

THIẾT KẾ VÀ THỰC NGHIỆM MÔ HÌNH TRỒNG CÂY BẰNG PHƯƠNG PHÁP KHÍ CANH, MÔ HÌNH TRỒNG CÂY - NUÔI CÁ (AQUAPONICS) TRONG DẠY HỌC MÔN CÔNG NGHỆ VÀ MÔN SINH HỌC LỚP 10

Nguyễn Tất Thắng⁺,
Lê Thị Kim Thư,
Bùi Thị Hải Yến,
Hoàng Xuân Anh

Học viện Nông nghiệp Việt Nam
+Tác giả liên hệ • Email: nguyentatthang@vnua.edu.vn

Article history

Received: 30/6/2025

Accepted: 10/7/2025

Published: 05/10/2025

Keywords

STEM models, STEM
education, Aeroponic
Cultivation Model,
Aquaponics Model, grade 10
Technology, grade 10
Biology

ABSTRACT

In the context of general education reform towards developing students' qualities and competence, STEM education is becoming an essential trend to link theory to practice, especially in subjects such as Technology and Biology. However, many high schools still lack highly integrated visualised and practical models to effectively organize STEM lessons. This article presents the design and experimental results of two STEM models in the agricultural sector: the aeroponics model and the aquaponics model, applied in teaching Technology 10 and Biology 10 at two high schools in Bac Ninh province through a survey of 30 teachers and 60 students after the experiment to evaluate the feasibility of the models. The initial results show that both the teachers and students highly appreciated the feasibility and effectiveness of the models, and also proposed a number of measures to improve the quality of STEM lessons. The study contributes to providing a practical basis and model for effective implementation of STEM education in general schools, especially in linking theory with practice and developing students' competence.

1. Mở đầu

Trong giáo dục STEM, việc tạo ra sản phẩm trong dạy học là điểm khác biệt đối với các hình thức dạy học truyền thống trước đây. Sản phẩm được tạo ra trong hoạt động học tập của HS đã giúp cho HS phát triển các năng lực công nghệ, năng lực chung, đặc biệt là năng lực giải quyết vấn đề sáng tạo. Đây là năng lực được Chương trình giáo dục phổ thông 2018 đặc biệt chú trọng (Bộ GD-ĐT, 2018). Bộ GD-ĐT (2020) đã chỉ đạo xây dựng tiến trình bài học STEM theo 5 hoạt động: (1) Xác định vấn đề; (2) Nghiên cứu kiến thức nền và đề xuất giải pháp; (3) Lựa chọn giải pháp; (4) Chế tạo mẫu, thử nghiệm và đánh giá; (5) Chia sẻ, thảo luận, điều chỉnh. Nhiều nghiên cứu của các nhà khoa học cũng đã chỉ ra quy trình học tập phỏng theo chu trình STEM, HS sẽ được tham gia các hoạt động theo hướng “trải nghiệm” việc phát hiện và giải quyết vấn đề trong quá trình học tập, kiến thức khoa học gắn liền với ứng dụng của chúng trong thực tiễn, từ đó HS phát triển năng lực cần có để đáp ứng được những đòi hỏi của sự phát triển KH-CN trong cuộc Cách mạng công nghiệp 4.0 (Bộ GD-ĐT, 2019; Li et al., 2019; Ku et al., 2025).

Để giúp HS tiếp cận với mô hình học tập trải nghiệm từ lý thuyết đến thực hành tạo sản phẩm, bài báo đã thiết kế 02 mô hình: mô hình trồng cây bằng phương pháp khí canh và mô hình trồng cây - nuôi cá (Aquaponics) trong dạy học Sinh học 10, Công nghệ 10. Từ bản thiết kế, chúng tôi xây dựng 02 mô hình và dạy thực nghiệm tại 02 trường THPT ở tỉnh Bắc Ninh nhằm đánh giá tính khả thi và hiệu quả của các mô hình thử nghiệm. Nghiên cứu này sử dụng một số phương pháp nghiên cứu trong khoa học giáo dục như: (1) Phương pháp nghiên cứu lý thuyết; (2) Phương pháp khảo sát; (3) Phương pháp thực nghiệm sư phạm; (4) Phương pháp thống kê toán học: Sử dụng công cụ SPSS.26 để xử lý, phân tích, đánh giá định lượng kết quả điều tra, phân tích định lượng qua các phép thống kê tần suất (tỉ lệ %), mean (điểm trung bình), độ tin cậy Cronbach's Alpha, nhân tố khám phá EFA.

2. Kết quả nghiên cứu

2.1. Một số khái niệm cơ bản

“Khí canh” là phương pháp trồng cây trong môi trường không có đất, trong đó rễ cây được treo lơ lửng trong không khí và được phun sương bằng dung dịch nước giàu dinh dưỡng (Garzón et al., 2023). Nhờ vào những bụi thể dinh dưỡng, rễ cây hấp thụ và nuôi dưỡng cây sinh trưởng, phát triển. Nguyên tắc cơ bản của phương pháp trồng khí

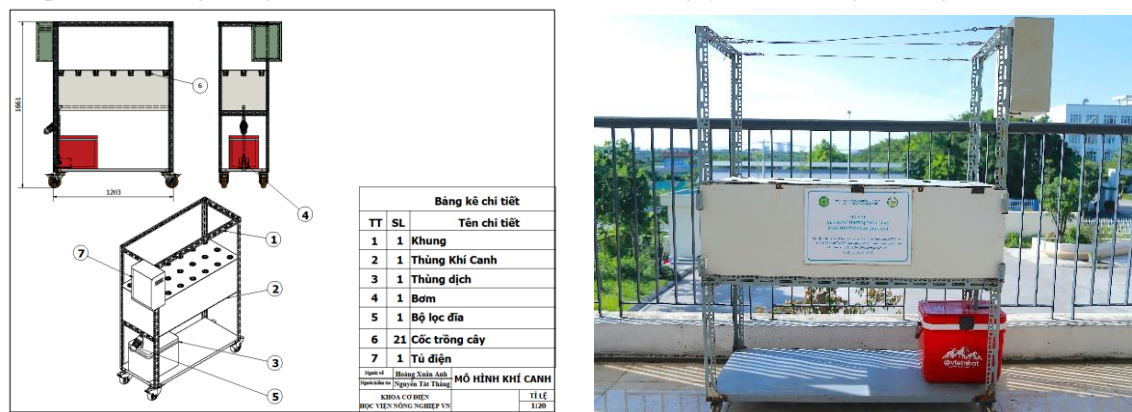
canh là trồng cây treo trong môi trường kín hoặc bán kín bằng cách phun dung dịch nước giàu dinh dưỡng dạng phun sương hoặc dạng phun sương vào rễ cây rủ xuống và thân dưới của cây. Lá và tán cây, thường được gọi là tán cây, vươn lên phía trên. Rễ cây được ngăn cách bằng cấu trúc hỗ trợ cây. Thông thường, bọt ô kín được nén xung quanh thân dưới và đưa vào một lỗ trong buồng khí canh, giúp giảm công sức và chi phí; đối với những cây lớn hơn, giàn được sử dụng để treo trọng lượng của thảm thực vật và quả. Phương pháp này tạo môi trường được giữ sạch sâu bệnh để cây có thể phát triển khỏe mạnh và nhanh hơn so với cây được trồng trong môi trường (Kumari & Kumar, 2019).

“Trồng cây - nuôi cá” (Aquaponics) là một hệ thống trồng trọt công nghệ cao tích hợp giữa nuôi trồng thủy sản tuần hoàn (recirculatory aquaculture system) và thủy canh (hydroponics) để sản xuất đồng thời cá và cây trồng trong cùng một hệ thống tái sử dụng nước. Nước thải từ bể nuôi cá chứa các chất thải giàu dinh dưỡng (chủ yếu là amoniac và nitrit) được vi khuẩn chuyển hóa thành nitrat - một chất dinh dưỡng hữu ích cho cây trồng. Rễ cây hấp thụ nitrat này, giúp làm sạch nước trước khi quay trở lại bể cá (Okomoda et al., 2023; Wang et al., 2024). Trồng cây - nuôi cá không chỉ là sự kết hợp giữa hai hệ thống (thủy canh và nuôi trồng thủy sản tuần hoàn), mà còn là một mô hình nông nghiệp tuần hoàn và bền vững, sử dụng hiệu quả tài nguyên nước, giảm ô nhiễm môi trường và tăng năng suất trên cùng đơn vị diện tích (Okomoda et al., 2023).

2.2. Thiết kế mô hình trồng cây bằng phương pháp khí canh, mô hình trồng cây - nuôi cá (Aquaponics)

2.2.1. Thiết kế mô hình trồng cây bằng phương pháp khí canh

Nhu cầu trồng cây không dùng đất là một hướng đi mới cho các gia đình cũng như đối với các trang trại sản xuất sản phẩm nông nghiệp sạch, an toàn. Mô hình trồng cây bằng phương pháp khí canh là một trong những phương pháp đang được nhiều hộ gia đình, doanh nghiệp quan tâm, mong muốn áp dụng để trồng cây (đặc biệt là rau ăn lá, rau ăn quả thân leo,...) nhằm cung cấp nguồn thực phẩm tươi lành, đáp ứng nhu cầu trực tiếp của gia đình hoặc kinh doanh. Đây là hệ thống trồng trọt công nghệ cao, trong đó rễ cây được treo lơ lửng trong không khí và được tưới dung dịch dinh dưỡng dạng sương mù. Phương pháp này giúp cây hấp thụ chất dinh dưỡng hiệu quả hơn, tiết kiệm nước và phân bón, đồng thời giảm thiểu sự xuất hiện của sâu bệnh (Nguyễn Tất Thắng và cộng sự, 2022).



Hình 1. Bản vẽ và mô hình trồng cây bằng phương pháp khí canh (Nguồn: Nhóm tác giả đề xuất)

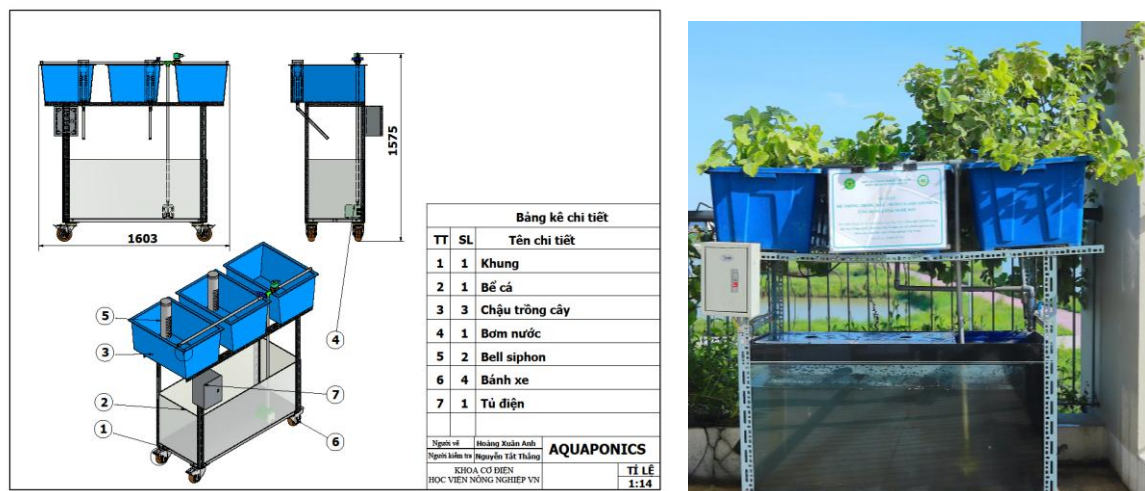
Về cấu tạo, hệ thống khí canh gồm ba phần: Thùng dung dịch: là nơi chứa dung dịch dinh dưỡng cho cây; Máng trồng cây: là bộ phận đỡ cây; Hệ thống phun sương gồm có: bơm, bộ lọc, đường ống dẫn, vòi phun sương. Hệ thống thường được thiết kế đồng bộ với bộ hẹn giờ hoặc bộ điều khiển. Về nguyên lý hoạt động: Hệ thống khí canh hoạt động theo nguyên lý tự động, khép kín, tuần hoàn. Bơm đẩy dung dịch trong thùng chứa vào đường ống, qua vòi phun vào không khí tạo hơi sương, nơi có rễ cây. Một phần sương bám trên bề mặt rễ, phần còn lại rơi xuống máng thu và được đưa trở lại bể chứa.

Qua việc nghiên cứu, thiết kế và trải nghiệm mô hình, HS sẽ vận dụng được các kiến thức: Bài 21: Công nghệ trồng cây không đất, Bài 19: Lập kế hoạch và tính toán chi phí trồng trọt, Môn Công nghệ 10 - Công nghệ trồng trọt; Bài 19: Giới thiệu về chất hữu cơ, Môn Khoa học tự nhiên 9; kiến thức về thiết kế kỹ thuật, kỹ thuật điện - môn Công nghệ 8, môn Công nghệ 10 - Thiết kế và công nghệ (bộ sách Cánh Diều),... vào việc thiết kế và xây dựng các mô hình giáo dục STEM.

2.2.2. Thiết kế mô hình trồng cây - nuôi cá (Aquaponics)

Mô hình hệ thống trồng cây - nuôi cá, hay còn gọi là mô hình Aquaponics, vừa có thể cho sản phẩm sau thu hoạch có năng suất cao mà lại đảm bảo an toàn thực phẩm, vừa có thể tận dụng tối đa nguồn nước trong trồng trọt và nuôi

cá, bảo vệ môi trường (Trần Thị Ngọc Bích và Ngô Thị Diễm Hương, 2015). Mô hình Aquaponics là sự kết hợp giữa nuôi trồng thủy sản và thủy canh trồng rau sạch. Hệ thống thủy canh này diễn ra trong môi trường khép kín kết hợp với sự tham gia của các hệ sinh vật. Ở mô hình này, việc trồng rau sẽ không cần đất hay phân bón mà rau lấy chất dinh dưỡng từ nước trong bể nuôi cá để sinh trưởng và phát triển. Đồng thời, môi trường nước nuôi cá cũng sẽ được làm sạch nhờ việc trồng rau.



Hình 2. Bản vẽ và mô hình trồng cây - nuôi cá (Aquaponics) (Nguồn: Nhóm tác giả đề xuất)

Về cấu tạo, hệ thống aquaponics gồm: Khung; Bể nuôi cá; Chậu trồng cây; Hệ thống tuần hoàn nước: bơm, bộ lọc, đường ống dẫn, vòi khóa, van điện từ, timer. Nguyên lý hoạt động: Nước có chứa chất thải của cá từ bể cá thông qua máy bơm nước, ống dẫn được chảy vào các khay trồng cây, rễ cây hấp thụ chất dinh dưỡng từ nước bể cá, trả lại nước sạch xuống bể nuôi cá. Nguyên lý vận hành tuần hoàn của hệ thống Aquaponics cho phép cây, cá và vi sinh vật cộng sinh để phát triển, cung cấp nguồn thực phẩm rau xanh và cá sạch cho con người.

Qua việc nghiên cứu, thiết kế và trải nghiệm mô hình STEM, HS sẽ vận dụng được các kiến thức: Bài 21: Công nghệ trồng cây không đất; Bài 19: Lập kế hoạch và tính toán chi phí trồng trọt, bài 6: Ứng dụng công nghệ cao trong sản xuất một số giá thể trồng cây; Bài 3: Mối quan hệ giữa cây trồng và các yếu tố chính trong trồng trọt, môn Công nghệ 10 - Công nghệ trồng trọt; kiến thức về thiết kế và công nghệ trong môn Công nghệ 8 và Công nghệ 10 - Thiết kế và công nghệ; Bài 19 - Giới thiệu về chất hữu cơ, Môn Khoa học tự nhiên 9; kiến thức về sinh trưởng và phát triển của thực vật trong môn Khoa học tự nhiên, môn Sinh học,... vào việc thiết kế và xây dựng các mô hình giáo dục STEM.

2.3. Kết quả khảo sát thực nghiệm

2.3.1. Đánh giá về sự thay đổi của học sinh sau khi học xong bài học với 02 mô hình STEM

Đánh giá tính khả thi và hiệu quả của các mô hình STEM: Mô hình trồng cây bằng phương pháp khí canh, mô hình trồng cây - nuôi cá, chúng tôi tiến hành thực nghiệm dạy học hai chủ đề sử dụng các mô hình đã thiết kế tại Trường THPT Thuận Thành 1 và Trường THPT Thuận Thành 2 thuộc tỉnh Bắc Ninh. Sau khi xử lý số liệu, chúng tôi thu được kết quả như sau:

Bảng 1. Kết quả đánh giá của HS, phân tích độ tin cậy thang đo (Cronbach's Alpha)

Các thay đổi	Mã hóa	N	Min	Max	Mean	Số hạng	STD	Hệ số tương quan biến tổng	Cronbach's Alpha nếu biến bị loại
Em cảm thấy hứng thú với bài học	TD1	60	4	5	4.85	3	0.36	0.579	0.917
Em cảm thấy tích cực khi học bài học	TD2	60	3	5	4.76	7	0.46	0.535	0.918

Em cảm thấy nội dung bài học phù hợp với năng lực của bản thân và gần với thực tế	TD3	60	3	5	4.73	8	0.51	0.664	0.914
Em thích thực hiện các hoạt động trong bài học	TD4	60	4	5	4.88	1	0.32	0.499	0.919
Em hiểu bài và biết vận dụng kiến thức vào thực tiễn	TD5	60	4	5	4.73	8	0.44	0.794	0.910
Em được thực hành nhiều hơn so với các tiết học thông thường	TD6	60	3	5	4.83	4	0.41	0.560	0.917
Em thấy bài học giúp phát triển khả năng phát hiện và giải quyết vấn đề	TD7	60	3	5	4.81	5	0.43	0.631	0.915
Em thấy bài học giúp phát triển tư duy sáng tạo	TD7	60	3	5	4.83	4	0.45	0.563	0.917
Em có cơ hội trình bày ý tưởng của mình	TD8	60	2	5	4.65	12	0.65	0.758	0.911
Em có cơ hội thảo luận về chủ đề bài học	TD9	60	4	5	4.80	6	0.40	0.702	0.913
Em có cơ hội phát triển kỹ năng tìm kiếm thông tin và khái quát thông tin	TD11	60	3	5	4.68	11	0.56	0.750	0.910
Em được trao đổi, giao tiếp và hợp tác với bạn bè tốt hơn	TD12	60	4	5	4.86	2	0.34	0.206	0.925
Em có cơ hội áp dụng kiến thức Công nghệ 10, Sinh học 10 để giải thích các hiện tượng thực tiễn	TD13	60	3	5	4.65	12	0.60	0.712	0.912
Em cảm thấy yêu thích đọc môn Công nghệ 10, Sinh học 10 hơn	TD14	60	3	5	4.70	10	0.53	0.746	0.911
Em muốn tiếp tục được học các chủ đề mới về Công nghệ 10, Sinh học 10	TD15	60	3	5	4.71	9	0.52	0.732	0.911

(Nguồn: kết quả nghiên cứu của tác giả, SPSS.26)

Kết quả bảng 1 với điểm trung bình (ĐTB) rất cao (ĐTB=4.65-4.88, STD=0.32-0.65) về các sự thay đổi của HS. HS lựa chọn ở mức độ “*Rất đồng ý*” và “*Đồng ý*” là chủ yếu. Khi xếp hạng các thay đổi của HS sau khi học xong bài dạy với 02 mô hình STEM, chúng tôi thấy có 03 sự thay đổi HS lựa chọn với ĐTB rất cao trên 4.85 (TD1, TD4, TD12). Điều này chứng tỏ các mô hình STEM đã tạo được sức hấp dẫn đối với các em HS. Các mô hình đã cho thấy tính ứng dụng rất cao và đặc biệt HS tại các trường thực nghiệm có cơ hội được trải nghiệm, tham quan, khám phá các mô hình thực tế. Vì thế, khi học xong các tiết học STEM, HS tại các trường thực nghiệm đã có những sự thay đổi như TD1 với ĐTB=4.85; bài dạy STEM được tổ chức với nhiều hoạt động phong phú, đa dạng nên TD4 với ĐTB=4.88; vì bài học được tổ chức với nhiều hoạt động khác nhau, đặc biệt là những hoạt động tăng cường rèn luyện kỹ năng của HS nên trong tiết dạy STEM, TD12 với ĐTB=4.86.

Các mô hình STEM được đưa trực tiếp tới lớp học nên HS có nhiều thời gian quan sát, nghiên cứu mô hình. Trong quá trình dạy thực nghiệm, HS được tham gia quan sát mô hình, trình bày lại cấu tạo và nguyên lý hoạt động của mô hình đã quan sát; đề xuất cấu trúc và cách vận hành mô hình của nhóm thiết kế, được thảo luận nhóm trình bày ý tưởng về xây dựng các mô hình nông nghiệp công nghệ cao như trên phù hợp với thực tế ở gia đình, nhà trường,... nên với TD6 được HS lựa chọn nhiều điểm xếp hạng 4 với ĐTB=4.83 và TD8 cũng xếp hạng 4 với ĐTB=4.83. Ngoài ra, các thay đổi khác sau khi học xong bài học STEM cũng được HS lựa chọn ở mức “*Đồng ý*” và “*Rất đồng ý*” cũng rất cao với ĐTB=4.65-4.80. Điều này chứng tỏ rằng, khi thực nghiệm các mô hình STEM đã

thiết kế trong dạy học môn Công nghệ 10, Sinh học lớp 10, chúng tôi thấy được sự thay đổi của HS từ nhận thức về môn học, thay đổi các kỹ năng của bản thân như sáng tạo, trình bày, giải quyết vấn đề,... cho tới những hoạt động HS đã thực hiện tại lớp học khi được học với mô hình giáo dục STEM.

Kết quả đánh giá độ tin cậy thông qua hệ số Cronbach's Alpha của thang đo gồm 15 biến quan sát là 0.92 nằm trong khoảng [0.6 - 0.95] và không có hệ số tương quan biến tổng nào dưới 0.3 nên các biến quan sát đủ tin cậy đưa vào phân tích nhân tố khám phá EFA.

Bảng 2. Kết quả kiểm định KMO và Bartlett's Test

TT	Chỉ tiêu		Giá trị
1	Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy		0,740
2	Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	626.882
		df	105
		Sig.	0,000

(Nguồn: Kết quả nghiên cứu của tác giả, SPSS.26)

Phân tích nhân tố khám phá, kết quả kiểm tra có hệ số KMO (Kaiser - Meyer - Olkin) = 0,740, thỏa mãn điều kiện $0,5 < KMO < 1$ và $Sig = 0,000 < 0,05$ cho thấy mức ý nghĩa của tập hợp dữ liệu đưa vào phân tích nhân tố cao, các biến quan sát có tương quan tuyến tính với nhân tố đại diện, chứng tỏ mô hình phân tích nhân tố phù hợp cho dữ liệu điều tra của nghiên cứu. Kiểm định Bartlett's có $Sig. = 0,000 (0,05)$, cho thấy các biến quan sát trong nghiên cứu có tương quan tuyến tính với nhân tố đại diện. Tổng phương sai giải thích là 67,196% > 50% (phân tích EFA đạt yêu cầu).

2.3.2. Đánh giá tính khả thi và hiệu quả trong dạy học môn Công nghệ 10, Sinh học lớp 10 của giáo viên

Bảng 3. Đánh giá tính hiệu quả sử dụng 2 mô hình STEM trong dạy học môn Sinh học, Công nghệ 10

Tính hiệu quả	Mức độ (tỉ lệ %)					ĐTB	STD	Số hạng
	Rất đồng ý	Đồng ý	Phân vân	Không đồng ý	Rất không đồng ý			
Phù hợp để giáo dục STEM trong môn Sinh học 10, Công nghệ 10	40.00	46.67	13.33	0	0	4.27	0.69	3
Phù hợp với năng lực HS, nội dung môn học	36.67	60.00	3.33	0	0	4.33	0.54	1
Đáp ứng được yêu cầu cần đạt của môn học	36.67	56.66	6.67	0	0	4.30	0.59	2

(Nguồn: Kết quả nghiên cứu của tác giả, SPSS.26)

Kết quả bảng 3 cho thấy, 2 mô hình STEM được GV đánh giá có tính phù hợp với năng lực HS. Kết quả đánh giá độ tin cậy thông qua hệ số Cronbach's Alpha của thang đo biến quan sát là 0.739 nằm trong khoảng [0.6 - 0.95] và không có hệ số tương quan biến tổng nào dưới 0.3 nên các biến quan sát đủ tin cậy. Phân tích nhân tố khám phá, kết quả kiểm tra có hệ số KMO (Kaiser - Meyer - Olkin) = 0,597, thỏa mãn điều kiện $0,5 < KMO < 1$ và $Sig = 0,000 < 0,05$ cho thấy mức ý nghĩa của tập hợp dữ liệu đưa vào phân tích nhân tố cao, các biến quan sát có tương quan tuyến tính với nhân tố đại diện, chứng tỏ mô hình phân tích nhân tố phù hợp cho dữ liệu điều tra của nghiên cứu. Kiểm định Bartlett's có $Sig. = 0,000 (0,05)$, cho thấy các biến quan sát trong nghiên cứu có tương quan tuyến tính với nhân tố đại diện. Tổng phương sai giải thích là 66.163% > 50% (phân tích EFA đạt yêu cầu).

2.3.3. Một số đề xuất của giáo viên và học sinh nhằm nâng cao chất lượng bài học STEM

Để nâng cao chất lượng bài học STEM, chúng tôi khảo sát ý kiến GV và HS tại các trường THPT thực nghiệm về các tiêu chí: nội dung, hình thức tổ chức, phương pháp tổ chức và đánh giá kết quả. Kết quả như sau:

- *Về phía GV:* Đối với nội dung bài học, GV cho rằng cần có thêm bản hướng dẫn cụ thể về các loại cây trồng và vật nuôi, thủy sản có thể nuôi/trồng bằng phương pháp khí canh và thủy canh. Về hình thức tổ chức và phương pháp tổ chức, GV cũng mong muốn các tiết dạy STEM được tổ chức với các hình thức dạy học đa dạng, phong phú như tổ chức trên lớp, ngoại khóa, trải nghiệm thực tiễn cho HS. Về đánh giá kết quả, GV cho biết bài dạy STEM đã đạt được mục tiêu phát triển năng lực HS, đã thiết kế và sử dụng một số mô hình trồng trọt công nghệ cao để nghiên cứu. Tuy nhiên, do chưa có nhiều thời gian nên HS mới xây dựng được sơ đồ khối sản phẩm STEM, nên dành thêm thời

gian để HS hoàn thiện sản phẩm thực tiễn mô hình STEM. GV mong muốn cần nhiều thời gian hơn để tổ chức bài dạy STEM.

- *Về phía HS*: Đối với nội dung bài học, HS mong muốn có nhiều thời gian hơn để nghiên cứu đầy đủ nội dung lý thuyết để khi được thực hành trên mô hình khí canh, thủy canh các em sẽ hiểu kỹ hơn nội dung bài học. Từ đó, HS sẽ thấy bài học hay hơn và thú vị hơn. HS cũng mong muốn có thêm bản hướng dẫn cụ thể, chi tiết hơn nữa để trải nghiệm được trọn vẹn hơn. Về phương pháp tổ chức, HS mong muốn GV nên sử dụng nhiều phương pháp dạy học tích cực để HS tăng tính tò mò, muốn tìm hiểu hơn nữa nội dung bài học và mô hình STEM. Về đánh giá kết quả, HS cho biết bài học STEM được tổ chức mang lại hiệu quả rất lớn, giúp các em vận dụng được kiến thức vào thực tiễn và thấy được nhiều giá trị của mô hình STEM trong cuộc sống. HS mong nhà trường có thể tổ chức cho HS trải nghiệm nhiều mô hình STEM, nhiều bài học STEM hơn nữa.

3. Kết luận

Bài báo đã trình bày cấu tạo, nguyên lý hoạt động, bản thiết kế và sản phẩm của 2 mô hình STEM về trồng trọt công nghệ cao: trồng cây bằng phương pháp khí canh, mô hình trồng cây - nuôi cá để dạy học Công nghệ 10, Sinh học 10. Kết quả thực nghiệm cho thấy GV và HS đều đánh giá rất cao tính hiệu quả của 02 mô hình STEM. HS hứng thú trong học tập; trao đổi, giao tiếp và hợp tác với bạn tốt hơn; được thực hành nhiều hơn so với tiết học thông thường; phát triển tư duy sáng tạo, kỹ năng trình bày, giải quyết vấn đề,... Mô hình STEM phù hợp với nội dung môn học, năng lực HS, phù hợp để giáo dục STEM trong dạy học Công nghệ 10, Sinh học 10. Từ đề xuất của GV và HS, chúng tôi cho rằng, để nâng cao hiệu quả dạy học, GV cần tiếp tục hướng dẫn cụ thể hơn về mô hình STEM; thiết kế và tổ chức cho HS trải nghiệm nhiều mô hình STEM, nhiều bài học STEM với hình thức đa dạng, phương pháp dạy học tích cực; đồng thời dành thời gian để HS nghiên cứu lý thuyết, hoàn thiện sản phẩm mô hình STEM nhằm phát triển năng lực của HS.

Tài liệu tham khảo

- Bộ GD-ĐT (2018). *Tài liệu hội thảo: Định hướng giáo dục STEM trong trường trung học*. Chương trình phát triển giáo dục trung học giai đoạn 2.
- Bộ GD-ĐT (2019). *Tài liệu tập huấn xây dựng và thực hiện các chủ đề giáo dục STEM trong trường trung học*. Chương trình phát triển giáo dục trung học giai đoạn 2.
- Bộ GD-ĐT (2020). *Công văn số 3089/BGDĐT-GDTrH ngày 14/8/2020 về việc triển khai thực hiện giáo dục STEM trong giáo dục trung học*.
- Garzón, J., Montes, L., Garzón, J., & Lampropoulos, G. (2023). Systematic Review of Technology in Aeroponics: Introducing the Rechnology Adoption and Tntegration in Sustainable Agriculture model. *Agronomy*, 13(10), 2517. <https://doi.org/10.3390/agronomy13102517>
- Ku, C. J., Lin, K. Y., Kwon, H., & Kelley, T. R. (2025). A Six-Stage Instructional Design Model for Collaborative Implementation of Integrated STEM Education. *Journal of Technology Education*, 36(2), 25-60. <https://doi.org/10.21061/jte.v36i2.a.3>
- Kumari, R., & Kumar, R. (2019). Aeroponics: A review on modern Agriculture Technology. *Indian Farmer*, 6(4), 286-292.
- Li, H., Xie, G., Zheng, Y., Zhong, J., Yu, S., & Zhan, Z. (2019). *Research on a STEM Teaching Model in High School-Take Bridge Design and Construction" as a Case*. In 2019 International Symposium on Educational Technology (ISET) (pp. 191-195). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISET.2019.00047>
- Nguyễn Tất Thắng (tổng chủ biên), Trần Thị Minh Hằng (chủ biên), Vũ Thanh Hải, Nguyễn Công Ước, Bùi Thị Hải Yến (2022). *Công nghệ trồng trọt, Công nghệ 10*. NXB Đại học Huế.
- Okomoda, V. T., Oladimeji, S. A., Solomon, S. G., Olufeagba, S. O., Ogah, S. I., & Ikhwanuddin, M. (2023). Aquaponics production system: A review of historical perspective, opportunities, and challenges of its adoption. *Food Science & Nutrition*, 11(3), 1157-1165.
- Trần Thị Ngọc Bích, Ngô Thị Diễm Hương (2015). *Aquaponic: Mô hình nuôi cá kết hợp trồng rau*. Dự án Thích ứng biến đổi khí hậu vùng Đồng bằng sông Cửu Long tại tỉnh Trà Vinh (AMD Trà Vinh), 04(quý II).
- Wang, Y., Yang, Y., & Lu, J. (2024). A Review of Aquaponics: Concept, Current Situation and Development. *International Journal of Agriculture and Natural Resources*, 51(3), 140-156. <https://doi.org/10.7764/ijanr.v51i3.2554>