ĐC)	131,90 ^a	112,60 ^a	56,06	-	-	-
CT2	146,70 ^b	128,60 ^c	63,37	7,31	13,04	5,69
CT3	157,20 ^c	136,60 ^e	68,06	12	21,41	4,67
CT4	154,80 ^c	133,00 ^d	66,80	10,74	19,16	2,78
CT5	153,60 ^c	132,40 ^d	66,04	9,98	17,80	1,94
CT6	143,00 ^b	123,20 ^b	61,80	5,74	10,24	0,89
Thí nghiệm 2: Vụ Đông xuân, đất pha cát, Diên Khánh, Khánh Hòa						
1 (ĐC)	112,12 ^a	97,96 ^a	47,05	-	-	-
CT2	123,23 ^b	108,02 ^c	52,92	5,87	12,48	4,57
CT3	132,05 ^c	114,75 ^e	57,37	10,32	21,93	4,01
CT4	129,26 ^c	111,05 ^d	56,30	9,25	19,66	2,40
CT5	129,33 ^c	111,48 ^d	55,61	8,56	18,19	1,66
CT6	120,12 ^b	103,49 ^b	52,52	5,47	11,63	0,85

Ghi chú: Các chỉ số mũ khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Trong khi đó, ở Vụ Đông xuân năng suất tăng cao nhất so với đối chứng lại rơi vào công thức CT3 ứng với phần trăm tăng năng suất là 21,93 %, hiệu suất sử dụng (HSSD) phân bón của công thức này là 4,01 tạ hạt ngô khô/lít phân bón. Có thể đánh giá rằng, ở cùng liều lượng phân bón lá như nhau, vụ Hè thu cho hiệu suất thu hoạch hạt ngô khô tương đương so với vụ

Đông xuân, phần trăm tăng năng suất thực thu nằm trong khoảng 21 %. Các nghiệm thức CT2, CT5 đều đạt mức tăng năng suất từ 10-21% và thấp nhất ở CT6 (xấp xỉ 10%). Nivetha và cộng sự (2024) đã công bố kết quả tương tự, khi phun dịch chiết rong sụn *K. alvarezii* 20% cho cây ngô đã làm tăng năng suất lên 18-26% so với đối chứng, và khi phun 2 lần ở các

giai đoạn V3 (cây có 3 lá), V5 (cây có 5 lá) đã thu được năng suất tăng 20% cùng với sự cải thiện chlorophyll, sinh khối tươi và khô của lá cây ngô [18]. Chế phẩm chứa hàm lượng 7,5 – 15 % dịch chiết rong sụn cũng thể hiện khả năng tăng kích thước hạt tương ứng với mức tăng từ 19 đến 34% trên các loại ngũ cốc khác [19].

Dịch chiết TN06-1 với các nồng độ carbohydrate khác nhau đã có tác động đến các yếu tố sinh trưởng và phát triển của cây ngô; các hiệu ứng về năng suất, khối lượng hạt, điểm bão hòa màu và cơ chế sinh lý tương đồng với các công bố về sử dụng dịch chiết rong biển cho cây ngô cũng như các loại cây ngũ cốc khác đã được công bố. Chế phẩm trong nghiên cứu cung cấp năng lượng qua việc bổ sung carbohydrate cho cây trồng, tăng quang hợp, kích thích hormone sinh trưởng, hoạt hóa enzyme trao đổi chất và

tăng sức chống chịu stress. Cơ chế này giúp cây trồng, đặc biệt là ngô, phát triển toàn diện cả về sinh trưởng lẫn năng suất. Kết quả này khẳng định khả năng phát triển ứng dụng của chế phẩm trong thực tiễn canh tác. Mặc dù vậy, cần có những khảo sát sâu hơn về liều phun tối ưu cũng như đánh giá tác động của chế phẩm đối với hệ vi sinh vật đất để phát huy tiềm năng toàn diện hiệu quả của sản phẩm.

3.3. Tác động của phân bón lá TN06-1 đối với sinh trưởng cây cà phê

Ảnh hưởng của nồng độ chế phẩm TN06-1 đến hàm lượng các sắc tố quang hợp trong lá cà phê, khả năng sinh trưởng và phát triển của cây cà phê thể hiện thông qua chiều dài cành dự trữ, số cành khô, tốc độ ra đọt trong mùa mưa và lượng đọt trên một cành trong trung bình trong cả 2 năm thí nghiệm được tóm tắt tại Bảng 4.

Bảng 4. Ảnh hưởng của nồng độ chế phẩm đến sự sinh trưởng của cà phê

Công thức	Các chỉ tiêu theo dõi							
	Diệp lục a (mg/g lá tươi)	Diệp lục b (mg/g lá tươi)	Diệp lục tổng số (mg/g lá tươi)	Carotenoid (mg/g lá tươi)	Dài dài cành dự trữ (cm)	Tốc độ ra đọt/6 tháng (node)	Số đọt/cành (node)	Cành khô/ plant (branch)
1 (ĐC)	1,49 ^a	0,92 ^{ab}	2,42 ^a	0,83 ^a	34,94 ^a	5,12 ^a	7,61 ^a	12,33 ^d
CT2	1,53 ^b	0,92 ^a	2,46 ^a	0,86 ^b	36,42 ^b	5,51 ^b	8,16 ^b	11,33 ^c
CT3	1,77 ^d	0,95 ^b	2,78 ^c	0,91 ^c	40,40 ^d	6,00 ^c	8,30 ^c	10,23 ^{ab}
CT4	2,01 ^f	1,03 ^{cd}	3,05 ^e	1,10 ^e	42,40 ^f	6,20 ^d	8,53 ^d	9,97 ^a
CT5	1,97 ^e	1,04 ^d	3,01 ^d	1,07 ^d	41,61 ^e	6,47 ^e	8,97 ^e	10,23 ^{ab}
CT6	1,60 ^c	1,01 ^c	2,66 ^b	0,89 ^c	37,63 ^c	6,01 ^c	8,27 ^c	10,50 ^b

Ghi chú: Các chỉ số mũ khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$)

Hàm lượng diệp lục tổng và carotenoid tăng rõ rệt theo liều lượng TN06-1 và đạt cao nhất ở nghiệm thức CT4-CT5, với diệp lục tổng đạt xấp xỉ 3,05 mg/g và carotenoid 1,10 mg/g, tăng lần lượt 26% và 33% so với đối chứng CT1. Các chỉ tiêu dài cành dự trữ, tốc độ ra đọt, số đọt/cành đều tăng tốt nhất ở CT4-CT5, cho thấy chế phẩm kích thích sự tăng trưởng sinh dưỡng; trong khi chỉ tiêu cành

khô giảm tại các công thức CT3-CT6 so với đối chứng, có thể minh chứng cho việc chuyển hướng sinh trưởng từ cây mẹ sang quá trình nuôi trái. Kết quả này cũng cho thấy, chế phẩm sử dụng với công thức CT4-CT5 là liều tối ưu, giúp cây cà phê gia tăng khả năng sinh trưởng sinh dưỡng lẫn tích lũy sắc tố - phù hợp với các công dụng tăng cường quang hợp và phát triển thân cành của các thành phần trong chế phẩm. Khả năng kích thích quá trình sinh

trường cây cà phê khi sử dụng các chế phẩm chiết xuất từ rong biển cũng được công bố tại các thử nghiệm tương tự trên Thế giới, chiết xuất rong biển thương mại từ rong nâu *Ascophyllum nodosum* thể hiện khả năng tăng chiều dài cành, số đốt và năng suất cà phê, đặc biệt dưới điều kiện hạn hán của vùng trồng [20]. Kết quả đánh giá tác động của dịch chiết nanosilicon và rong biển lên cây cà phê Arabica trong điều kiện nhiệt độ vùng trồng tăng cao ($49,0 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$) đã được thử nghiệm cho thấy việc kết hợp nanosilicon và chiết xuất rong biển giúp cây giữ ổn định khả năng tổng hợp diệp lục trong điều kiện stress nhiệt, đồng thời tăng khả năng quang hợp và cân bằng khoáng [21].

3.4. Tác động của chế phẩm đến năng suất và chất lượng hạt cà phê

Chế phẩm TN06-1 đã được thử nghiệm với 6 công thức (CT1-CT6) nhằm đánh giá ảnh hưởng các nồng độ carbohydrate khác nhau đến năng suất và chất lượng hạt cà phê thông qua các chỉ tiêu: khối lượng 100 hạt tươi, năng suất hạt tươi và nhân, phân loại hạt theo kích thước (Bảng

5). Trong đó, chỉ tiêu khối lượng 100 hạt tươi phản ánh chất lượng và sự phát triển của hạt, cho thấy chỉ tiêu này tăng rõ rệt từ CT2 đến CT5, đặc biệt tại công thức CT4-CT5 đạt xấp xỉ 133,6 g, tăng gần 16% so với đối chứng, chế phẩm giúp tăng tích lũy chất khô và đồng đều kích thước hạt. Kết quả cũng cho thấy, mặc dù khối lượng 100 hạt tăng nhưng khối lượng hạt tươi/nhân giảm tương ứng khi tăng dần nồng độ carbohydrate từ CT1 đến CT4, dẫn đến năng suất tổng cao hơn so với lô không sử dụng chế phẩm (CT1).

Các nghiệm thức CT4 và CT5 cũng thể hiện hiệu quả tối ưu về cả chất lượng (cỡ hạt) và năng suất nhân cà phê. Công bố của Reginaldo và cộng sự (2019) được báo cáo khi tiến hành thử nghiệm 6 năm liên tiếp việc phun chiết xuất rong nâu *A. nodosum* đã làm tăng năng suất trung bình lên 6 - 14,7 bao (360-880 kg/ha) đối với cà phê giống Topazio (Brasil) [20] cũng ghi nhận kết quả tương ứng về tác động của dịch chiết rong biển đối với năng suất hạt cà phê.

Bảng 5. Ảnh hưởng của nồng độ chế phẩm đến chất lượng và năng suất cà phê trung bình hai năm

Công thức	Các chỉ tiêu theo dõi							Tỷ lệ tăng (%)
	Khối lượng 100 hạt tươi (g)	Khối lượng hạt tươi/nhân	Năng suất (tấn/ha)	Năng suất nhân (tấn/ha)	Trên sàng S18 (đặc biệt), (>7,1mm)	Trên sàng S16 (loại 1), (>6,3mm)	Tổng số	
1 (ĐC)	115,51 ^a	4,27 ^f	11,19 ^a	2,62 ^a	4,21 ^a	27,63 ^a	31,84	-
CT2	123,92 ^b	4,25 ^e	11,56 ^b	2,72 ^b	4,54 ^b	30,37 ^b	34,90	9,63
CT3	125,94 ^c	4,17 ^c	11,81 ^c	2,83 ^c	5,12 ^c	30,62 ^c	35,75	12,27
CT4	133,63 ^e	4,11 ^a	12,44 ^e	3,02 ^e	8,71 ^e	31,24 ^e	39,94	25,46
CT5	133,69 ^e	4,13 ^b	12,41 ^e	3,00 ^e	8,78 ^e	31,21 ^e	39,98	25,57
CT6	127,97 ^d	4,20 ^c	12,41 ^d	2,89 ^c	7,58 ^d	31,04 ^d	38,62	21,29

Ghi chú: Các chỉ số mũ khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$)

Thật vậy, nhiều công bố trong và ngoài nước đã chứng minh carbohydrate có thể thẩm thấu trực tiếp qua lá và bổ sung nguồn carbon cho cây trồng trong điều kiện stress hoặc thiếu ánh sáng, giúp duy

trì hoặc tăng cường tốc độ quang hợp và hô hấp tế bào trong tế bào mô lá, tăng hàm lượng chlorophyll và khả năng hấp thu ánh sáng, cải thiện hiệu suất trao đổi khí và dẫn truyền điện tử trong lục lạp. Các oligosaccharide còn hoạt động như

những “elicitor” giúp kích thích enzyme chuyển hóa đạm, đường và chất khoáng, giúp vận chuyển khoáng từ lá vào mạch dẫn (phloem/xylem) hiệu quả hơn, thúc đẩy sự tổng hợp các chất điều hòa sinh trưởng như auxin, cytokinin, gibberellin, tăng hoạt tính của protein vận chuyển khoáng. Nhiều nghiên cứu cho thấy carbohydrate và amino acid trong phân bón lá làm tăng hoạt tính các enzyme bảo vệ như: SOD (superoxide dismutase), catalase và peroxidase giúp cây trồng chống lại stress do nhiệt độ, khô hạn, mặn và sâu bệnh [2-4, 19-21].

4. KẾT LUẬN

Qua kết quả khảo nghiệm diện hẹp trên đồng ruộng, phân bón lá TN06-1 từ dịch chiết thủy phân rong sụn *Kappaphycus alvarezii* bằng phương pháp enzyme Viscozyme L kết hợp với xúc tác acid ascorbic đã tạo ra hoạt chất có tác động kích thích sinh trưởng và nâng cao năng suất đối với cả hai loại cây trồng được thử nghiệm là ngô và cà phê.

Các chỉ tiêu về chiều cao cây, số lượng hạt trên bắp cũng như năng suất của cây ngô khi sử dụng phân bón lá TN06-1 đều vượt trội so với đối chứng, đặc biệt trong đó công thức CT3 (tương ứng nồng độ OCs 100 ppm) cho năng suất đạt cao nhất. Kết quả khảo nghiệm ở hai vụ mùa cho thấy năng suất thu được ở cả 2 mùa đều có giá trị tương đương, chứng tỏ dòng phân bón lá TN06-1 không những nâng cao năng suất hạt khô mà còn kích thích sự phát triển của cây ngô trong điều kiện bất lợi (do vụ Đông xuân ở Diên Khánh, Khánh Hòa là mùa khô nên lượng mưa rất hạn chế, lượng nước tưới cho cây ngô thấp hơn so với vụ Hè thu).

Trong khi đó, đối với cà phê, nồng độ OCs đã có ảnh hưởng nhất định đến quá trình quang hợp, cường độ quang hợp, chiều dài cành dự trữ, tốc độ ra đọt, khối

lượng 100 quả tươi, tỉ lệ tươi/nhân và năng suất cà phê, các nồng độ OCs 150 ppm và 200 ppm (ứng với nghiệm thức CT4 và CT5) được khuyến khích lựa chọn.

Quy trình điều chế TN06-1 đơn giản, rõ ràng và hoàn toàn có khả năng cải thiện quy trình, nâng cao quy mô phục vụ sản xuất. Kết quả nghiên cứu đã góp phần định hướng cho nghề nuôi trồng rong sụn; đồng thời đã làm đa dạng hóa đầu ra cho rong sụn vốn dĩ chỉ được xuất khẩu nguyên liệu thô ra nước ngoài, góp phần tích cực trong thúc đẩy sản xuất nông nghiệp hữu cơ và bền vững. Mặc dù vậy, để phát triển khả năng ứng dụng của chế phẩm, cần có những nghiên cứu mở rộng khảo nghiệm trên các vùng sinh thái, đối với nhiều loại cây trồng khác. Tăng cường liên kết doanh nghiệp – nông dân – nhà nghiên cứu là một trong những bài toán cần giải quyết trong thời gian tới nhằm phát triển chuỗi giá trị của sản phẩm.

Lời cảm ơn: Công trình này được hỗ trợ từ nguồn kinh phí đề tài “Nghiên cứu và hoàn thiện công nghệ sản xuất chế phẩm phân bón lá sinh học giàu oligocarrageenan và phân vi sinh chức năng từ sinh khối rong sụn (*Kappaphycus alvarezii*) nhằm nâng cao hiệu quả sản xuất một số cây trồng quan trọng (Cà phê, ngô) tại các tỉnh Tây Nguyên”, mã số đề tài: TN18/C06, do TS. Phạm Trung Sản làm chủ nhiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Abad L. V., Aranilla C. T., Magsino G. L., Asis C. A. (2014). Chapter 15: Roadmap towards registration and technology transfer of radiation processed plant growth promoters/elicitors: the Philippine experience in Book: Radition processed materials in products form polymers for agricultural applications. *International Atomic Energy Agence*, 136-144.

2. Layek J., Das A., Ramkrushna G.I., Trivedi K., Yesuraj D., Chandramohan M., Kubavat D., Agarwal P.K., Ghosh A., (2015). Seaweed sap: a sustainable way to improve productivity of maize in North-East India. *International Journal of Environmental Studies*, **72**, 305–315.
3. Ghosh A., Anand V. K. G., Seth A., (2015). Life cycle impact assessment of seaweed based biostimulant production from onshore cultivated *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex Silva - is it environmentally sustainable. *Algal Research*, **12**, 513–521.
4. Trivedi K., Anand G. V. K., Kubavat D., Kumar R., Vaghela P., Ghosh A., (2017). Crop stage selection is vital to elicit optimal response of maize to seaweed bio-stimulant application. *Journal of Applied Phycology*, **29**(4), 2135-2144.
5. Hayashi L., Reiss RP., (2012). Cultivation of the red alga *Kappaphycus alvarezii* in Brazil and its pharmacological potential. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, **22**, 748–752.
6. Khambhaty Y., Mody K., Gandhi M.R., Thampy S., Maiti P., Brahmbhatt H., Eswaran K., Ghosh P.K., (2012). *Kappaphycus alvarezii* as a source of bioethanol. *Bioresource Technology*, **103**, 180–185.
7. Rajasulochana P., Krishnamoorthy P., Dhamotharan R., (2012). An Investigation on the evaluation of heavy metals in *Kappaphycus alvarezii*. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, **4**(6), 3224-3228.
8. Zodape S. T., Mukherjee S., Reddy M.P., Chaudhary D.R., (2009). Effect of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex silva. extract on grain quality, yield and some yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) *International Journal of Plant Production*, **3**(2), 97-101.
9. Campo V. L., Kawano D. F., Silva Jr D. B. da, and Carvalho I., (2009). Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis – A review. *Carbohydrate Polymer*, **77**(2), 167-180
10. Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers P.A., and Smith, F., (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, **28**, 350-356.
11. Moran, R., (1982). Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with N,N-dimethylformamide. *Plant Physiology*, **69**, 1376.
12. Cottenie, A., Verloo, M. & Kiekens, L., (1982). Chemical Analysis of Plants and Soils. *Gent: RUG. Laboratory of Analytical and Agrochemistry*, 63.
13. Chapman, H.D. & Pratt, P.F., (1962). Methods of analysis for soils, plants and waters. *Soil Sciences*, **93**, 68.
14. Basavaraja, P. K., Yogenda, N.D., Zodape, S. T., Prakash., R., Ghost., A. (2018). Effect of seaweed sap as foliar spray on growth and yeild of hybrid maize. *Journal of Plant Nutrion*, **41**(14), 1851-1861.
15. Sutharsan, S., Nishanthi, S., Srikrishnah, S., (2017). Effects of seaweed (*Sargassum crassifolium*) extract foliar application on seedling performance of Zea mays L. *Research Journal of Agriculture & Forestry Sciences*, **5**(4), 1-5.
16. Ertani A, Francioso O, Tinti A, Schiavon M, Pizzeghello D and Nardi S, (2018). Evaluation of seaweed extracts from *Laminaria* and *Ascophyllum nodosum* spp. as biostimulants in *Zea mays* L. using a combination of chemical, biochemical and morphological approaches. *Frontier in Plant Sciences*, **9**, 428.
17. Kumari Shivani, Tzudir Lanunola, Gohain T., Singh A.P., Nongmaithem D., Yadav Rekha, Kikon Noyingthung, Dutta Manoj (2025). Response of sweet corn (*Zea*

- mays saccharata* L.) to varying tillage methods and seaweed bio-stimulant application. *Indian Journal of Agricultural Research*, **59(1)**, 50-55.
18. Nivetha N, Shukla PS, Nori SS, Kumar S, Suryanarayan S. (2024). A red seaweed *Kappaphycus alvarezii*-based biostimulant (AgroGain®) improves the growth of *Zea mays* and impacts agricultural sustainability by beneficially priming rhizosphere soil microbial community. *Frontier in Microbiology*, **2(15)**, 1330237.
19. El Boukhari MEM, Barakate M, Bouhia Y, Lyamlouli K., (2020). Trends in seaweed extract based biostimulants: Manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems. *Plants*, **9(3)**, 359.
20. Reginaldo, Saldanha Lílían, Broetto Fernando, Fernandes André, Bettini, M.O. (2019). Effect of seaweed extract formulation on coffee plants at different irrigation levels. *Asian Academic Research Journal of Multidisciplinary*, **6**, 60-74.
21. Chandon Ekkachak, Nualkhao Patchawee, Vibulkeaw Metee, Tisarum Rujira, Samphumphuang Thapanee, Sun Jianqiang, Cha-um Suriyan & Yooyongwech, Suravoot., (2024). Mitigating excessive heat in Arabica coffee using nanosilicon and seaweed extract to enhance element homeostasis and photosynthetic recovery. *BMC Plant Biology*, **24(1)**, 10.1186/s12870-024-05784-0.