

TRƯỜNG ĐẠI HỌC HOA LƯ
KHOA SƯ PHẠM TRUNG HỌC

BÁO CÁO KẾT QUẢ THỰC HIỆN
ĐỀ TÀI NGHIÊN CỨU KHOA HỌC SINH VIÊN

NGHIÊN CỨU XỬ LÝ GIÁ THỂ
SAU TRỒNG DƯA CHUỘT ĐỂ TRỒNG RAU CẢI MÀM
TẠI VƯỜN TRƯỜNG ĐẠI HỌC HOA LƯ

Chủ nhiệm đề tài: VŨ HỒNG NGỌC

Lớp: D15KHTN

Ngành: SƯ PHẠM KHOA HỌC TỰ NHIÊN

NINH BÌNH, 2025

TRƯỜNG ĐẠI HỌC HOA LƯ
KHOA SƯ PHẠM TRUNG HỌC

BÁO CÁO KẾT QUẢ THỰC HIỆN
ĐỀ TÀI NGHIÊN CỨU KHOA HỌC SINH VIÊN

NGHIÊN CỨU XỬ LÝ GIÁ THỂ
SAU TRỒNG DƯA CHUỘT ĐỂ TRỒNG RAU CẢI MÀM
TẠI VƯỜN TRƯỜNG ĐẠI HỌC HOA LƯ

Chủ nhiệm đề tài: VŨ HỒNG NGỌC

Các thành viên: VŨ THỊ HIÊN

Lớp: D15KHTN

Người hướng dẫn khoa học: TS. LÊ THỊ TÂM

Xác nhận của GV hướng dẫn

Chủ nhiệm đề tài

TS. Lê Thị Tâm

Vũ Hồng Ngọc

NINH BÌNH, 2025

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	vii
1. Tổng quan tình hình nghiên cứu	vii
2. Tính cấp thiết của đề tài	ix
3. Mục tiêu nghiên cứu.....	xi
4. Nhiệm vụ nghiên cứu	xi
5. Đối tượng nghiên cứu.....	xi
6. Phạm vi nghiên cứu.....	xi
7. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu	xi
CHƯƠNG 1: CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ THỰC TIỄN CỦA ĐỀ TÀI	1
1.1. Xử lý giá thể sau trồng dưa chuột để trồng rau cải mầm trắng.....	1
1.1.1. Khái niệm của giá thể và vai trò của giá thể	1
1.1.1.1. Khái niệm	1
1.1.1.2. Vai trò.....	1
1.1.2. Đặc điểm giá thể sau trồng dưa chuột.....	3
1.1.2.1. Suy giảm dinh dưỡng	3
1.1.2.2. Nguy cơ tồn dư mầm bệnh.....	4
1.1.2.3. Thay đổi tính chất vật lý (độ xốp, ẩm, thoát nước).....	4
1.1.3. Các biện pháp xử lý giá thể.....	4
1.1.3.1. Cơ học	4
1.1.3.2. Hóa học, sinh học	5
1.1.3.3. Cải tạo dinh dưỡng	5
1.1.3.4. Khả năng tái sử dụng.....	6
1.2. Đặc điểm của chế phẩm	6
1.2.1. Khái niệm chế phẩm sinh học	6
1.2.2. Một số chế phẩm sinh học.....	6

1.2.2.1. Giới thiệu chế phẩm Trichoderma	6
1.2.2.2. Giới thiệu chế phẩm EMUNIV	9
1.3. Đặc điểm sinh học của rau cải mầm trắng	14
1.3.1. Đặc điểm sinh học	14
1.3.1.1. Hình thái, đặc điểm phát triển giai đoạn mầm	14
1.3.1.2. Yêu cầu sinh thái	17
1.3.2. Giá trị dinh dưỡng của rau cải mầm trắng	18
CHƯƠNG 2: THỰC NGHIỆM	21
2.1. Bố trí thí nghiệm	21
2.1.1. Thí nghiệm 1: Xử lý giá thể sau trồng dưa chuột	21
2.1.2. Thí nghiệm 2: Trồng rau cải mầm trắng	22
2.2. Theo dõi thí nghiệm và thu thập số liệu	23
2.2.1. Phương pháp theo dõi và thu thập số liệu từ thí nghiệm xử lý giá thể	23
2.2.2. Phương pháp theo dõi và thu thập số liệu về các chỉ tiêu sinh trưởng và năng suất của rau mầm	23
CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN	25
3.1. Đánh giá một số chỉ tiêu của giá thể sau xử lý từ các công thức xử lý giá thể sau trồng dưa	25
3.1.1. Diễn biến chiều cao đóng ủ trong quá trình xử lý giá thể	25
3.1.2. Diễn biến nhiệt độ trong quá trình xử lý giá thể	27
3.1.3. Thay đổi các chỉ tiêu hóa lý của giá thể sau xử lý	29
3.2. Các chỉ tiêu sinh trưởng và năng suất của rau cải mầm	33
3.2.1. Tỷ lệ nảy mầm của hạt	33
3.2.2. Chiều cao cây mầm và thời gian thu hoạch	34
3.2.2.1. Chiều cao cây mầm	34
3.2.2.2. Thời gian thu hoạch	35

3.2.3. Năng suất tươi và khả năng tích lũy chất khô rau cải mầm trắng trên từng giá thể.....	36
3.2.4. Tình trạng bệnh hại và khả năng bảo quản	39
3.2.4.1. Tình trạng bệnh hại	39
3.2.4.2. Khả năng bảo quản.....	41
3.3. Thảo luận chung	44
3.4. Khả năng kết hợp các chế phẩm trong xử lý giá thể.....	44
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	51

PHỤ LỤC

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1. Sơ đồ bố trí thí nghiệm 4 giá thể.....	21
Bảng 2.2. Sơ đồ bố trí thí nghiệm trồng rau cải mầm trắng	22
Bảng 3.1. Diễn biến chiều cao đồng ủ trong quá trình xử lý giá thể	25
Bảng 3.2. Diễn biến nhiệt độ trong quá trình xử lý giá thể.....	27
Bảng 3.3. Diễn biến độ pH trong quá trình xử lý giá thể.....	29
Bảng 3.4. Diễn biến độ ẩm trong quá trình xử lý giá thể.....	31
Bảng 3.5. Tỷ lệ nảy mầm của rau mầm cải trắng trên các giá thể.....	33
Bảng 3.6. Chiều cao trung bình cây rau mầm cải trắng sau gieo....ngày.....	34
Bảng 3.7. Thời gian thu hoạch rau cải mầm trắng trên từng giá thể	35
Bảng 3.8. Năng suất tươi và khả năng tích lũy chất khô của rau cải mầm trắng trên từng giá thể.....	36
Bảng 3.9. Tình trạng bệnh hại của rau mầm trắng trên từng giá thể	39
Bảng 3.10. Khả năng bảo quản rau cải mầm trắng trên từng giá thể.....	41

DANH MỤC HÌNH ẢNH, BIỂU ĐỒ

Hình 1.1. Giá thể trồng dưa chuột tại Vườn trường Đại học Hoa Lư.....	1
Biểu đồ 3.1. Diễn biến chiều cao đồng ủ trong quá trình xử lý giá thể	26
Biểu đồ 3.2. Diễn biến nhiệt độ trong quá trình xử lý giá thể	28
Biểu đồ 3.3. Diễn biến độ pH trong quá trình xử lý giá thể.....	30
Biểu đồ 3.4. Diễn biến độ ẩm trong quá trình xử lý giá thể.....	32
Biểu đồ 3.5. Tỷ lệ nảy mầm của rau mầm cải trắng trên các giá thể.....	33
Biểu đồ 3.6. Chiều cao trung bình cây rau cải mầm trắng.....	34
Biểu đồ 3.7. Năng suất tươi của rau cải mầm trắng.....	36
Biểu đồ 3.8. Khả năng tích lũy chất khô của rau cải mầm trắng	37
Biểu đồ 3.9. Tỷ lệ chất khô của rau cải mầm trắng qua từng giá thể	38
Biểu đồ 3.10. Tình trạng bệnh hại của rau cải mầm trắng trên từng giá thể ..	39

DANH MỤC VIẾT TẮT

STT	Kí hiệu	Chữ viết tắt
1	GT	Giá thể
2	GT1	Giá thể 1 – Giá thể đối chứng
3	GT2	Giá thể 2
4	GT3	Giá thể 3
5	GT4	Giá thể 4
6	R1	Rau 1
7	R2	Rau 2
8	R3	Rau 3
9	R4	Rau 4
10	LSD	Sai khác nhỏ nhất có ý nghĩa
11	CV%	Sai số của thí nghiệm

MỞ ĐẦU

1. Tổng quan tình hình nghiên cứu

Trên thế giới, các nước, vùng lãnh thổ đã sản xuất và tiêu thụ rau mầm mạnh nhất gồm: Nhật Bản, Hàn Quốc, Trung Quốc, Đài Loan, Mỹ, Úc và Canada [2, 3]. Ở Việt Nam, nghề trồng rau mầm chỉ thực sự phát triển trong vòng khoảng mười năm trở lại đây nhưng đã mang lại lợi nhuận cao cho người trồng cũng như các cơ sở kinh doanh. Nhiều công ty lớn, nhiều vùng sản xuất rau mầm sạch đã được hình thành chuyên sản xuất và cung cấp rau mầm cho các siêu thị, trường học, khách sạn, nhà hàng, ... Hiện nay, vấn đề GT trồng rau mầm đang là vấn đề quan tâm của những người, những cơ sở trồng rau mầm.

Việt Nam là một nước nông nghiệp lâu đời nên có nguồn phế phụ phẩm nông nghiệp rất dồi dào, vì vậy từ khi xu thế trồng rau mầm trở nên phổ biến ở nước ta thì đã có nhiều nghiên cứu được thực hiện liên quan đến việc xử lý phế phụ phẩm nông nghiệp để làm GT trồng rau mầm. Một số nguyên liệu phổ biến hay được sử dụng để làm GT trồng rau mầm như mụn xơ dừa, rơm rạ, trấu, vỏ lạc; hoặc nghiên cứu xử lý phế phụ phẩm trồng nấm làm GT hữu cơ trồng rau an toàn. ...[3,9,11]. Tuy nhiên, hướng nghiên cứu này số lượng còn hạn chế. Chủ yếu là các công trình nghiên cứu tập trung nghiên cứu xử lý bã thải trồng rau mầm (bã thải rau mầm) để tái sử dụng, một số nơi đem trộn bã thải với vôi sau đó tận dụng để làm GT trồng thủy canh hoặc trồng cây ăn quả [4]. Theo nghiên cứu của Nguyen và cộng sự (cs), bã thải rau mầm cùng với vỏ hạt và phần thân, rễ bị thải bỏ của cây rau mầm lại chứa một lượng chất hữu cơ khá dồi dào (76,36%) và một lượng dinh dưỡng đáng kể (N 0,51%, P₂O₅ 0,52%, K₂O 0,56%) [5]. Bã thải này cũng có độ xốp và độ trữ ẩm cao lại không tồn dư hóa chất bảo vệ thực vật nên nếu được nghiên cứu và xử lý tốt thì sản phẩm thu được hoàn toàn có thể tái sử dụng để trồng rau an toàn. Theo tìm hiểu của nhóm tác giả, hiện vẫn chưa có nhiều nghiên cứu ở Việt Nam và trên thế giới về phương pháp xử lý để tái sử dụng lại bã thải rau mầm, cũng như phản ứng của cây trồng đối với các sản phẩm xử lý. Nguyen

và cs (2020) đã đưa ra các phương pháp xử lý bã thải rau mầm để tạo ra phân compost bằng cách phối trộn bã thải rau mầm với các phế phụ phẩm nông nghiệp khác như rơm rạ, phân bò, thân cây họ đậu, bổ sung chế phẩm vi sinh COMPOST MAKER rồi ủ hiếu khí có đảo trộn trong 63 ngày. Phân compost tạo ra có chất lượng đáp ứng quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về phân bón ($\text{pH} > 5$, $\text{C/N } 12,06 - 12,51$, $\text{OM } 29,72 - 55,44\% > 20\%$, không bị ô nhiễm bởi Pb, Cd, As, không phát hiện thấy vi khuẩn E. Coli, Salmonella). Phân compost cũng an toàn khi sử dụng đối với cây trồng (chỉ số nảy mầm của hạt $\text{GI} \geq 80\%$) [5]. Trong một nghiên cứu khác, Nguyen và cs (2021) đã đề xuất xử lý bã thải rau mầm bằng cách trộn cùng vỏ đỗ xanh rồi ủ cùng chế phẩm vi sinh BIMA trong 21 ngày, sau đó thông qua test thử độc tính tổng hợp đối với thực vật, tính toán được hệ số nảy mầm của hạt $\text{GI} > 80\%$ đã khẳng định sản phẩm tạo ra rất an toàn, có hàm lượng dinh dưỡng cao ($\text{OM } 58,70\%$, $\text{N } 1,16\%$, $\text{P}_2\text{O}_5 0,86\%$, $\text{K}_2\text{O } 0,98\%$), không bị ô nhiễm bởi kim loại nặng Pb, Cd, As và vi khuẩn E. Coli, Salmonella, GT sau xử lý được khuyến cáo sử dụng để tiếp tục trồng rau mầm [6]. AbdElmoniem và cs (2004) [7] đã tiến hành thí nghiệm so sánh phản ứng của cây trồng trên GT được tái sử dụng lại và trên GT nguyên bản, kết quả cho thấy sự giảm năng suất (1,3-1,5 lần) và giảm chất lượng của cây trồng ở trên GT được tái sử dụng. Một nghiên cứu khác của Fernandes và cs (2007) lại cho thấy không có sự khác biệt đáng kể về năng suất và chất lượng của cây trồng trên GT nguyên bản và GT được tái sử dụng lại [8].

Như vậy, các nghiên cứu trên chỉ dừng lại ở việc tạo ra GT để trồng rau mầm, đánh giá năng suất rau mầm, nghiên cứu về xử lý bã thải rau mầm để tái sử dụng lại nhưng hướng nghiên cứu về xử lý GT sau trồng dưa nói riêng và trồng các loại cây trồng khác trong nhà màng để tái sử dụng trồng rau mầm thì chưa được nghiên cứu cụ thể.

Từ năm 2023, Trường Đại học Hoa Lư đã đầu tư khu nhà màng thực nghiệm, là nơi trải nghiệm, thực hành cho giảng viên và sinh viên của nhà trường. Sau hai đến ba vụ trồng dưa (dưa lưới, dưa chuột), GT không thể tái xử lý để tiếp tục trồng dưa. Do đó, nhóm nghiên cứu đề xuất trồng rau mầm

để tránh lãng phí GT, đồng thời sử dụng hiệu quả khu Vườn thực nghiệm sinh học cũ (được xây dựng từ năm 2010) – bị thiếu ánh sáng, chỉ phù hợp với trồng rau mầm.

Xuất phát từ thực tế trên, nhóm tác giả tiến hành thực hiện đề tài **“Nghiên cứu xử lý giá thể sau trồng dưa chuột để trồng rau cải mầm tại Vườn trường Đại học Hoa Lu”**.

2. Tính cấp thiết của đề tài

Trong bối cảnh toàn cầu đang đối mặt với những thách thức về an ninh lương thực, bảo vệ môi trường và phát triển bền vững, việc tìm kiếm các giải pháp nông nghiệp hiệu quả, thân thiện với môi trường ngày càng trở nên quan trọng và cấp thiết.

Rau mầm là món ăn khá phổ biến hiện nay. Chúng mang lại giá trị dinh dưỡng cao, các nhà khoa học ước tính cứ 50g rau mầm có giá trị dinh dưỡng bằng 200g rau thường [12]. Rau mầm được đánh giá là một trong những loại thực phẩm có giá trị dinh dưỡng cao. Với lượng vitamin B phong phú, rau mầm giúp ngăn cản sự sản xuất dư thừa bã nhờn, hình thành làn da khỏe mạnh. Hơn nữa, rau mầm còn có khả năng làm sáng màu da, cải thiện vết nám do tuổi tác. Vitamin C trong rau mầm thúc đẩy sản xuất collagen, giúp cho làn da khỏe và tươi trẻ hơn, có tính đàn hồi tốt hơn. Rau mầm có chứa silica - một chất dinh dưỡng mà cơ thể cần để xây dựng và tái tạo các mô liên kết của da. Nó loại bỏ chất độc từ cơ thể xâm nhập máu khiến cho da sần bì, không còn sức sống [12].

Ngoài ra, rau mầm còn chứa hàm lượng axit béo omega-3 cao, rất hữu ích để giảm viêm, giảm nguy cơ mụn trứng cá và các vấn đề về da như ngứa hay ban đỏ. Với hàm lượng lớn vitamin, khoáng chất, enzyme, và chất chống oxy hóa, rau mầm không chỉ cung cấp nguồn dinh dưỡng dồi dào mà còn có tác dụng hỗ trợ sức khỏe, phòng ngừa bệnh tật. Đặc biệt, rau mầm còn nổi bật với thời gian sinh trưởng ngắn, không yêu cầu nhiều không gian trồng và dễ dàng chăm sóc, phù hợp với xu hướng phát triển nông nghiệp đô thị và nông nghiệp bền vững. Trong bối cảnh nhu cầu tiêu dùng thực phẩm sạch, an toàn và giàu

đinh dưỡng ngày càng tăng cao, việc phát triển sản xuất rau mầm đang trở thành một xu thế tất yếu, góp phần nâng cao chất lượng cuộc sống và đáp ứng nhu cầu thực phẩm của xã hội.

Bên cạnh đó, việc xử lý GT sau khi trồng cây trong nhà màng nói chung, sau trồng dưa chuột nói riêng cũng đặt ra nhiều vấn đề cần quan tâm. GT sau trồng, nếu không được xử lý đúng cách để tái sử dụng, có thể trở thành nguồn rác thải gây ô nhiễm môi trường, làm tăng nguy cơ lây lan mầm bệnh và ảnh hưởng xấu đến hệ sinh thái. Tuy nhiên, GT này vẫn chứa hàm lượng dinh dưỡng và đặc tính vật lý tốt, có thể tái sử dụng trong các mô hình nông nghiệp, đặc biệt là trồng rau mầm. Việc tận dụng GT sau trồng không chỉ giúp giảm thiểu lượng rác thải, tiết kiệm chi phí sản xuất mà còn góp phần xây dựng mô hình nông nghiệp tuần hoàn, thân thiện với môi trường. Điều này phù hợp với mục tiêu phát triển bền vững và các chính sách khuyến khích tái sử dụng tài nguyên trong nông nghiệp hiện nay.

Tại Vườn trường Đại học Hoa Lu, điều kiện thực tế về cơ sở vật chất, không gian và nguồn nhân lực tạo nền tảng thuận lợi để triển khai các mô hình nông nghiệp thực nghiệm. Vườn trường không chỉ là nơi nghiên cứu, giảng dạy mà còn là môi trường ứng dụng lý thuyết vào thực tiễn, giúp sinh viên tiếp cận các phương pháp sản xuất nông nghiệp hiện đại và bền vững. Việc áp dụng mô hình trồng rau mầm trên GT sau trồng dưa chuột không chỉ mang lại lợi ích kinh tế mà còn có ý nghĩa giáo dục sâu sắc, giúp sinh viên rèn luyện kỹ năng thực hành, tư duy sáng tạo và nhận thức rõ hơn về trách nhiệm bảo vệ môi trường. Đồng thời, mô hình này cũng góp phần tận dụng hiệu quả nguồn tài nguyên sẵn có tại vườn trường, giảm thiểu lãng phí và hướng đến xây dựng mô hình sản xuất xanh, hiện đại.

Từ những lý do trên, nhóm tác giả đề xuất đề tài **“Nghiên cứu xử lý giá thể sau trồng dưa chuột để trồng rau cải mầm tại Vườn trường Đại học Hoa Lu”** nhằm mục tiêu thử nghiệm một số phương pháp xử lý GT sau trồng dưa chuột để sản xuất GT hữu cơ sạch tái sử dụng cho trồng rau mầm an toàn. Kết quả nghiên cứu của đề tài có thể giúp ích cho những người làm

nghề trồng rau mầm và các cơ sở sản xuất kinh doanh rau mầm trong định hướng xử lý và tận dụng nguồn bã thải để tạo ra sản phẩm phục vụ cho sản xuất nông nghiệp sạch, góp phần giải quyết vấn đề về chất thải sản xuất cho địa phương.

3. Mục tiêu nghiên cứu

Nghiên cứu xử lý GT sau trồng dưa chuột để trồng rau cải mầm tại vườn Trường Đại học Hoa Lư.

4. Nhiệm vụ nghiên cứu

- Tổng hợp tổng quan tình hình nghiên cứu liên quan đến đề tài.
- Tổng hợp cơ sở lý thuyết về quy trình xử lý GT sau trồng cây nói chung và sau trồng dưa chuột nói riêng; lý thuyết về kỹ thuật trồng rau cải mầm.
- Bố trí thí nghiệm, theo dõi, thu thập và xử lý số liệu của thí nghiệm xử lý GT sau trồng dưa chuột và thí nghiệm trồng rau cải mầm.

5. Đối tượng nghiên cứu

- Rau cải mầm trắng.
- GT sau trồng dưa chuột.
- Chế phẩm sinh học (Trichoderma và EMUNIV).

6. Phạm vi nghiên cứu

- Phạm vi về nội dung: Đánh giá hiệu quả của kỹ thuật xử lý GT thông qua một số chỉ tiêu sinh trưởng, năng suất của rau cải mầm trắng.
- Phạm vi về thời gian: 12 tháng (từ tháng 12/2024 – tháng 11/2025).
- Phạm vi về không gian: Vườn trường Đại học Hoa Lư.

7. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu

7.1. Cách tiếp cận

Tiếp cận từ thực tiễn → tổng hợp, phát triển bổ sung lý thuyết → giải pháp.

7.2. Phương pháp nghiên cứu

7.2.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết

- Tổng hợp lý thuyết về quy trình xử lý GT để tái sử dụng nói chung, xử lý GT sau trồng dưa chuột để trồng rau cải mầm nói riêng.

- Khái quát các chỉ tiêu sinh trưởng, phát triển của rau cải mầm.

7.2.2. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được bố trí theo kiểu khối ngẫu nhiên hoàn chỉnh (RCB).

7.2.3. Phương pháp theo dõi thí nghiệm và thu thập số liệu

Theo dõi một số chỉ tiêu đánh giá GT và khả năng sinh trưởng, năng suất của rau cải mầm.

7.2.4. Phương pháp xử lý số liệu và phân tích kết quả

Sử dụng phần mềm thống kê IRRISTAT 5.0 và Microsoft Excel để xử lý số liệu.

CHƯƠNG 1: CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ THỰC TIỄN CỦA ĐỀ TÀI

1.1. Xử lý giá thể sau trồng dưa chuột để trồng rau cải mầm trắng

1.1.1. Khái niệm của giá thể và vai trò của giá thể

1.1.1.1. Khái niệm

Giá thể (*Growing media*) là thuật ngữ chỉ các loại vật liệu hay hỗn hợp dùng làm môi trường trồng cây. Chúng có nhiệm vụ giữ nước, cung cấp độ thoáng khí và tạo không gian cho rễ phát triển, nhờ đó giúp cây sinh trưởng khỏe mạnh. GT có thể có nguồn gốc hữu cơ như xơ dừa, trấu hun, than bùn... hoặc vô cơ như perlite, vermiculite, sỏi nhẹ. Trong nông nghiệp hiện đại, đặc biệt là trồng trong nhà kính hay thủy canh, GT đóng vai trò then chốt, được coi như “ngôi nhà” của bộ rễ, đảm bảo cho cây phát triển ổn định và đạt năng suất cao.



Hình 1.1. Giá thể trồng dưa chuột tại Vườn trường Đại học Hoa Lư

1.1.1.2. Vai trò

Từ xa xưa, chúng ta đã biết tận dụng những phế phẩm nông nghiệp sẵn có trong đời sống hằng ngày như xơ dừa, tro trấu, rơm rạ... để phủ gốc giữ

ấm cho cây con, hạn chế tác động trực tiếp của ánh nắng mặt trời và giảm thất thoát nước. Cách làm này không chỉ giúp cây non phát triển thuận lợi hơn mà còn được xem là một trong những công dụng điển hình của GT trong trồng trọt.

Ngày nay, GT được nghiên cứu và sử dụng rộng rãi, với nhiều đặc tính gần giống như đất trồng nhưng lại có ưu thế nổi bật hơn nhờ khả năng kiểm soát tốt môi trường phát triển của cây. Các công dụng chính của GT có thể kể đến như:

Tạo môi trường cho rễ cây phát triển ổn định: GT đóng vai trò như “ngôi nhà” của bộ rễ, giúp hệ rễ bám chắc, phát triển theo chiều sâu và chiều rộng, từ đó tăng khả năng hút nước và dinh dưỡng. Cấu trúc cơ học của GT thường được thiết kế sao cho độ xốp, độ tơi và khả năng thoát nước phù hợp với từng loại cây trồng. Việc đảm bảo sự ổn định về môi trường rễ giúp cây có nền tảng vững chắc cho quá trình sinh trưởng, hạn chế hiện tượng nghẹt rễ hoặc thối rễ – những vấn đề thường gặp trong đất tự nhiên bị nén chặt hoặc thoát nước kém.

Lưu trữ và điều hòa không khí: Một trong những đặc tính quan trọng của GT là độ xốp cao, cho phép không khí lưu thông dễ dàng giữa các hạt GT. Điều này giúp cung cấp đủ oxy cho hô hấp của rễ, đồng thời loại bỏ khí CO₂ sinh ra trong quá trình trao đổi chất. Ở góc độ sinh lý học thực vật, oxy là yếu tố thiết yếu cho hô hấp hiếu khí ở rễ, quyết định đến năng lượng cung cấp cho toàn bộ hoạt động trao đổi chất của cây. Nhờ GT có cấu trúc hợp lý, quá trình trao đổi khí được duy trì liên tục, từ đó giúp rễ hoạt động hiệu quả và cây sinh trưởng khỏe mạnh.

Hấp thụ và dự trữ nước: Nhiều loại GT, đặc biệt là các loại có nguồn gốc hữu cơ như xơ dừa, mùn trâu, than bùn, có khả năng giữ nước rất tốt nhờ cấu trúc vi mao dẫn. Chúng hoạt động như những “bể chứa nhỏ”, giúp giữ lại lượng nước cần thiết và cung cấp dần cho cây khi môi trường xung quanh khô hạn. Điều này đặc biệt quan trọng trong điều kiện khí hậu nhiệt đới gió mùa của Việt Nam, nơi sự biến động về nhiệt độ và độ ẩm có thể ảnh hưởng mạnh

đến sinh trưởng cây trồng. Nhờ cơ chế giữ ẩm hiệu quả, GT giúp giảm tần suất tưới nước, tiết kiệm nguồn tài nguyên nước và duy trì độ ẩm ổn định quanh vùng rễ.

Cung cấp và giữ lại dinh dưỡng: Một số loại GT, chẳng hạn như than bùn, compost, trấu hun hoặc vermicompost, chứa sẵn một lượng chất dinh dưỡng tự nhiên. Ngoài ra, còn có khả năng hấp phụ và lưu trữ các ion dinh dưỡng từ dung dịch hoặc phân bón, giúp cây hấp thụ dần theo nhu cầu. Khả năng trao đổi cation (CEC – Cation Exchange Capacity) cao giúp hạn chế sự rửa trôi dinh dưỡng, đồng thời nâng cao hiệu suất sử dụng phân bón. Đây là đặc điểm ưu việt so với đất tự nhiên, nơi dinh dưỡng thường bị mất mát do mưa hoặc tưới quá nhiều.

Điều hòa nhiệt độ, chống khô hạn: Có đặc tính cách nhiệt tự nhiên, giúp duy trì nhiệt độ ổn định quanh vùng rễ, giảm ảnh hưởng tiêu cực từ biến động thời tiết bên ngoài. Trong điều kiện nắng nóng kéo dài, GT giữ ẩm và làm mát cho vùng rễ; ngược lại, vào mùa lạnh, GT giúp giữ ẩm, hạn chế sốc nhiệt. Nhờ đó, cây trồng duy trì được trạng thái sinh lý ổn định, ít bị stress và có khả năng sinh trưởng bền vững hơn.

Có thể nói, nhờ hội tụ những công dụng này, GT không chỉ thay thế một phần vai trò của đất tự nhiên mà còn mang lại nhiều lợi thế trong sản xuất nông nghiệp hiện đại, đặc biệt là trong các mô hình trồng cây công nghệ cao và bền vững.

1.1.2. Đặc điểm giá thể sau trồng dưa chuột

1.1.2.1. Suy giảm dinh dưỡng

Trong quá trình sinh trưởng, cây dưa chuột hấp thụ đáng kể các chất dinh dưỡng từ GT, đặc biệt là các nguyên tố đa lượng (N, P, K) và một phần vi lượng. Do quá trình canh tác sử dụng phân bón hữu cơ nên nguồn dinh dưỡng cung cấp cho cây chủ yếu ở dạng tự nhiên, ít nguy cơ gây tích tụ muối hay kim loại nặng như khi sử dụng phân bón hóa học. Tuy nhiên, sau một vụ trồng, hàm lượng dinh dưỡng trong GT vẫn suy giảm rõ rệt, cần có các biện pháp bổ sung hoặc cải tạo để tái sử dụng.

1.1.2.2. Nguy cơ tồn dư mầm bệnh

Tàn dư rễ, thân và lá dưa chuột sau khi thu hoạch còn sót lại có thể trở thành môi trường thuận lợi cho vi sinh vật phát triển. Mặc dù quá trình trồng không sử dụng thuốc bảo vệ thực vật hóa học nên an toàn hơn về mặt hóa học, song nguy cơ tích tụ nấm bệnh, vi khuẩn hoặc tuyến trùng vẫn tồn tại. Nếu không được xử lý đúng cách, đây sẽ là nguồn lây nhiễm tiềm ẩn cho các vụ trồng tiếp theo.

1.1.2.3. Thay đổi tính chất vật lý (độ xốp, ẩm, thoát nước)

Trong suốt quá trình sinh trưởng, bộ rễ dưa chuột phát triển mạnh, lan rộng và bám chặt vào GT. Khi cây được thu hoạch, phần lớn rễ sẽ phân hủy dần, làm thay đổi cấu trúc vật lý của GT theo nhiều khía cạnh:

Độ xốp: Ban đầu, GT có độ tơi xốp cao, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình trao đổi khí và sự phát triển của rễ. Tuy nhiên, sau một vụ trồng, phần rễ phân hủy cùng các chất hữu cơ còn sót lại khiến GT bị nén chặt hơn, dẫn đến giảm độ xốp. Độ xốp giảm đồng nghĩa với việc khả năng thông khí cũng suy giảm, làm hạn chế quá trình hô hấp của rễ ở các vụ tiếp theo.

Độ ẩm: Sự thay đổi cấu trúc hạt và lỗ rỗng trong GT ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng giữ ẩm. Một số trường hợp, GT giữ nước lâu hơn, dễ gây ra hiện tượng ú đọng, tạo môi trường thuận lợi cho vi sinh vật gây hại. Ngược lại, cũng có khi khô nhanh hơn do cấu trúc kém ổn định, khiến việc duy trì độ ẩm thích hợp cho cây trở nên khó khăn.

Khả năng thoát nước: Khi độ xốp giảm, tốc độ thoát nước của GT cũng bị ảnh hưởng. Nước có thể bị giữ lại nhiều trong các lỗ rỗng nhỏ, làm tăng nguy cơ úng rễ, đặc biệt đối với các loại cây có yêu cầu cao về sự thông thoáng như rau mầm. Điều này khiến việc tái sử dụng cần có các biện pháp cải tạo để phục hồi khả năng thoát nước.

1.1.3. Các biện pháp xử lý giá thể

1.1.3.1. Cơ học

Biện pháp cơ học thường được áp dụng đầu tiên trong quá trình xử lý GT sau trồng. Mục đích chính là loại bỏ các tàn dư thực vật như rễ, thân, lá

còn sót lại – vốn là nguồn lưu giữ mầm bệnh và côn trùng gây hại. Sau khi thu dọn sạch tàn dư, GT thường được đem phơi nắng trong khoảng 7–10 ngày nhằm tiêu diệt phần lớn nấm bệnh và vi sinh vật bất lợi. Một số trường hợp có thể áp dụng phương pháp khử trùng bằng nhiệt (như hấp bằng hơi nước nóng hoặc sấy ở nhiệt độ cao) để tăng hiệu quả xử lý. Ngoài ra, đối với những loại GT có cấu trúc thô như xơ dừa, trấu hoặc than bùn, việc nghiền nhỏ và sàng lọc cũng được tiến hành nhằm tăng độ tơi xốp, cải thiện khả năng giữ nước và tạo điều kiện cho bộ rễ phát triển.

1.1.3.2. Hóa học, sinh học

Xử lý GT bằng hóa học là một phương pháp phổ biến nhờ hiệu quả khử trùng nhanh. Một số loại hóa chất thường được sử dụng bao gồm vôi bột (có tác dụng khử chua và ức chế nấm bệnh), dung dịch KMnO_4 hoặc H_2O_2 (có tác dụng sát khuẩn và tiêu diệt vi sinh vật có hại). Tuy nhiên, việc sử dụng hóa chất cần đảm bảo đúng nồng độ, liều lượng để tránh ảnh hưởng đến sinh trưởng của cây trồng ở các vụ tiếp theo. Bên cạnh đó, biện pháp sinh học đang ngày càng được ưu tiên nhờ tính an toàn và bền vững. Cụ thể, người ta bổ sung các chế phẩm vi sinh vật có lợi như *Trichoderma* spp., *Bacillus subtilis* hoặc chế phẩm EM. Các vi sinh vật này vừa có khả năng đối kháng với nấm bệnh, vừa thúc đẩy quá trình phân giải các hợp chất hữu cơ tồn dư, từ đó cải thiện chất lượng đất trồng và duy trì cân bằng hệ vi sinh vật.

1.1.3.3. Cải tạo dinh dưỡng

Sau mỗi vụ canh tác, hàm lượng dinh dưỡng trong GT giảm đáng kể, dẫn đến hiện tượng nghèo chất và suy thoái. Vì vậy, việc cải tạo dinh dưỡng là yêu cầu bắt buộc để đảm bảo năng suất của cây trồng vụ sau. Các biện pháp thường được áp dụng bao gồm bổ sung phân hữu cơ hoai mục, phân trùn quế, hoặc phân bón khoáng đa – trung – vi lượng để khôi phục nguồn dinh dưỡng cơ bản. Ngoài ra, có thể phối trộn thêm tro trấu, than sinh học (biochar), mùn cưa hoặc rơm rạ mục nhằm tăng độ tơi xốp, nâng cao khả năng giữ nước và giữ dinh dưỡng. Đặc biệt, việc điều chỉnh pH bằng vôi hoặc thạch cao nông nghiệp là cần thiết để đưa giá trị pH về mức thích hợp cho từng nhóm cây trồng (thông thường dao động từ 5,5 – 6,5 đối với rau màu).

1.1.3.4. Khả năng tái sử dụng

Khả năng tái sử dụng của GT phụ thuộc vào mức độ suy thoái sau mỗi vụ trồng. Các tiêu chí được xem xét bao gồm: độ tơi xốp, hàm lượng dinh dưỡng, độ mặn, và sự hiện diện của mầm bệnh. Trong trường hợp GT vẫn giữ được cấu trúc tốt, không bị nhiễm bệnh nặng, có thể tái sử dụng sau khi tiến hành đầy đủ các bước xử lý cơ học, hóa học/sinh học và bổ sung dinh dưỡng. Ngược lại, đối với GT đã thoái hóa nghiêm trọng, bị nén chặt hoặc nhiễm bệnh ở mức độ cao, việc tái sử dụng cho các cây trồng chính sẽ không đảm bảo hiệu quả. Khi đó, GT thường được tận dụng cho mục đích khác như trồng cây cảnh, hoa ngắn ngày hoặc dùng làm nguyên liệu để ủ phân hữu cơ, nhằm hạn chế lãng phí và bảo vệ môi trường.

1.2. Đặc điểm của chế phẩm

1.2.1. Khái niệm chế phẩm sinh học

Chế phẩm sinh học là sản phẩm của quá trình tái tạo và sử dụng tài nguyên sinh học. Để phân loại chế phẩm sinh học người ta chia ra: Chế phẩm sinh học truyền thống và chế phẩm sinh học mới. Các chế phẩm (sản phẩm) sinh học truyền thống Ví dụ bao gồm vật liệu xây dựng từ gỗ, giấy và bột giấy, rừng và các sản phẩm từ rừng. Các chế phẩm sinh học mới có thể bao gồm các chế phẩm có nguồn gốc sinh học như: nhiên liệu sinh học, năng lượng sinh học, tinh bột và cellulose ethanol, chất kết dính sinh học, hóa sinh, nhựa sinh học, vv ... Chế phẩm sinh học mới là đối tượng và kết quả của hoạt động nghiên cứu và phát triển một cách đáng kể cuối thế kỷ 20, đầu thế kỷ 21. Chế phẩm sinh học có nguồn gốc từ tài nguyên sinh học có thể thay thế nhiều nhiên liệu, hóa chất, nhựa hiện đang có nguồn gốc từ dầu khí [1].

1.2.2. Một số chế phẩm sinh học

1.2.2.1. Giới thiệu chế phẩm Trichoderma

a. Thành phần: Thành phần của chế phẩm Trichoderma thường bao gồm các loài Trichoderma spp. (như T. harzianum, T. viride, T. koningii, T. aureoviride) với mật



Hình 1.2. Chế phẩm Trichoderma [13].

độ bào tử cao, cùng các vi sinh vật có lợi khác như *Bacillus spp.* và *Streptomyces spp.* Ngoài ra, nhiều sản phẩm còn bổ sung thêm humic, các chất phụ gia sinh học đặc hiệu và có các chỉ số về hữu cơ, độ ẩm.

Trichoderma spp là một loại nấm sinh sản vô tính (Rifai, 1969), phổ biến trong đất và có hoạt tính đối kháng với nhiều loại nấm gây hại cây trồng (Bruce & cs., 1984). *T. harzianum* phá hủy sự tổng hợp thành tế bào nhờ sinh sản chitinase và glucanase cũng như các chất trao đổi có hoạt tính kháng nấm khác (Noronha & Ulhoa, 1996) và đây là đặc điểm quan trọng trong quá trình ký sinh nấm dị dưỡng (Dennis & Webster, 1971). Chính những đặc tính này đã được khai thác trong ngành nông nghiệp, sử dụng các chế phẩm của *T. harzianum* để phòng trừ sinh học các loại bệnh nấm khác nhau gây hại cho cây trồng (Papavizas, 1985) [14].

Bacillus spp là một chi vi khuẩn Gram dương, có hình que, thuộc họ Bacillaceae. Các vi khuẩn trong chi này thường là sinh vật hiếu khí hoặc ưa khí tùy tiện, có khả năng hình thành bào tử nội sinh để tồn tại trong điều kiện khắc nghiệt. *Bacillus spp* phân bố rộng rãi trong tự nhiên, bao gồm trong đất, nước, không khí và đóng vai trò quan trọng trong nhiều quá trình sinh học. *Bacillus spp* có khả năng chịu nhiệt độ và sức ép cao nhờ vào bào tử nội sinh tạo bởi một quá trình phát triển phức tạp. Bào tử này giúp *Bacillus spp* chống lại nhiều yếu tố bất lợi như nhiệt độ cao, tia cực tím, và hóa chất độc hại. Đồng thời, *Bacillus spp* có khả năng di chuyển bằng sự hoạt động của lông và có thể tạo ra một loạt các enzyme ngoại bào có khả năng xúc tác nhiều phản ứng hóa học khác nhau [15].

Streptomyces là chi lớn nhất của ngành Actinobacteria và là một chi thuộc nhánh streptomycetaceae. Có hơn 500 loài vi khuẩn *Streptomyces* đã được mô tả. Giống như hầu hết các Actinobacteria khác, *Streptomyces* là vi khuẩn Gram dương, có bộ gen với tỉ lệ GC% cao. Vi khuẩn này được tìm thấy chủ yếu trong đất và thảm thực vật mục nát. *Streptomyces* sinh bào tử, tạo mùi đặc trưng, là kết quả từ sản sinh geosmin trong quá trình chuyển hóa các chất. *Streptomyces* được nghiên cứu rộng rãi và được biết đến nhiều nhất là

chi của họ xạ khuẩn (Actinomyces). Streptomyces thường sống ở đất có vai trò là vi sinh vật phân hủy rất quan trọng. Chúng vi sinh này sản xuất hơn một nửa số thuốc kháng sinh trên thế giới và đó là sản phẩm có giá trị lớn trong lĩnh vực y tế [16].

b. Vai trò

Rút ngắn quá trình ủ và khử mùi hôi của phân chuồng và phế phẩm nông nghiệp. Tiết ra loại enzym có khả năng làm tan vách tế bào của các loại nấm có hại khác, biến chúng thành thức ăn và tạo nên chất hữu cơ có lợi cho đất trồng, bảo vệ vùng rễ cây trồng và chống lại nấm thối rễ. Giúp phân hủy cellulose, phân giải lân tan chậm. Giúp tăng số lượng rễ mọc sâu. Tăng khả năng chống khô hạn của cây trồng, cân bằng pH, giải độc đất hiệu quả [17].

Có khả năng phòng trị, cạnh tranh hoặc tiêu diệt các tác nhân gây bệnh giúp cải thiện sức khỏe của cây.

Kích thích sự tăng trưởng của cây. Giúp gia tăng khả năng hấp thụ dinh dưỡng, cải thiện năng suất cây và giúp cây kháng được bệnh.

c. Cơ chế

Tác động đối với các tác nhân gây bệnh

Nấm Trichoderma là nhóm vi sinh vật đối kháng mạnh với nhiều loài nấm gây bệnh trong đất thông qua các cơ chế sinh học khác nhau. Loài nấm này tiết enzyme ngoại bào có khả năng phân giải vách tế bào của nấm gây hại, từ đó xâm nhập, tiêu hủy và sử dụng chúng làm nguồn dinh dưỡng, giúp hạn chế hiện tượng thối rễ và bảo vệ hệ rễ cây trồng [18].

Các cơ chế đối kháng chủ yếu gồm [18]

Ký sinh trên nấm gây bệnh: Trichoderma xâm nhập vào tế bào nấm gây hại và phá vỡ vách tế bào nhờ các enzyme như cellulase, chitinase, glucanase, đồng thời tiết peptide kháng sinh ức chế sự phát triển của nấm ký sinh.

Tiết chất kháng sinh: Loài nấm này sản xuất các hợp chất có hoạt tính kháng nấm như gliotoxin, viridin, harzianum A và peptaibol, ức chế quá trình sinh tổng hợp các thành phần thiết yếu của tế bào nấm gây bệnh.

Cạnh tranh sinh tồn: Trichoderma phát triển nhanh, thích nghi tốt, chiếm ưu thế về không gian và nguồn dinh dưỡng, làm giảm cơ hội tồn tại của các loài nấm gây hại yếu thế hơn.

Tác động đối với rễ cây trồng

Trichoderma có khả năng định cư trên bề mặt và vùng rễ cây (rhizosphere), hình thành lớp bảo vệ vật lý chống xâm nhập của mầm bệnh mà không ảnh hưởng đến vi sinh vật có lợi khác. Sự cộng sinh này giúp kích thích sinh trưởng rễ, tăng khả năng hấp thu dinh dưỡng, cải thiện sức đề kháng và nâng cao năng suất cây trồng [18].

Tăng cường dinh dưỡng và kích hoạt cơ chế phòng vệ

Ngoài khả năng đối kháng, Trichoderma còn tiết acid hữu cơ làm giảm pH đất, hòa tan các khoáng chất như phosphate, sắt, magie, mangan, giúp cây hấp thu dinh dưỡng hiệu quả hơn. Đồng thời, nấm này kích hoạt hệ thống phòng vệ tự nhiên của cây, thúc đẩy quá trình tổng hợp enzyme, protein và hợp chất kháng sinh nội sinh, góp phần tăng cường khả năng chống chịu với tác nhân gây bệnh và điều kiện bất lợi [18].

1.2.2.2. Giới thiệu chế phẩm EMUNIV

a. Thành phần

Bacillus subtilis: Được biết đến với tên gọi khác như vi khuẩn hạt nhân, *Bacillus subtilis* là một trong những vi khuẩn phổ biến nhất được sử dụng trong công nghiệp và nghiên cứu. Với khả năng sản xuất enzyme, chất chống ô nhiễm nấm trùng và khả năng tăng cường sức khỏe cây trồng [20].

Bacillus licheniformis: *Bacillus Licheniformis* là khả năng phân giải các chất hữu cơ. Điều này giúp cải thiện cấu trúc và độ phì nhiêu của đất.

Phân giải chất hữu cơ: Loài vi khuẩn này có khả năng phân hủy các chất hữu cơ phức tạp thành các hợp chất đơn giản hơn, giúp cây trồng dễ dàng hấp thụ dưỡng chất hơn.

Tăng cường sự phát triển của rễ: *Bacillus Licheniformis* kích thích sự phát triển của hệ thống rễ, từ đó giúp cây trồng hấp thụ nước và dinh dưỡng tốt hơn.



Hình 1.3. Chế phẩm EMUNIV [19]

Cải thiện sức đề kháng: Vi khuẩn này còn giúp cây trồng chống lại một số bệnh do nấm và vi khuẩn gây ra, nâng cao sức khỏe tổng thể của cây.

Trong nông nghiệp, *Bacillus Licheniformis* thường được sử dụng trong các chế phẩm sinh học để điều trị bệnh cho cây trồng và cải thiện chất lượng đất.

Bacillus megaterium: *Bacillus Megaterium* là một loài vi khuẩn có kích thước lớn, được biết đến với khả năng cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng.

Loài vi khuẩn này đóng vai trò quan trọng trong việc phát triển cây trồng nhờ vào khả năng cung cấp các khoáng chất cần thiết.

Cung cấp Phốt pho: *Bacillus Megaterium* có khả năng hòa tan phốt pho trong đất, giúp cây trồng dễ dàng hấp thụ khoáng chất này.

Cải thiện sự phát triển của cây: Sử dụng *Bacillus Megaterium* sẽ giúp cây trồng phát triển mạnh mẽ hơn nhờ vào lượng dinh dưỡng phong phú mà nó cung cấp.

Hỗ trợ tiêu hóa cho vi sinh vật khác: Vi khuẩn này cũng giúp các vi sinh vật khác trong đất hoạt động hiệu quả hơn, từ đó thúc đẩy sự phát triển của hệ sinh thái đất.

Bacillus Megaterium ngày càng được sử dụng trong các chế phẩm sinh học để cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng và cải thiện độ phì nhiêu của đất [21].

Lactobacillus acidophilus: phân giải nhanh các chất hữu cơ từ đó có thể ứng dụng tạo ra các sản phẩm phân vi sinh, phân hữu cơ vi sinh. Việc phân huỷ các chất hữu cơ bao gồm các chất thải hữu cơ trong đất giúp cải thiện cấu trúc đất, tăng cường sự hòa tan và hấp thụ chất dinh dưỡng, cũng cân bằng pH đất giúp cây trồng phát triển

Kích thích sự phát triển cây trồng: *Lactobacillus acidophilus* sản xuất các chất kích thích sinh trưởng và hormone tự nhiên, giúp kích thích sự phát triển cây trồng. Việc sử dụng nguyên liệu này có thể thúc đẩy sự tăng trưởng ở cây, cải thiện chất lượng cây trồng và tăng năng suất sản xuất.

Cân bằng hệ vi sinh đất: *Lactobacillus acidophilus* L04 giúp duy trì cân bằng hệ vi sinh đất thông qua việc cung cấp các vi khuẩn có lợi. Việc duy trì

một hệ vi sinh đất cân bằng giúp ngăn chặn sự phát triển của các loại vi khuẩn gây bệnh và giảm nguy cơ mắc bệnh cho cây trồng [22].

Lactobacillus plantarum: Đối với cây trồng, *L. plantarum* có nhiều tác dụng quan trọng:

Phân giải chất hữu cơ, tạo acid lactic giúp cải thiện độ phì, cấu trúc đất.

Ức chế nấm và vi khuẩn gây bệnh vùng rễ nhờ sinh acid lactic và bacteriocin.

Kích thích sinh trưởng, tiết ra hormone tự nhiên (auxin) giúp rễ phát triển và tăng hấp thu dinh dưỡng.

Khử mùi hôi trong ủ phân, giảm khí độc (NH_3 , H_2S), góp phần bảo vệ môi trường.

Nhờ những đặc tính này, *Lactobacillus plantarum* được xem là vi khuẩn có ích điển hình, đóng vai trò quan trọng trong chế phẩm sinh học và nông nghiệp hữu cơ bền vững.

Streptomyces sp:

Nhóm xạ khuẩn *Streptomyces sp.* là vi sinh vật có lợi, được sử dụng rộng rãi trong bảo vệ cây trồng nhờ khả năng sản sinh kháng sinh tự nhiên như streptomycin, actinomycin... giúp ức chế nhiều loại nấm và vi khuẩn gây bệnh (vàng lá, sương mai, phấn trắng, thán thư, héo rũ...).

Đặc biệt, *Streptomyces* còn hình thành mối quan hệ cộng sinh quanh vùng rễ, tạo một “lá chắn sinh học” giúp bảo vệ cây, đồng thời kích thích rễ phát triển, tăng sức sống. Vi khuẩn này cũng được chứng minh có khả năng tiêu diệt sợi nấm gây bệnh bằng cách phá vỡ thành tế bào của chúng [23].

Saccharomyces cerevisiae: Nấm men *Saccharomyces* có tác dụng thúc đẩy sự phát triển của cây và kéo dài rễ. *Saccharomyces* vừa có tác dụng đối kháng nấm bệnh vừa có tác dụng tổng hợp vitamin và khoáng chất. *Saccharomyces* có tác dụng cải thiện giá trị gia tăng của cây trồng. Chúng góp phần vào việc thu hoạch sớm, tăng năng suất cho cây trồng đồng thời phòng trừ nấm bệnh tấn công vùng rễ [24].

b. Cơ chế hoạt động

Phân giải chất hữu cơ phức tạp

Các vi khuẩn *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* và *Bacillus megaterium* tiết ra các enzyme ngoại bào như:

Cellulase: phân hủy cellulose trong rơm rạ, thân cây thành đường glucose.

Amylase: phân giải tinh bột trong phụ phẩm nông nghiệp thành đường maltose, glucose.

Protease: thủy phân protein thành các acid amin.

Phosphatase: chuyển hóa các hợp chất photphat khó tan thành dạng dễ hấp thu.

Nhờ các enzyme này, chất hữu cơ được phân hủy nhanh chóng, chuyển từ dạng khó phân giải sang dạng dinh dưỡng dễ tiêu, giúp cây trồng hấp thu hiệu quả hơn.

Sinh chất kháng sinh và ức chế vi sinh vật gây hại

Lactobacillus plantarum, *Lactobacillus acidophilus* và *Streptomyces sp.* tạo ra acid lactic, bacteriocin và các kháng sinh tự nhiên (streptomycin, nystatin, actinomycin).

Các hợp chất này ức chế sự phát triển của nấm, vi khuẩn và tuyến trùng gây bệnh, đặc biệt là *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*.

Đồng thời môi trường đất trở nên hơi acid và giàu chất ức chế sinh học, làm giảm khả năng tồn tại của vi sinh vật gây bệnh. Giúp bảo vệ bộ rễ, tăng sức đề kháng và kéo dài tuổi thọ cây trồng.

Cạnh tranh sinh học

Các chủng vi sinh vật có lợi trong EMUNIV phát triển nhanh, chiếm chỗ và sử dụng nguồn dinh dưỡng trong vùng rễ, khiến vi sinh vật gây bệnh không còn điều kiện sinh trưởng.

Một số chủng còn tạo màng sinh học quanh rễ, giúp bảo vệ rễ khỏi sự xâm nhập của mầm bệnh. Đây là cơ chế phòng bệnh tự nhiên, bền vững và không gây tồn dư hóa chất trong môi trường.

Khử mùi và ổn định môi trường ủ phân

Trong quá trình ủ hoặc xử lý phân chuồng, các vi sinh vật hiếu khí trong EMUNIV phân hủy nhanh các hợp chất hữu cơ yếm khí (protein, acid béo, urê) – nguyên nhân sinh khí độc H₂S, NH₃, CH₄.

Nhờ hoạt động này, môi trường ủ được hiếu khí hóa, giảm đáng kể mùi hôi thối.

Đồng thời, các acid hữu cơ do *Lactobacillus* sinh ra làm giảm pH, ngăn cản vi khuẩn yếm khí gây thối phát triển.

Giúp phân ủ nhanh hoai, không mùi, an toàn khi bón cho cây trồng.

Kích thích sinh trưởng thực vật

Một số chủng *Bacillus subtilis* và *Saccharomyces cerevisiae* tiết ra các hormone sinh trưởng thực vật như auxin (IAA), gibberellin, cytokinin. Những chất này:

Thúc đẩy sự phát triển của rễ.

Tăng khả năng hấp thu nước và khoáng chất.

Kích thích phân chia tế bào, ra chồi, ra hoa và kết quả.

Giúp cây trồng phát triển cân đối, khỏe mạnh, tăng năng suất và chất lượng nông sản.

c. Vai trò

Phân giải nhanh chóng phân gia súc, gia cầm và phế thải nông nghiệp thành các chất dinh dưỡng cho cây trồng [25]

Nhờ chứa nhiều chủng vi sinh vật có ích như *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Lactobacillus plantarum*...chế phẩm EMUNIV giúp phân hủy nhanh các chất hữu cơ phức tạp trong phân chuồng, rơm rạ, thân cây, vỏ cà phê... thành các chất đơn giản, dễ hấp thu, cung cấp nguồn dinh dưỡng dồi dào cho cây trồng.

Chuyển hóa phân lân khó tiêu thành dạng dễ tiêu [25]

Một số vi khuẩn trong EMUNIV có khả năng phân giải các hợp chất photphat, kali và nitơ khó tan, chuyển chúng thành dạng dễ tiêu cho cây hấp thu, giúp cải thiện khả năng dinh dưỡng của đất và giảm nhu cầu sử dụng phân bón hóa học.

Tạo chất kháng sinh để tiêu diệt một số vi sinh vật gây bệnh cho cây trồng [25]

Các chủng *Lactobacillus* và *Streptomyces* trong chế phẩm sinh ra acid lactic và các chất kháng sinh tự nhiên có tác dụng ức chế nấm và vi khuẩn gây bệnh ở vùng rễ, giúp phòng ngừa hiệu quả các bệnh vàng lá, thối rễ, xì mũ trên cây trồng.

Làm mất mùi hôi của phân chuồng và ức chế sinh trưởng các vi sinh vật gây thối

Khi bổ sung EMUNIV vào quá trình ủ, các vi sinh vật hiếu khí hoạt động mạnh, phân giải nhanh các chất hữu cơ yếm khí gây mùi hôi, đồng thời tạo môi trường ức chế vi khuẩn gây thối, giúp phân ủ nhanh hoai, không mùi và an toàn khi sử dụng.

Hình thành các chất kích thích sinh trưởng thực vật, giúp cây phát triển tốt

Một số vi sinh vật trong chế phẩm có khả năng tiết hormone sinh trưởng như auxin, gibberellin, cytokinin, giúp kích thích phát triển bộ rễ, tăng khả năng hấp thu dinh dưỡng, thúc đẩy sinh trưởng toàn diện và nâng cao năng suất cây trồng.

Như vậy EMUNIV có vai trò quan trọng trong việc phân giải, chuyển hóa và làm giàu chất hữu cơ, đồng thời bảo vệ và kích thích sinh trưởng cây trồng, góp phần hướng đến nền nông nghiệp hữu cơ – bền vững và thân thiện với môi trường.

1.3. Đặc điểm sinh học của rau cải mầm trắng

1.3.1. Đặc điểm sinh học

1.3.1.1. Hình thái, đặc điểm phát triển giai đoạn mầm

Đặc điểm hình thái

Thân cây: Thân cây cải mầm trắng có dạng trụ tròn, thẳng đứng, mọng nước và khá cứng cáp. Màu sắc



của thân thường là trắng ngà hoặc xanh trắng nhạt, phụ thuộc vào giống và điều kiện trồng. Thân cây thường mập, bóng và có độ đàn hồi cao, giúp cây giữ được hình dáng thẳng đứng. Ở giai đoạn thu hoạch, thân cây đạt chiều cao trung bình khoảng 5–7 cm, tuy nhiên nếu để thêm vài ngày, cây có thể cao tới 13–15 cm. Bề mặt thân nhẵn, dễ gãy nếu bị tác động mạnh. Phần gốc thân thường hơi phình to hơn so với phần ngọn, là nơi tập trung nhiều chất dinh dưỡng dự trữ.

Lá mầm: Cải mầm trắng có hai lá mầm mọc đối nhau, là cơ quan quang hợp đầu tiên của cây. Lá mầm thường màu xanh lục nhạt, hình tròn hoặc hơi bầu dục, mép lá trơn, bề mặt lá mịn. Khi mới nảy mầm, hai lá này còn khép lại, sau đó từ từ hé mở ra khi cây phát triển, giúp cây hấp thụ ánh sáng và tổng hợp chất hữu cơ. Kích thước lá mầm nhỏ, mỗi lá dài khoảng 0,8–1,2 cm, rộng từ 0,6–1 cm. Ở giai đoạn thu hoạch, lá mầm tươi non, xanh mướt, là phần được sử dụng phổ biến trong thực phẩm vì có giá trị dinh dưỡng cao.

Rễ: Bộ rễ của cây cải mầm trắng thuộc dạng rễ chùm, phát triển từ phần gốc thân. Trong giai đoạn đầu, cây có rễ chính ngắn và nhiều rễ phụ nhỏ, mảnh, màu trắng trong, bám chặt vào GT. Khi cây lớn hơn, rễ đâm dài và lan rộng hơn, giúp tăng khả năng hấp thu nước và chất dinh dưỡng. Rễ phát triển mạnh trong môi trường GT ẩm, tơi xốp và thoáng khí. Do trồng trong điều kiện thủy canh hoặc GT hữu cơ, hệ rễ thường sạch, không dính đất, thuận lợi cho thu hoạch và sử dụng.

Kích thước: Toàn bộ cây cải mầm trắng có kích thước nhỏ gọn, trung bình cao 5–7 cm khi thu hoạch. Cây sinh trưởng đồng đều, màu sắc tươi sáng, thân và lá mọng nước. Khi nhìn tổng thể, cây có thân trắng sáng nổi bật, phần ngọn lá xanh nhạt, tạo cảm giác tươi non và mát mắt. Cây cải mầm trắng phát triển nhanh, chỉ sau 5–7 ngày gieo trồng đã có thể thu hoạch, tùy thuộc vào nhiệt độ, độ ẩm và ánh sáng môi trường.

Đặc điểm của cây cải mầm trắng ở giai đoạn mầm

Giai đoạn phát triển ban đầu trong bóng tối: Ngay sau khi gieo, hạt cải mầm trắng thường được ủ trong điều kiện thiếu ánh sáng hoặc hoàn toàn bóng tối trong khoảng 2–3 ngày đầu. Mục đích của giai đoạn này là thúc đẩy quá

trình nảy mầm nhanh, giúp thân cây vươn dài và có màu trắng ngà đặc trưng. Trong môi trường không có ánh sáng, các sắc tố diệp lục chưa được hình thành, khiến thân cây mang màu trắng sáng hoặc vàng nhạt. Giai đoạn này là bước khởi đầu quan trọng, quyết định đến tốc độ sinh trưởng và hình thái thân mầm sau này.

Đặc điểm hình thái trong điều kiện thiếu sáng: Trong giai đoạn đầu này, thân cây cải mầm trắng có màu trắng đục hoặc trắng ngà, thẳng, mọng nước và mềm mại. Lá mầm nhỏ, màu vàng nhạt, chưa mở hoàn toàn và rất dễ gãy. Do không quang hợp được, cây chủ yếu sử dụng năng lượng dự trữ trong hạt giống để duy trì và phát triển thân – rễ. Phần thân thường cao hơn bình thường do hiện tượng vươn dài tìm sáng, giúp cây phát triển nhanh chóng nhưng vẫn giữ độ non và mềm, thích hợp cho thu hoạch sớm.

Sự phát triển của hệ rễ và nguồn dinh dưỡng: Khi hạt bắt đầu nảy mầm, rễ chính đâm xuyên qua vỏ hạt và phát triển mạnh, tạo nền tảng cho cây con hấp thu nước và khoáng chất. Tuy nhiên, trong những ngày đầu, cây cải mầm chưa cần bổ sung dinh dưỡng từ môi trường bên ngoài, mà hoàn toàn dựa vào chất dinh dưỡng dự trữ trong hạt giống – bao gồm tinh bột, protein và các acid amin. Hệ rễ mảnh, trắng và lan đều trong GT, giúp cây đứng vững và hấp thu ẩm hiệu quả.

Đặc điểm thân và lá mầm: Cây cải mầm trắng ở giai đoạn này có thân cao, mềm, mọng nước và dễ uốn cong. Khi chạm tay vào, thân có cảm giác mát, trơn và dễ gãy nếu bị tác động mạnh. Lá mầm tuy nhỏ nhưng đóng vai trò quan trọng trong giai đoạn đầu của quá trình sinh trưởng. Hai lá mầm mọc đối nhau, hình tròn hoặc bầu dục, mép lá trơn, bề mặt lá mịn. Khi cây chưa được chiếu sáng, lá mầm có màu vàng nhạt, sau đó sẽ dần chuyển sang màu xanh lục khi tiếp xúc với ánh sáng.

Sự thay đổi khi tiếp xúc với ánh sáng: Khi cây được đưa ra ánh sáng tự nhiên hoặc ánh sáng nhân tạo thích hợp, sắc tố diệp lục bắt đầu hình thành, khiến thân cây chuyển sang màu xanh nhạt hoặc xanh trắng, lá mầm trở nên xanh hơn và mở rộng ra. Đồng thời, thân cây dần trở nên cứng cáp, mập mạp

và đứng thẳng hơn. Đây là dấu hiệu cho thấy cây bắt đầu chuyển sang giai đoạn quang hợp độc lập, không còn phụ thuộc hoàn toàn vào dinh dưỡng dự trữ trong hạt.

Thời gian sinh trưởng và đặc điểm thu hoạch: Giai đoạn mầm của cây cải mầm trắng diễn ra trong thời gian rất ngắn, thường kéo dài khoảng 5–7 ngày tùy theo điều kiện nhiệt độ, độ ẩm và ánh sáng. Khi đạt chiều cao từ 5–7 cm, thân trắng sáng, lá mầm hé mở và cây đồng đều là lúc thích hợp nhất để thu hoạch. Ở thời điểm này, cây chứa nhiều vitamin, khoáng chất và enzym hoạt tính, có giá trị dinh dưỡng cao và được ưa chuộng trong thực phẩm tươi sống.

1.3.1.2. Yêu cầu sinh thái

Nhiệt độ: Nhiệt độ là yếu tố quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình nảy mầm và sinh trưởng của cây cải mầm trắng.

Giai đoạn đầu (nảy mầm): Cần duy trì nhiệt độ tương đối cao, khoảng 28–32°C, giúp hạt hút nước nhanh, kích thích các enzyme hoạt động mạnh, từ đó thúc đẩy quá trình nảy mầm đồng đều.

Giai đoạn phát triển thân và lá mầm: Nhiệt độ thích hợp nhất khoảng 26–31°C. Nếu nhiệt độ thấp dưới 20°C, cây phát triển chậm, dễ bị còi cọc; ngược lại, nếu quá cao (trên 35°C), thân cây dễ mềm nhũn, héo rũ hoặc bị thối gốc. Duy trì nhiệt độ ổn định trong suốt chu kỳ sinh trưởng giúp cây mập, mọng nước và có màu sắc đẹp.

Ánh sáng: Ánh sáng có vai trò điều hòa quá trình hình thành diệp lục, ảnh hưởng đến màu sắc, độ cứng cáp và chất lượng rau mầm.

Sau khi gieo hạt: Dùng bìa carton, giấy báo hoặc tấm vải đen đậy kín khay trồng để giữ ẩm và hạn chế ánh sáng, tạo môi trường tối giúp hạt nảy mầm nhanh và thân cây phát triển dài hơn.

Sau 1–2 ngày: Khi cây đã nảy mầm, cao khoảng 3–5 cm, nên bỏ tấm đậy và đưa khay ra nơi có ánh sáng khuếch tán nhẹ, như ánh sáng buổi sáng sớm hoặc chiều muộn.

Tránh ánh nắng trực tiếp vì nhiệt độ cao và cường độ sáng mạnh có thể làm cháy lá, thân teo lại hoặc cây ngã vàng. Ánh sáng yếu nhưng ổn định sẽ giúp cây cải mầm phát triển đều, thân trắng sáng, lá xanh nhạt tự nhiên.

Độ ẩm: Độ ẩm là yếu tố thiết yếu đảm bảo hạt nảy mầm nhanh và cây phát triển tốt.

Duy trì ẩm độ cao: GT cần luôn giữ đủ ẩm, giúp hạt hút nước liên tục, tuy nhiên không được để ngập úng vì dễ gây thối rễ và nấm mốc.

Phương pháp tưới: Nên dùng bình phun sương để làm ẩm nhẹ nhàng, tránh làm xô dịch hoặc gãy cây non. Phun đều khắp bề mặt, đặc biệt chú ý vùng rìa khay thường khô nhanh hơn.

Thời điểm tưới: Nên tưới vào buổi sáng sớm hoặc chiều mát, tránh tưới buổi trưa khi nhiệt độ cao dễ gây sốc nhiệt cho cây. Việc duy trì độ ẩm ổn định sẽ giúp cây mọc đều, thân mọng nước và hạn chế bệnh hại.

GT trồng: GT là môi trường trực tiếp cung cấp nước, không khí và chất dinh dưỡng ban đầu cho cây mầm.

Lựa chọn: Cải mầm trắng có thể được trồng bằng đất sạch, GT hữu cơ (mùn xơ dừa, trấu hun, mùn cưa đã xử lý) hoặc đơn giản là khăn giấy ẩm, bông gòn.

Yêu cầu: GT cần tơi xốp, thoáng khí và có khả năng thoát nước tốt, giúp rễ phát triển thuận lợi, tránh bị úng nước hay nhiễm nấm.

Chuẩn bị: Trước khi gieo hạt, nên trải đều lớp GT phẳng mặt khay, độ dày khoảng 2–3 cm, sau đó làm ẩm nhẹ bằng bình phun sương để tạo điều kiện cho hạt nảy mầm tốt nhất. Một số mô hình sản xuất hiện đại còn sử dụng khay thủy canh hoặc miếng bông cellulose sinh học, vừa sạch, vừa giúp kiểm soát ẩm độ chính xác, phù hợp cho trồng rau mầm trong nhà.

1.3.2. Giá trị dinh dưỡng của rau cải mầm trắng

Rau mầm cải trắng (*Brassica rapa* var. *chinensis*) là giai đoạn cây cải non mới nảy mầm, thường được thu hoạch sau 5–7 ngày gieo trồng. Dù có kích thước nhỏ, song đây lại là giai đoạn mà hàm lượng dinh dưỡng và hoạt chất sinh học trong cây đạt mức cao nhất. Các nghiên cứu gần đây cho thấy rau mầm cải trắng chứa nồng độ vitamin, khoáng chất và các hợp chất chống oxy hóa cao gấp nhiều lần so với rau trưởng thành cùng loài, vì vậy được xem là một trong những loại rau mầm có giá trị dinh dưỡng vượt trội.

Thành phần dinh dưỡng và hoạt chất sinh học đặc trưng: Rau mầm cải trắng là nguồn cung cấp phong phú vitamin A, C, E, K, cùng các khoáng chất thiết yếu như sắt, canxi, kali, magie và kẽm. Bên cạnh đó, chúng còn chứa hàm lượng cao protein thực vật, chất xơ hòa tan và không hòa tan, giúp hỗ trợ quá trình tiêu hóa và chuyển hóa năng lượng hiệu quả. Đặc biệt, cải trắng thuộc họ Brassicaceae, chứa các hợp chất glucosinolate – tiền chất của isothiocyanate và sulforaphane, hai hoạt chất có khả năng chống oxy hóa, kháng viêm và ức chế tế bào ung thư. Theo nghiên cứu của Viện Dinh dưỡng Nhật Bản (2019), hàm lượng sulforaphane trong rau mầm cải trắng cao hơn từ 10–20 lần so với rau cải trưởng thành, khiến nó trở thành “nguồn dược liệu tự nhiên” quý giá trong dinh dưỡng học [26].

Tác dụng hỗ trợ hệ tiêu hóa và tăng khả năng hấp thu dinh dưỡng: Trong quá trình nảy mầm, các enzyme nội sinh trong hạt cải trắng được hoạt hóa mạnh mẽ, đặc biệt là amylase, protease và lipase. Các enzyme này tham gia phân giải tinh bột, protein và lipid phức tạp thành dạng đơn giản hơn, giúp cơ thể dễ tiêu hóa và hấp thu chất dinh dưỡng. Đồng thời, rau mầm cải trắng giàu chất xơ hòa tan, giúp tăng thể tích phân, kích thích nhu động ruột và cân bằng hệ vi sinh đường ruột. Sử dụng rau mầm cải trắng thường xuyên giúp cải thiện chức năng tiêu hóa, phòng ngừa táo bón, hỗ trợ quá trình thải độc tự nhiên của cơ thể [26].

Tăng cường sức đề kháng và hỗ trợ hệ miễn dịch: Rau mầm cải trắng chứa hàm lượng vitamin C cao gấp 3–5 lần so với rau cải trưởng thành, đóng vai trò quan trọng trong việc kích hoạt hệ miễn dịch. Vitamin C giúp tăng tổng hợp interferon và bạch cầu lympho, đồng thời tăng khả năng chống lại vi khuẩn, virus gây bệnh. Ngoài ra, sự hiện diện của các nguyên tố vi lượng như sắt, kẽm, đồng và mangan góp phần thúc đẩy quá trình tạo máu, tăng cường vận chuyển oxy và nâng cao sức bền cơ thể. Nhờ đó, rau mầm cải trắng được xem là thực phẩm lý tưởng giúp phòng ngừa cảm cúm, suy nhược và các bệnh nhiễm trùng thông thường [26].

Bảo vệ sức khỏe tim mạch: Rau mầm cải trắng có chứa các acid béo omega-3 tự nhiên, cùng với hàm lượng cao polyphenol và flavonoid – những

hợp chất có khả năng giảm cholesterol xấu (LDL) và ngăn ngừa sự oxy hóa lipid trong máu. Các nghiên cứu dinh dưỡng hiện đại cho thấy, glucoraphanin và isothiocyanate trong rau mầm cải trắng có tác dụng giảm viêm nội mô mạch máu, hạn chế hình thành mảng xơ vữa, đồng thời điều hòa huyết áp. Việc bổ sung rau mầm cải trắng vào chế độ ăn hàng ngày giúp bảo vệ hệ tim mạch, giảm nguy cơ bệnh mạch vành, đột quy và xơ vữa động mạch [26].

Cải thiện sức khỏe da và tóc: Hàm lượng cao vitamin A, C, E và kẽm trong rau mầm cải trắng giúp duy trì sự tái tạo tế bào biểu bì, thúc đẩy tổng hợp collagen và ức chế quá trình lão hóa sớm. Vitamin A hỗ trợ duy trì độ ẩm và độ đàn hồi của da, trong khi vitamin E đóng vai trò là chất chống oxy hóa mạnh, giúp bảo vệ da khỏi tác động của tia UV và ô nhiễm môi trường. Kẽm giúp điều tiết tuyến bã nhờn, giảm mụn và duy trì da đầu khỏe mạnh, nhờ đó tóc trở nên chắc khỏe, giảm gãy rụng [26].

Tiềm năng phòng ngừa ung thư: Một trong những lợi ích nổi bật nhất của rau mầm cải trắng là khả năng hỗ trợ phòng ngừa ung thư nhờ vào nhóm hợp chất glucosinolate – isothiocyanate – sulforaphane. Các hợp chất này kích hoạt hệ enzyme giải độc pha II trong gan, giúp cơ thể chuyển hóa và loại bỏ các tác nhân gây ung thư như nitrosamine và aflatoxin. Sulforaphane còn có khả năng ức chế quá trình phân chia bất thường của tế bào, ngăn ngừa sự hình thành khối u. Nghiên cứu của *Johns Hopkins University (Mỹ, 2018)* đã chỉ ra rằng việc bổ sung 50 g rau mầm cải trắng mỗi ngày có thể làm tăng hoạt tính enzyme chống oxy hóa nội sinh (GST và NQO1) lên đến 60%, góp phần bảo vệ tế bào trước tổn thương DNA [26].

Rau mầm cải trắng là loại thực phẩm dễ trồng, thời gian sinh trưởng ngắn, không yêu cầu đất canh tác phức tạp, có thể trồng bằng GT hữu cơ hoặc thủy canh trong điều kiện đô thị. Vì vậy, ngoài giá trị dinh dưỡng, rau mầm cải trắng còn có ý nghĩa thực tiễn trong phát triển nông nghiệp sạch, nông nghiệp học đường và giáo dục STEM, giúp học sinh hiểu rõ mối liên hệ giữa khoa học – thực hành – sức khỏe con người [26].

CHƯƠNG 2: THỰC NGHIỆM

2.1. Bố trí thí nghiệm

2.1.1. Thí nghiệm 1: Xử lý giá thể sau trồng dưa chuột

* Bố trí thí nghiệm:

GT đối chứng (GT1): Không xử lý

GT2: Trichoderma

GT3: EMUNIV

GT4: Trichoderma + EMUNIV

Bảng 2.1. Sơ đồ bố trí thí nghiệm 4 giá thể

GT1	GT2
GT4	GT3

* Cách tiến hành

GT đối chứng (GT1): 20 kg GT sau trồng dưa chuột đã phơi khô được chuẩn bị làm mẫu đối chứng. Sau khi đạt trạng thái khô, GT được tưới đều 2 lít nước sạch, đồng thời điều chỉnh thêm lượng nước để đạt độ ẩm khoảng 55–60%. GT được đảo trộn kỹ để độ ẩm phân bố đồng đều. Mẫu này không xử lý bằng nước vôi hay chế phẩm sinh học.

GT2: 20 kg GT sau trồng dưa chuột đã phơi khô được ngâm trong dung dịch nước vôi 1% trong khoảng 12–24 giờ nhằm khử khuẩn và trung hòa pH. Sau khi ngâm, gạn bỏ nước vôi, để ráo và tiếp tục phơi cho đến khi đạt độ ẩm khoảng 40%. Tiếp đó, hòa 50g chế phẩm Trichoderma với 2 lít nước sạch, tưới đều, điều chỉnh thêm nước sạch để độ ẩm đạt 55–60%, sau đó đảo trộn kỹ để chế phẩm phân bố đồng đều.

GT3: 20 kg GT sau trồng dưa chuột đã phơi khô được ngâm trong dung dịch nước vôi 1% trong 12–24 giờ, sau đó gạn bỏ nước, để ráo và phơi lại đến khi đạt độ ẩm khoảng 40%. Chuẩn bị dung dịch chế phẩm EMUNIV bằng cách hòa 50g EMUNIV với 2 lít nước sạch, tưới đều dung dịch này lên GT, điều chỉnh thêm nước sạch để đạt độ ẩm 55–60% và đảo đều để chế phẩm phân bố đồng nhất trong GT.

GT4: 20 kg GT sau trồng dưa chuột đã phơi khô được ngâm trong dung dịch nước vôi 1% trong khoảng 12–24 giờ, sau đó gạn bỏ nước, để ráo và phơi lại đến khi đạt độ ẩm khoảng 40%. Sử dụng 2 chế phẩm vào 2 thời điểm khác nhau bằng cách hòa 25g EMUNIV vào 1 lít nước và hòa 25g Trichoderma vào 1 lít nước. Tiếp tục điều chỉnh lượng nước để đạt độ ẩm 55–60% và đảo trộn đều để chế phẩm phân bố đồng đều. Sau xử lý, các GT được bảo quản nơi khô thoáng, tránh ánh nắng trực tiếp.

2.1.2. Thí nghiệm 2: Trồng rau cải mầm trắng

* Bố trí thí nghiệm: Rau mầm củ cải trắng trồng trên các GT GT1, GT2, GT3, GT4 được kí hiệu lần lượt là R1, R2, R3, R4

Bảng 2.2. Sơ đồ bố trí thí nghiệm trồng rau cải mầm trắng

Nhắc lại 1	R1	R2	R3	R4
Nhắc lại 2	R2	R3	R1	R4
Nhắc lại 3	R3	R4	R2	R1

* Cách tiến hành

Thí nghiệm trồng rau mầm củ cải được bố trí theo kiểu khối ngẫu nhiên hoàn chỉnh, thí nghiệm được lặp lại ba lần và được thực hiện trong nhà có mái che với điều kiện ngoại cảnh và chế độ chăm sóc như nhau.

Xử lý hạt giống và gieo hạt: Rửa hạt giống bằng nước rồi đãi sạch loại bỏ những hạt lép. Ngâm hạt giống trong nước ấm 40 °C trong thời gian 6 giờ, sau đó vớt toàn bộ hạt ra để ráo nước và ủ trong khăn sạch ẩm trong 12 giờ để giúp hạt dễ nảy mầm.

Đổ GT vào các rổ nhựa (460 x 370 x 150 mm) để tạo độ dày khoảng 3 cm, dùng bình phun tưới đều nước sạch lên trên GT để đạt được độ ẩm thích hợp cho cây rau mầm phát triển. Cân 100g hạt đã được xử lý và gieo đều vào trong mỗi rổ chứa GT, phủ lên trên hạt vừa gieo một lớp GT mỏng, sau đó tiếp tục phun ẩm bằng nước sạch và đậy kín rổ bằng lưới đen.

Chăm sóc rau mầm: trong hai ngày đầu sau khi gieo hạt chỉ cần tưới ẩm 1 lần/ngày vào buổi sáng và tránh hạt mầm tiếp xúc trực tiếp với ánh sáng. Từ ngày thứ ba trở đi tiến hành tưới ẩm 2 lần/ngày cho cây mầm bằng nước sạch

vào 7 giờ sáng và 15 giờ chiều. Đậy các rổ trồng rau mầm bằng lưới đen trong 3 ngày đầu sau khi gieo, đến ngày thứ 4 bắt đầu không che tối, nhưng không để rau mầm tiếp xúc trực tiếp với ánh sáng mặt trời. Ngừng tưới nước trước khi thu hoạch rau mầm khoảng 12 giờ đồng hồ. Rau cải mầm được thu hoạch trước khi xuất hiện lá thật. Rau mầm củ cải trắng trồng trên các GT: GT1, GT2, GT3, GT4 được kí hiệu lần lượt là R1, R2, R3, R4.

2.2. Theo dõi thí nghiệm và thu thập số liệu

2.2.1. Phương pháp theo dõi và thu thập số liệu từ thí nghiệm xử lý giá thể

- Độ ẩm: Xác định độ ẩm đồng ủ GT đo bằng ẩm kế.
- Xác định độ pH: máy đo pH.
- Thời gian ủ GT cho đến khi chiều cao đồng ủ không thay đổi.
- Chiều cao đồng ủ: đo bằng thước dây
- Diễn biến nhiệt độ đồng ủ: tiến hành đo bằng nhiệt kế

Thời gian đo: vào 14:00, 7 ngày tiến hành đo 1 lần, đo đến khi chiều cao đồng ủ không thay đổi.

2.2.2. Phương pháp theo dõi và thu thập số liệu về các chỉ tiêu sinh trưởng và năng suất của rau mầm

- Tỷ lệ nảy mầm của hạt (%): gieo 100 hạt rau cải mầm trắng trong 1 rổ, đếm tổng số hạt nảy mầm.

$$\text{Tỷ lệ hạt nảy mầm (\%)} = \frac{\text{Số hạt nảy mầm}}{100 \text{ hạt}} \times 100$$

- Chiều cao cây mầm (cm): bắt đầu đo từ ngày thứ 3 sau khi gieo hạt vào 6 giờ sáng và 6 giờ chiều hàng ngày cho đến khi thu hoạch, đo chiều cao cây mầm từ mặt đất đến ngọn bằng thước nhựa.

- Thời gian thu hoạch (ngày): tính từ khi gieo hạt đến trước khi cây xuất hiện lá thật.

- Năng suất tươi (gram/rổ, gieo 100g hạt/ rổ): cắt bỏ toàn bộ phần rễ và một phần thân dưới của cây rau mầm sau đó cân rau tươi thu hoạch được trong mỗi rổ.

- Khả năng tích lũy chất khô (%): Dùng cân chính xác để cân trọng lượng của mẫu rau cải mầm ngay sau khi thu hoạch, ghi lại trọng lượng này (P1). Đặt

mẫu rau cải mầm vào lò sấy hoặc sử dụng máy sấy ở nhiệt độ khoảng 60-70°C trong khoảng 24 - 48 giờ cho đến khi mẫu hoàn toàn khô. Đảm bảo không có nước còn lại trong mẫu. Sau khi sấy, để mẫu nguội và cân lại trọng lượng (P2). Sử dụng công thức sau để tính khả năng tích lũy chất khô:

$$\text{Khả năng tích lũy chất khô (\%)} = \frac{P2}{P1} \times 100$$

- Theo dõi bệnh thối thân của cây rau mầm trên các GT khác nhau [27].

Cấp 1 (nhẹ): <10% số thân bị bệnh

Cấp 2 (trung bình): Từ 10% đến 30% số thân bị bệnh

Cấp 3 (nặng): >30% số thân bị bệnh

- Thời gian bảo quản: Tính theo giờ, cứ 6 giờ kiểm tra 1 lần, tính từ khi bảo quản lạnh bằng tủ lạnh cho đến khi bắt đầu xuất hiện thối nhũn thì dừng lại

CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá một số chỉ tiêu của giá thể sau xử lý từ các công thức xử lý giá thể sau trồng dưa

Sau quá trình xử lý GT bằng các công thức GT1–GT4, các chỉ tiêu về pH, độ ẩm, diễn biến nhiệt độ, chiều cao đồng ủ và thời gian ổn định được theo dõi nhằm đánh giá mức độ cải thiện chất lượng GT so với đối chứng.

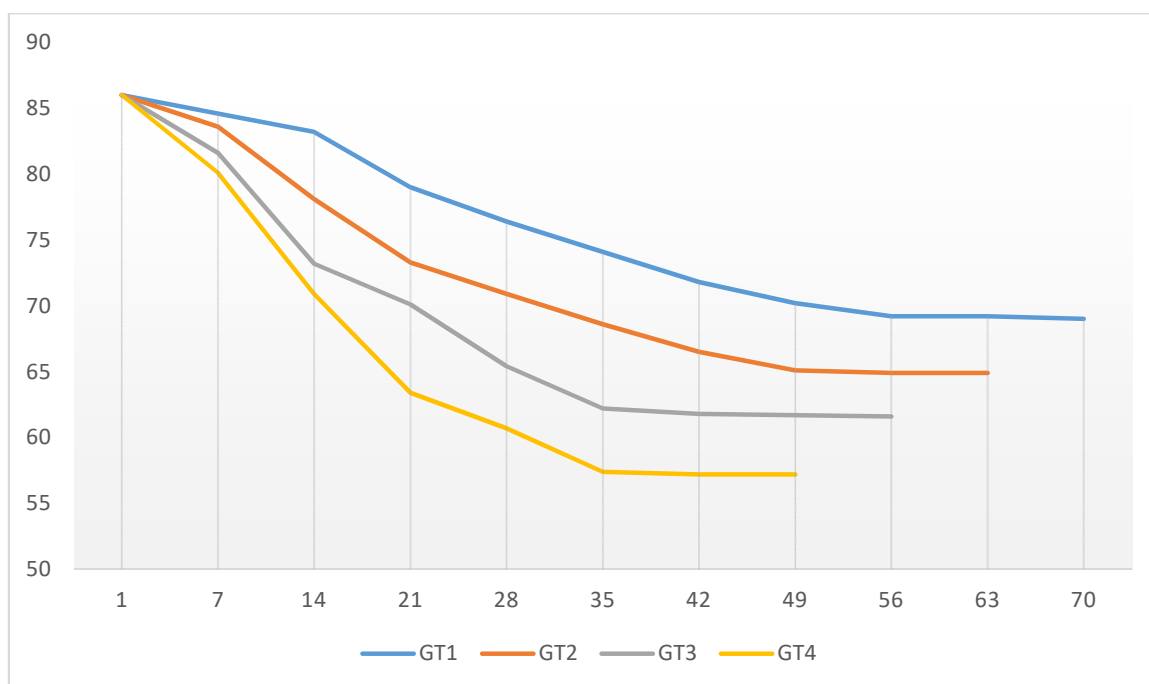
Đề chiều cao các đồng ủ là như nhau (86 cm, với đường kính 43.2cm)

3.1.1. Diễn biến chiều cao đồng ủ trong quá trình xử lý giá thể

Chiều cao đồng ủ phản ánh tốc độ phân hủy chất hữu cơ trong suốt quá trình xử lý GT. Cho kết quả như sau:

Bảng 3.1. Diễn biến chiều cao đồng ủ trong quá trình xử lý giá thể

Ngày sau ủ	Chiều cao (cm)				LSD _{0.05}	CV (%)
	GT1	GT2	GT3	GT4		
0	86.0	86.0	86.0	86.0	0.0	0.0
7	84.6	83.6	81.6	80.1	2.67	2.44
14	83.2	78.1	73.2	70.9	4.40	7.16
21	79.0	73.3	70.1	63.4	4.80	9.11
28	76.4	70.9	65.4	60.7	4.91	9.94
35	74.1	68.6	62.2	57.4	5.10	11.14
42	71.8	66.5	61.8	57.2	4.71	9.74
49	70.2	65.1	61.7	57.2	4.41	8.64
56	69.2	64.9	61.6		4.78	5.84
63	69.2	64.9			6.85	4.54
70	69.0				-	-



Biểu đồ 3.1. Diễn biến chiều cao đồng ủ trong quá trình xử lý giá thể

Nhận xét:

Diễn biến quá trình

Chiều cao các đồng ủ ở cả 4 giá thể (GT1–GT4) đều giảm dần theo thời gian ủ, thể hiện sự sụt lún do quá trình phân hủy vật chất hữu cơ.

Giai đoạn đầu (0–14 ngày): Chiều cao giảm nhanh ở tất cả các giá thể, đặc biệt ở GT3 và GT4 (giảm 12,8–15,1 cm), cho thấy quá trình phân giải diễn ra mạnh.

Giai đoạn giữa (14–35 ngày): Mức sụt lún tiếp tục nhưng chậm dần, phản ánh giai đoạn làm nguội, vi sinh vật chuyển từ hoạt động mạnh sang ổn định.

Giai đoạn cuối (từ 42 ngày trở đi): Các giá thể bắt đầu ổn định, chiều cao gần như không thay đổi đáng kể, chứng tỏ quá trình ủ đã hoàn tất.

Tổng mức sụt lún của GT4 (~28,6 cm) cao nhất, tiếp đến là GT3 (~24,4 cm), GT2 (~21,1 cm), thấp nhất là GT1 (~17 cm). Điều này thể hiện mức độ phân hủy và chuyển hóa vật chất hữu cơ mạnh nhất ở GT4.

Biện luận khoa học

GT1: Không bổ sung chế phẩm, nên vi sinh vật tự nhiên hoạt động yếu, phân giải chậm, độ sụt lún thấp dẫn đến hiệu quả xử lý kém.

GT2: Có enzyme phân giải cellulose và lignin mạnh, giúp đồng ủ sinh nhiệt và phân rã nhanh hơn, song vẫn chậm hơn so với hệ đa vi sinh.

GT3: Hệ vi sinh đa chủng (Bacillus, Lactobacillus...) hoạt động đồng thời, giúp phân giải hữu cơ hiệu quả, nên đồng ủ sục nhanh và sớm ổn định.

GT4: Hiệu ứng cộng hưởng giữa hai chế phẩm giúp hoạt động vi sinh diễn ra mạnh và toàn diện nhất - tốc độ phân hủy cao, quá trình ổn định sớm, đồng ủ đạt trạng thái mùn hóa hoàn toàn.

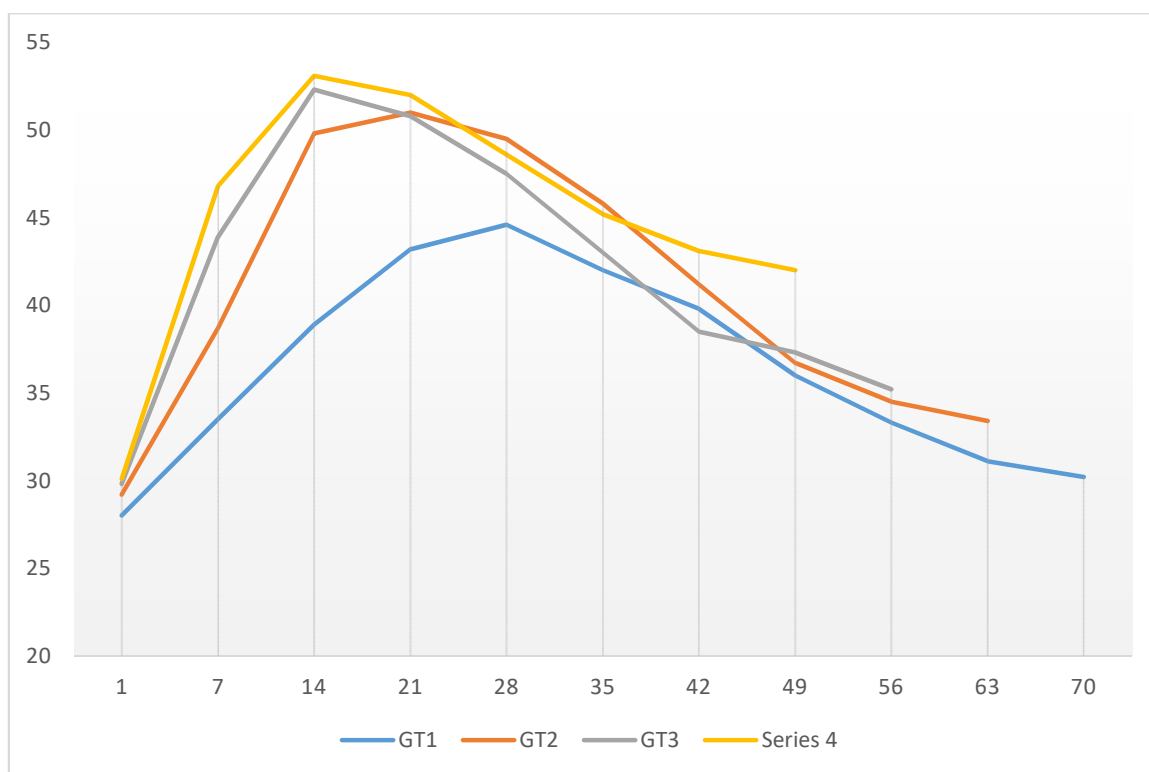
Chiều cao đồng ủ giảm nhanh tỷ lệ thuận với cường độ hoạt động của vi sinh vật. GT4 đạt hiệu quả xử lý tối ưu nhất, vừa rút ngắn thời gian ủ, vừa tạo giá thể tơi xốp, ổn định và giàu dinh dưỡng hơn so với các nghiệm thức còn lại.

3.1.2. Diễn biến nhiệt độ trong quá trình xử lý giá thể

Trong suốt thời gian xử lý, nhiệt độ đồng ủ cho kết quả như sau:

Bảng 3.2. Diễn biến nhiệt độ trong quá trình xử lý giá thể

Ngày sau ủ	Nhiệt độ (°C)				LSD _{0.05}	CV%
	GT 1	GT 2	GT 3	GT 4		
0	28.0	29.2	29.8	30.1	1.81	3.17
7	33.5	38.7	43.9	46.8	4.56	14.41
14	38.9	49.8	52.3	53.1	4.83	13.54
21	43.2	51.0	50.8	52.0	3.80	8.26
28	44.6	49.5	47.5	48.6	2.75	4.48
35	42.0	45.8	43.0	45.2	2.52	4.08
42	39.8	41.2	38.5	43.1	2.64	4.85
49	36.0	36.7	37.3	42.0	3.10	7.16
56	33.3	34.5	35.2		2.40	2.80
63	31.1	33.4			5.01	5.04
70	30.2				-	-



Biểu đồ 3.2. Diễn biến nhiệt độ trong quá trình xử lý giá thể

Nhận xét:

Diễn biến quá trình

Nhiệt độ các giá thể đều tăng nhanh sau khi bắt đầu ủ, đạt đỉnh trong khoảng 14–21 ngày, sau đó giảm dần và ổn định. GT4 có mức nhiệt cao nhất (53,1°C), cho thấy hoạt động vi sinh mạnh nhất, tiếp đến là GT3 (52,3°C), GT2 (51,0°C) và thấp nhất là GT1 (44,6°C).

Biện luận khoa học

GT1: Thiếu tác nhân sinh học nên chỉ có hoạt động của hệ vi sinh tự nhiên, dẫn đến quá trình sinh nhiệt yếu, pha ưa nhiệt ngắn, hiệu quả phân hủy thấp.

GT2: Tăng cường rõ rệt so với GT1 nhờ enzyme phân giải cellulose và lignin, tuy nhiên thời gian duy trì nhiệt cao chưa dài, hiệu quả trung bình.

GT3: Nhiệt độ đỉnh cao và đạt sớm, chứng tỏ sự hoạt hóa mạnh của vi khuẩn và xạ khuẩn trong chế phẩm. Quá trình ủ diễn ra nhanh, mùn hóa tốt.

GT4: Là công thức hiệu quả nhất — nhiệt độ đạt đỉnh cao nhất và ổn định sớm nhất. Sự phối hợp giữa nấm và vi khuẩn giúp quá trình phân giải diễn ra đồng thời cả cellulose, protein và chất béo, tạo sản phẩm mùn ổn định và không còn sinh nhiệt.

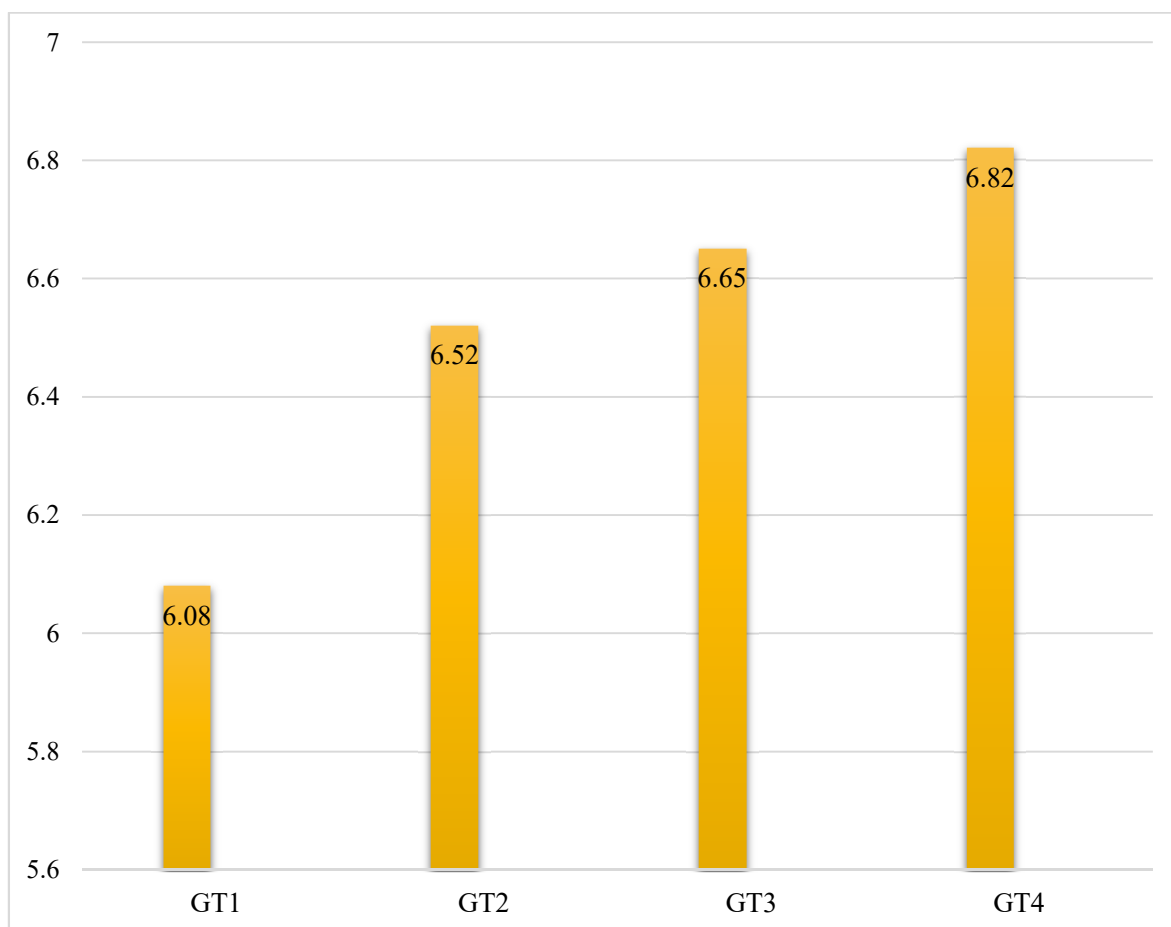
Nhiệt độ tăng nhanh và đạt đỉnh cao ở GT3 và GT4 chứng minh hoạt động phân hủy hữu cơ diễn ra mạnh và hiệu quả nhất. Công thức GT4 (EMUNIV + Trichoderma) thể hiện tính vượt trội rõ rệt, giúp rút ngắn thời gian ủ, tăng hiệu quả phân hủy và tạo giá thể có chất lượng sinh học cao, sẵn sàng cho tái sử dụng an toàn trong sản xuất nông nghiệp.

3.1.3. Thay đổi các chỉ tiêu hóa lý của giá thể sau xử lý

Các chỉ tiêu hóa lý như pH và độ ẩm phản ánh sự thay đổi về tính chất môi trường của GT sau quá trình ủ cho kết quả:

Bảng 3.3. Diễn biến độ pH trong quá trình xử lý giá thể

Thời gian (ngày)	Độ pH				LSD _{0.05}	CV %
	GT1	GT2	GT3	GT4		
0	5.70	6.30	6.50	6.70	1.24	6.86
7	5.82	6.36	6.53	6.73	1.18	6.14
14	5.89	6.41	6.56	6.75	1.14	5.76
21	5.95	6.45	6.59	6.77	1.12	5.47
28	6.02	6.50	6.61	6.79	1.10	5.08
35	6.09	6.53	6.64	6.81	1.04	4.72
42	6.15	6.56	6.67	6.83	1.01	4.43
49	6.21	6.59	6.70	6.85	0.98	4.15
56	6.28	6.63	6.72	6.87	0.94	3.78
63	6.34	6.67	6.75	6.89	0.91	3.50
70	6.40	6.70	6.78	6.90	0.87	3.18
Trung bình	6.08	6.52	6.65	6.82	-	-



Biểu đồ 3.3. Diễn biến độ pH trong quá trình xử lý giá thể

Nhận xét:

Diễn biến quá trình

Giá trị pH ở tất cả các giá thể (GT1–GT4) đều tăng dần theo thời gian ủ, cho thấy môi trường đồng ủ chuyển từ hơi chua sang trung tính. GT1 (đối chứng) tăng chậm nhất, chỉ từ 5,70 đến 6,40, trong khi GT4 tăng nhanh và ổn định nhất (từ 6,70 đến 6,90).

Biện luận khoa học

Sự tăng pH là kết quả của quá trình phân giải các hợp chất hữu cơ (acid hữu cơ, protein, urê...) và giải phóng amoniac (NH_3) trong giai đoạn hoạt động mạnh của vi sinh vật.

GT1: Không có bổ sung chế phẩm nên tốc độ trung hòa acid diễn ra chậm.

GT2: Tăng nhanh hơn nhờ enzyme phân giải lignocellulose

GT3: Hoạt động đa vi sinh giúp cân bằng môi trường nhanh hơn.

GT4: Hiệu ứng cộng hưởng giữa vi khuẩn và nấm làm giảm độ chua nhanh, duy trì pH tối ưu (6,8–6,9) — mức phù hợp cho hầu hết vi sinh vật có lợi hoạt động ổn định.

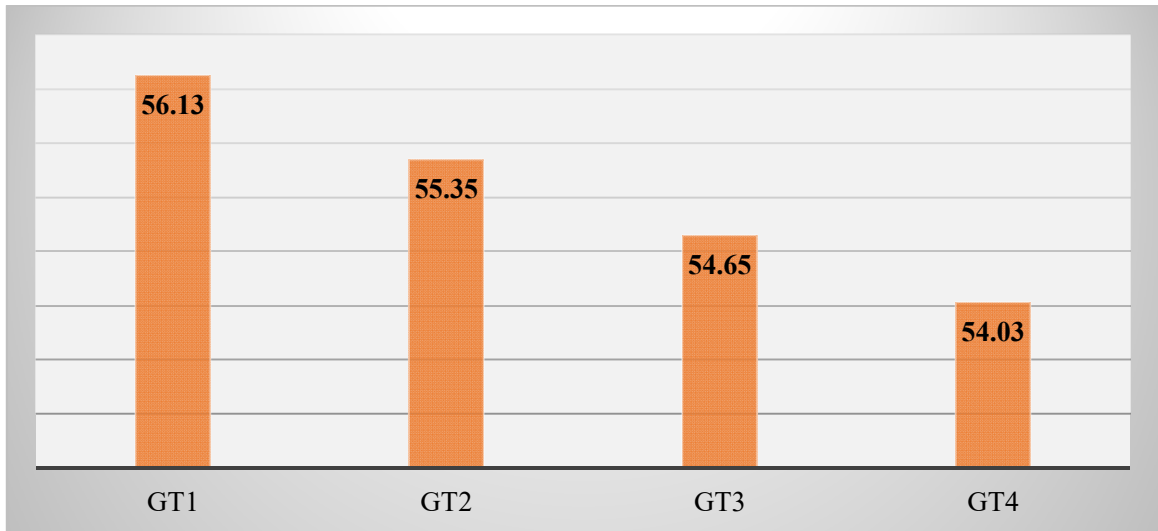
Kết luận

pH giá thể có xu hướng tăng ổn định theo thời gian, chứng tỏ sự khác biệt giữa các công thức có ý nghĩa rõ ràng ở giai đoạn đầu nhưng giảm về cuối quá trình.

Công thức GT4 cho kết quả pH cao và ổn định nhất, phản ánh hiệu quả xử lý sinh học tối ưu, giúp tạo giá thể trung tính – an toàn – giàu mùn, thích hợp tái sử dụng trong trồng rau mầm hoặc cây cảnh.

Bảng 3.4. Diễn biến độ ẩm trong quá trình xử lý giá thể

Thời gian (ngày)	Độ ẩm (%)				LSD _{0.05}	CV %
	GT1	GT2	GT3	GT4		
0	60.07	59.97	60.00	60.00	0.39	0.07
7	59.10	58.80	58.30	57.90	1.37	0.91
14	58.30	57.70	57.13	56.70	1.57	1.21
21	57.10	56.50	55.80	55.30	1.67	1.40
28	56.00	55.50	54.80	54.30	1.63	1.36
35	55.30	54.80	54.10	53.70	1.59	1.31
42	55.00	54.50	53.90	53.30	1.62	1.36
49	54.80	54.30	53.70	53.10	1.62	1.36
56	54.70	54.20	53.60	53.00	1.62	1.37
63	54.60	54.10	53.50	52.90	1.62	1.37
70	54.50	54.00	53.40	52.80	1.62	1.37
Trung bình	56.13	55.35	54.65	54.03	-	-



Biểu đồ 3.4. Diễn biến độ ẩm trong quá trình xử lý giá thể

Nhận xét:

Diễn biến quá trình

Độ ẩm các đồng ủ ở cả bốn giá thể (GT1–GT4) đều giảm dần theo thời gian ủ.

Giai đoạn đầu (0–14 ngày): độ ẩm giảm nhanh (từ khoảng 60% xuống 56–58%), do quá trình sinh nhiệt và bốc hơi nước mạnh khi vi sinh vật hoạt động mạnh.

Giai đoạn giữa (14–35 ngày): tốc độ giảm chậm lại, phản ánh sự cân bằng giữa mất ẩm do nhiệt và giữ ẩm nhờ vật liệu mùn hóa.

Giai đoạn cuối (sau 42 ngày): độ ẩm ổn định quanh 53–55%, cho thấy các đồng ủ đã đạt trạng thái chín mùn, không còn hoạt động phân hủy mạnh. GT4 có độ ẩm thấp nhất (52.8%) và ổn định sớm nhất, trong khi GT1 duy trì độ ẩm cao hơn (54.5%), chứng tỏ quá trình phân hủy ở GT4 diễn ra hiệu quả hơn.

Biện luận khoa học

Sự giảm độ ẩm phản ánh cường độ hoạt động vi sinh và quá trình trao đổi nhiệt trong đồng ủ.

Ở GT1, do thiếu chế phẩm, quá trình sinh nhiệt yếu nên độ ẩm giảm chậm.

GT2 và GT3 cho thấy hoạt động vi sinh mạnh hơn, hơi nước thoát ra nhiều hơn, dẫn đến giảm ẩm nhanh hơn.

GT4 có sự cộng hưởng giữa nấm và vi khuẩn, thúc đẩy phân giải mạnh nhất, nhiệt lượng sinh ra lớn, độ ẩm giảm nhanh và sớm đạt trạng thái cân bằng.

Kết luận

Độ ẩm giảm dần và ổn định vào cuối chu kỳ là đặc trưng của quá trình ủ hữu cơ thành công.

GT4 đạt độ ẩm tối ưu (~52.8%), phản ánh khả năng phân hủy và thoát hơi nước hiệu quả nhất, giúp giá thể đạt trạng thái mùn hóa hoàn toàn, tơi xốp và thích hợp cho tái sử dụng trong canh tác vụ sau.

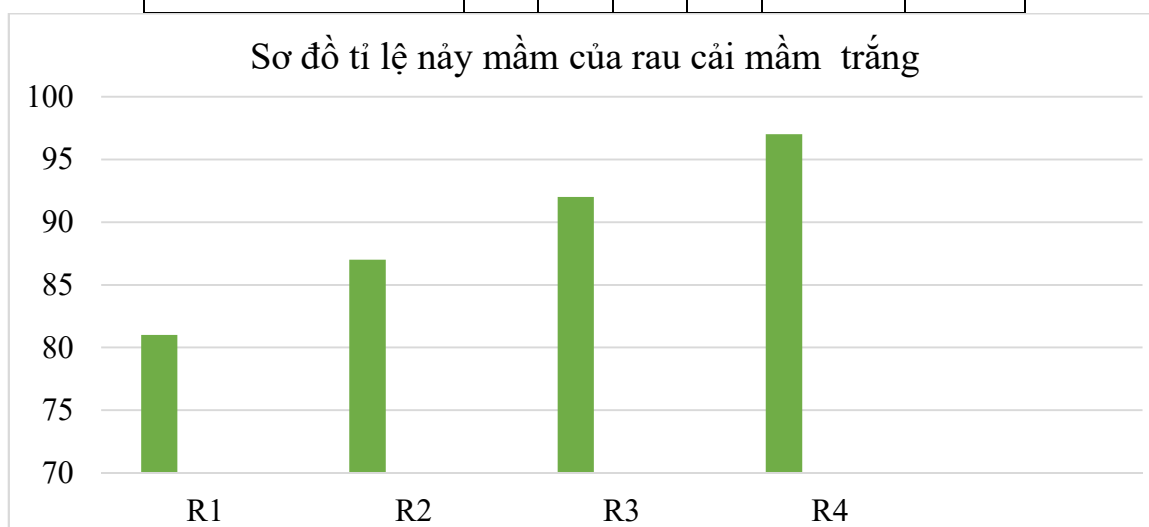
3.2. Các chỉ tiêu sinh trưởng và năng suất của rau cải mầm

3.2.1. Tỷ lệ nảy mầm của hạt

Kết quả theo dõi tỷ lệ nảy mầm của rau mầm cải trắng trên các loại GT khác nhau được thể hiện như sau:

Bảng 3.5. Tỷ lệ nảy mầm của rau mầm cải trắng trên các giá thể

Công thức	R1	R2	R3	R4	LSD _{0.05}	CV%
Tỷ lệ nảy mầm (%)	81	87	92	97	4.92	7.67



Biểu đồ 3.5. Tỷ lệ nảy mầm của rau mầm cải trắng trên các giá thể

Nhận xét:

Tỷ lệ nảy mầm của rau mầm cải trắng tăng dần theo thứ tự R1 < R2 < R3 < R4, cho thấy chất lượng giá thể và hoạt động vi sinh vật có ảnh hưởng rõ rệt đến quá trình nảy mầm.

Công thức R4 đạt tỷ lệ cao nhất (97%), vượt đối chứng R1 tới 16%, chứng minh sự phối hợp giữa vi sinh vật phân giải và nấm đối kháng đã tăng cường độ toi xốp, thông thoáng và dinh dưỡng của giá thể, giúp hạt hút nước, hô hấp và nảy mầm nhanh, đồng đều hơn.

3.2.2. Chiều cao cây mầm và thời gian thu hoạch

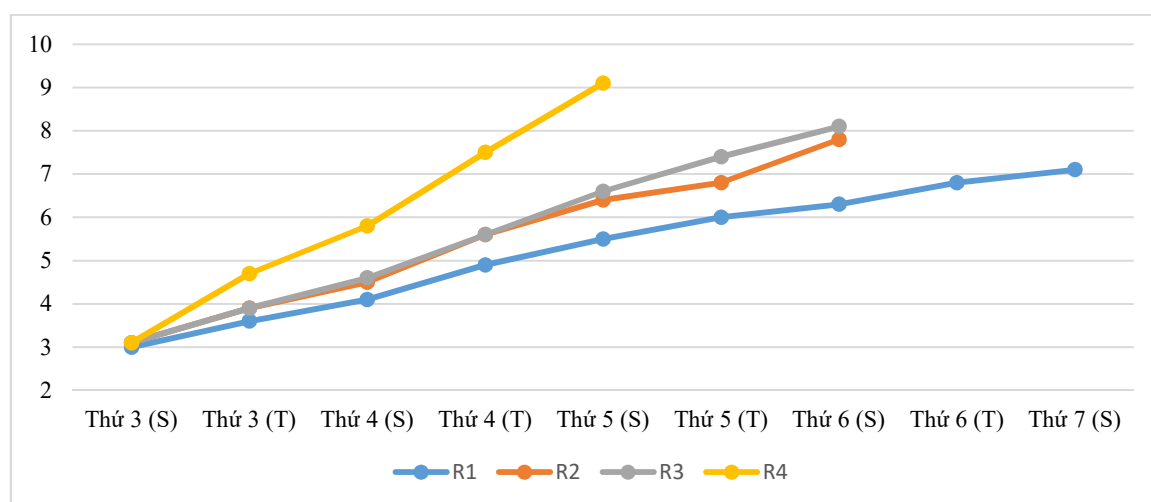
3.2.2.1. Chiều cao cây mầm

Chiều cao trung bình của rau mầm cải trắng được theo dõi qua các ngày sinh trưởng trên những GT khác nhau cho kết quả:

Bảng 3.6. Chiều cao trung bình cây rau mầm cải trắng sau gieo...ngày (cm)

	3 Ngày		4 ngày		5 ngày		6 ngày		7 ngày	
	Sáng	Tối	Sáng	Tối	Sáng	Tối	Sáng	Tối	Sáng	Tối
R1	3.0	3.6	4.1	4.9	5.5	6	6.3	6.8	7.1	*
R2	3.1	3.9	4.5	5.6	6.4	6.8	7.8	*		
R3	3.1	3.9	4.6	5.6	6.6	7.4	8.1	*		
R4	3.1	4.7	5.8	7.5	9.1	*				

(* là ngày thu hoạch)



Biểu đồ 3.6. Chiều cao trung bình cây rau cải mầm trắng

Nhận xét:

Diễn biến quá trình

Chiều cao cây rau mầm ở tất cả các công thức (R1–R4) đều tăng nhanh theo thời gian sinh trưởng. Tốc độ sinh trưởng khác nhau rõ rệt giữa các giá thể.

Ở giai đoạn 3–4 ngày: các công thức R2, R3, R4 bắt đầu vượt R1 (đối chứng), đặc biệt R4 có tốc độ tăng mạnh nhất.

Giai đoạn 5–6 ngày: cây sinh trưởng nhanh nhất, đặc biệt R4 đạt chiều cao lớn nhất (9,1 cm ở ngày thu hoạch), cho thấy khả năng cung cấp dinh dưỡng và giữ ẩm tốt hơn.

R1 cho chiều cao thấp nhất và thời gian sinh trưởng kéo dài nhất.

Biện luận khoa học

Sự khác biệt giữa các công thức phản ánh rõ vai trò của giá thể:

R1: Không xử lý nên dinh dưỡng thấp, khả năng thoát khí và giữ ẩm kém dẫn đến cây phát triển chậm.

R2 và R3: Có bổ sung chế phẩm giúp tăng vi sinh vật có ích, thúc đẩy quá trình khoáng hóa dinh dưỡng, cây sinh trưởng nhanh hơn

R4: Hiệu ứng cộng hưởng giữa hai chế phẩm giúp giá thể tơi xốp, thoát khí và giàu mùn giúp cây phát triển mạnh nhất, chiều cao vượt trội.

Kết luận

R4 cho sinh trưởng tốt nhất, rút ngắn thời gian thu hoạch và tạo cây ram mầm cao, đồng đều, khỏe mạnh hơn so với các công thức còn lại. Đây là giá thể tối ưu nhất để sản xuất rau mầm cải trắng.

3.2.2.2. Thời gian thu hoạch

Khi theo dõi sự phát triển về lá của cây, thời gian thu hoạch ở mỗi công thức cũng được ghi nhận:

Bảng 3.7. Thời gian thu hoạch rau cải mầm trắng trên từng giá thể

	Thời gian thu hoạch (ngày)
R1	7
R2	6
R3	6
R4	5

Nhận xét:

Thời gian thu hoạch rau mầm cải trắng có sự khác biệt rõ giữa các công thức giá thể.

R4 cho thu hoạch sớm nhất (5 ngày), kế đến R2 và R3 (6 ngày), và R1 (đối chứng) thu hoạch muộn nhất (7 ngày). Điều này cho thấy việc bổ sung chế phẩm vi sinh, đặc biệt là sự kết hợp giữa EMUNIV và Trichoderma, đã giúp rút ngắn thời gian sinh trưởng, tăng tốc độ phát triển và nâng cao hiệu quả sử dụng giá thể, nhờ cải thiện điều kiện dinh dưỡng, độ thoáng khí và hoạt tính sinh học trong môi trường trồng.

3.2.3. Năng suất tươi và khả năng tích lũy chất khô

Sau khi rau mầm cải trắng được thu hoạch, năng suất tươi và khả năng tích lũy chất khô của từng công thức GT được xác định để đánh giá ảnh hưởng của các loại GT đến sinh trưởng và năng suất của cây cho kết quả:

Bảng 3.8. Năng suất tươi và khả năng tích lũy chất khô của rau cải mầm trắng trên từng giá thể

Chỉ tiêu	R1	R2	R3	R4	LSD _{0.05}	CV%
Năng suất tươi (g/rổ)	485.33	505.67	512.67	530.33	8.12	3.66
Chất khô (g/rổ)	46.10	51.07	53.32	57.28	4.07	8.98
Tỷ lệ chất khô (%)	9.5	10.1	10.4	10.8	1.39	5.37



Biểu đồ 3.7. Năng suất tươi của rau cải mầm trắng

Nhận xét:

Diễn biến quá trình

Năng suất tươi tăng rõ rệt từ R1 đến R4.

R1 (485.33 g/rô): Giá thể sau trồng một vụ đã giảm chất hữu cơ và hoạt tính sinh học, dẫn đến khả năng giữ ẩm và cung cấp dinh dưỡng kém.

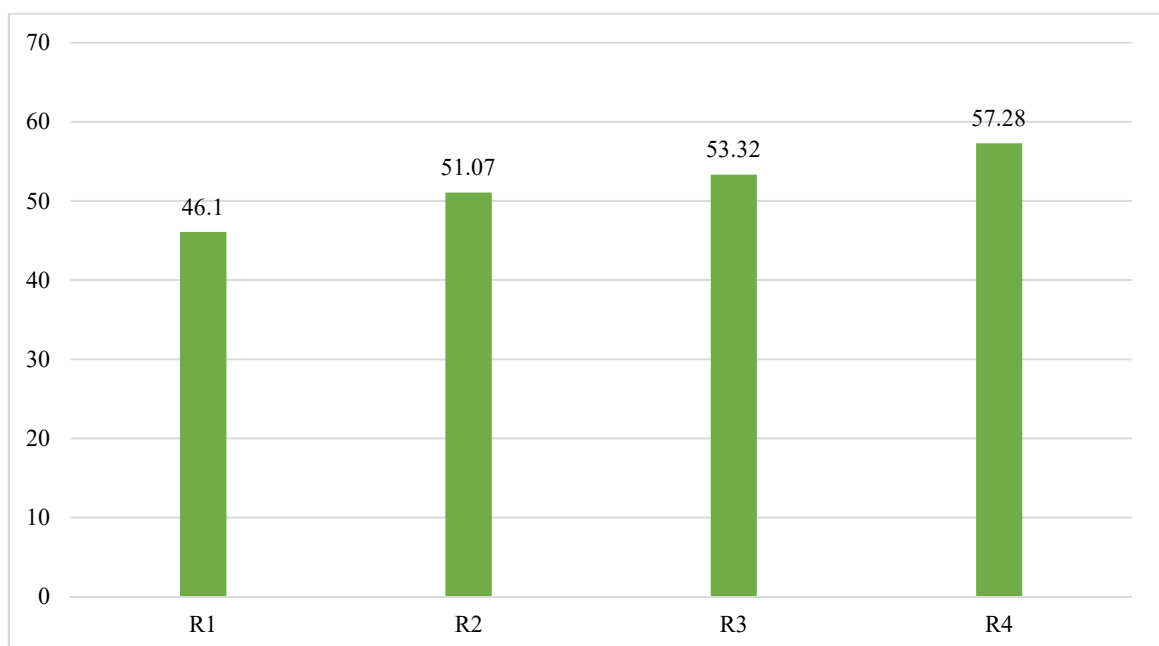
R2 (505.67 g/rô): Bổ sung *Trichoderma* giúp tăng năng suất nhờ enzyme *cellulase* và *ligninase* phân giải xác bã hữu cơ, cung cấp nguồn dinh dưỡng dễ hấp thu.

R3 (512.67 g/rô): Chế phẩm *EMUNIV* với hệ vi sinh đa chủng (*Bacillus*, *Lactobacillus*, *Rhodopseudomonas*...) giúp khoáng hóa vật chất hiệu quả hơn, cung cấp dinh dưỡng ổn định cho cây.

R4 (530.33 g/rô): Cao nhất so với đối chứng. Sự cộng hưởng giữa *EMUNIV* và *Trichoderma* giúp vừa phân giải mạnh cellulose, vừa kích thích rễ phát triển và hấp thu dinh dưỡng hiệu quả.

Biện luận khoa học

Sự gia tăng năng suất tươi phản ánh hoạt động hiệp đồng mạnh của hệ vi sinh trong quá trình cải tạo giá thể: enzyme (*cellulase*, *protease*, *amylase*...) được sinh ra giúp giải phóng nhanh dinh dưỡng, tăng khả năng giữ nước và thông thoáng của giá thể dẫn đến thúc đẩy sinh trưởng thân – lá và năng suất tổng thể.



Biểu đồ 3.8. Khả năng tích lũy chất khô của rau cải mầm trắng



Biểu đồ 3.9. Tỷ lệ chất khô của rau cải mầm trắng qua từng giá thể

Nhận xét:

Diễn biến quá trình

Cả năng suất khô và tỷ lệ chất khô đều tăng dần theo thứ tự

$$R1 < R2 < R3 < R4.$$

R1 (9.5 %) có tỷ lệ chất khô thấp nhất, phản ánh khả năng tích lũy vật chất hữu cơ yếu.

R2 và R3 cải thiện đáng kể nhờ hệ enzyme và vi sinh vật cố định đạm, phân giải lân, giúp tăng hiệu quả quang hợp và tích lũy vật chất khô.

R4 (10.8 %) cao nhất, mô cây dày, chứa nhiều hợp chất hữu cơ (protein, carbohydrate), phản ánh sinh trưởng khỏe mạnh và hiệu quả chuyển hóa cao.

Biện luận khoa học

Vi sinh vật trong *EMUNIV* và *Trichoderma* giúp chuyển hóa đạm, lân, kali về dạng dễ tiêu, đồng thời tiết ra hormone sinh trưởng tự nhiên (*auxin*, *gibberellin*), kích thích tổng hợp và tích lũy chất khô trong mô thực vật.

Kết luận tổng quát

Hiệu quả về năng suất và chất lượng rau mầm cải trắng tăng theo thứ tự:

$$R4 > R3 > R2 > R1.$$

Công thức R4 thể hiện hiệu quả tối ưu nhất - vừa nâng cao năng suất tươi, vừa tăng tích lũy chất khô, chứng minh sự hiệp đồng mạnh mẽ giữa hai

nhóm vi sinh vật, giúp cải thiện cấu trúc, độ phì và khả năng cung cấp dinh dưỡng của giá thể.

Điều này khẳng định vai trò quan trọng của chế phẩm vi sinh trong tái sử dụng giá thể nông nghiệp và nâng cao năng suất, chất lượng rau mầm một cách bền vững.

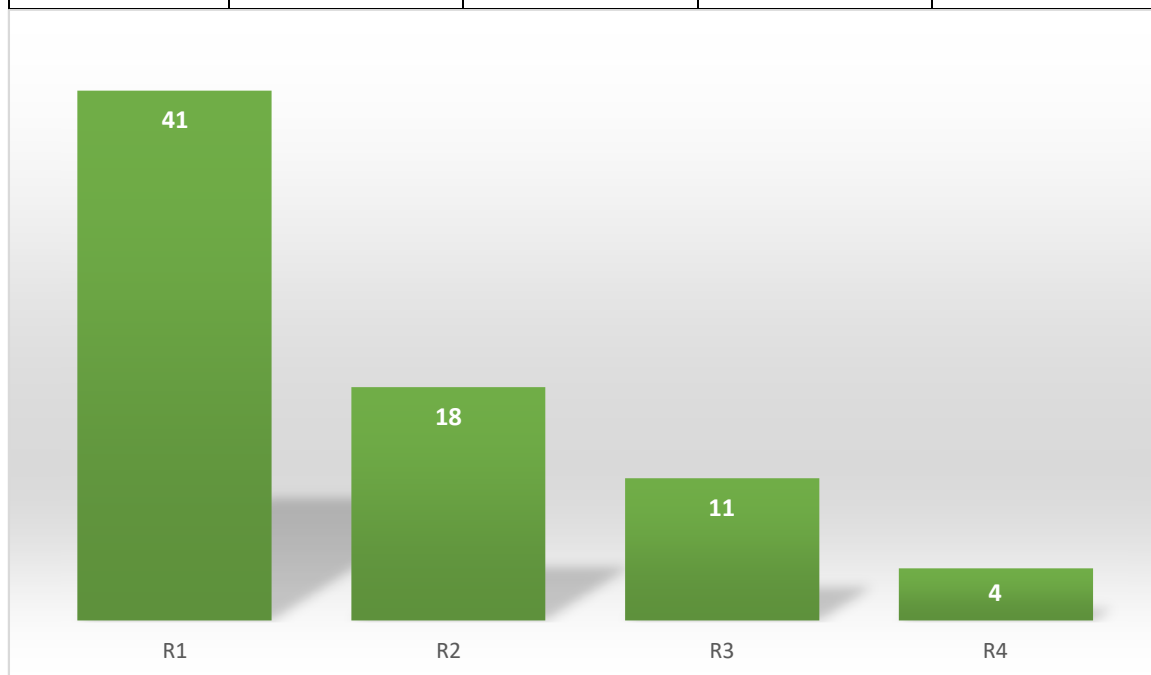
3.2.4. Tình trạng bệnh hại và khả năng bảo quản

3.2.4.1. Tình trạng bệnh hại

Rau mầm trồng trên các GT xuất hiện bệnh thối rễ, thối rễ hoàn toàn và thối thân, thối thân hoàn toàn với kết quả như sau:

Bảng 3.9. Tình trạng bệnh hại của rau mầm trắng trên từng giá thể

	Tổng số cây gieo (cây)	Số cây bị bệnh (cây)	Tỷ lệ (%)	Cấp bệnh
R1	100	41	41.0	Cấp 3
R2	100	18	18.0	Cấp 2
R3	100	11	11.0	Cấp 2
R4	100	4	4.0	Cấp 1



Biểu đồ 3.10. Tình trạng bệnh hại của rau cải mầm trắng trên từng giá thể

Nhận xét:

Diễn biến quá trình

Tỷ lệ cây bị bệnh giảm mạnh theo thứ tự $R1 > R2 > R3 > R4$, thể hiện rõ ảnh hưởng của các chế phẩm sinh học đến khả năng hạn chế bệnh:

R1 (41%) có tỷ lệ bệnh cao nhất (cấp 3), biểu hiện thối rễ và thối thân nặng, do giá thể cũ chứa mầm bệnh, độ thông thoáng kém và không có vi sinh đối kháng.

R2 (18%) giảm đáng kể nhờ *Trichoderma* phát triển, ức chế một phần nấm gây bệnh.

R3 (11%) tiếp tục giảm do *EMUNIV* cung cấp hệ vi sinh đa chủng giúp cân bằng hệ sinh thái giá thể, giảm áp lực bệnh hại.

R4 (4%) thấp nhất, chỉ ở cấp 1, gần như không xuất hiện biểu hiện bệnh rõ rệt.

Biện luận khoa học

Sự giảm tỷ lệ bệnh ở các công thức có chế phẩm chứng minh hiệu quả đối kháng sinh học của vi sinh vật:

Trichoderma tiết ra enzyme *chitinase*, *glucanase* và các chất kháng sinh tự nhiên giúp ức chế nấm bệnh như *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*.

EMUNIV bổ sung các chủng *Bacillus*, *Lactobacillus* có khả năng sinh acid hữu cơ, tạo môi trường bất lợi cho vi sinh vật gây hại, đồng thời kích hoạt cơ chế đề kháng tự nhiên của cây.

Sự kết hợp hai chế phẩm ở R4 tạo hiệu ứng cộng hưởng: vừa tiêu diệt, vừa cạnh tranh dinh dưỡng và không gian với nấm bệnh giúp giá thể sạch, cây khỏe, tỷ lệ bệnh gần như triệt tiêu.

Kết luận

Tỷ lệ bệnh giảm rõ rệt từ 41% (R1) xuống còn 4% (R4) chứng minh vai trò quan trọng của các chế phẩm sinh học trong việc cải thiện hệ vi sinh vật giá thể và hạn chế bệnh hại rễ – thân. Công thức R4 cho hiệu quả phòng bệnh vượt trội nhất, đảm bảo cây rau mầm sinh trưởng khỏe, rễ trắng sạch, thân không bị thối, phù hợp cho sản xuất rau an toàn và tái sử dụng giá thể bền vững.

3.2.4.2. Khả năng bảo quản

Sau khi thu hoạch, rau mầm cải trắng ở các công thức GT khác nhau được theo dõi về thời gian bảo quản nhằm đánh giá độ tươi và khả năng giữ chất lượng sản phẩm sau thu hoạch. Kết quả được thể hiện:

Bảng 3.10. Khả năng bảo quản rau cải mầm trắng trên từng giá thể

Thời gian (giờ)	Bệnh thối thân			
	R1	R2	R3	R4
0	Thân tươi, cứng	Thân tươi, cứng	Thân tươi, cứng	Thân tươi, cứng
6	Thân bình thường	Thân bình thường	Thân bình thường	Thân bình thường
12	Thân hơi mềm gốc	Thân hơi mềm nhẹ gốc	Thân hơi mềm nhẹ gốc	Thân hơi mềm nhẹ gốc
18	Thân mềm nhẹ gốc	Thân mềm nhẹ gốc	Thân mềm nhẹ	Thân hơi mềm nhẹ
24	Thân hơi nhót nhẹ	Thân mềm nhẹ gốc	Thân mềm nhẹ gốc	Thân mềm nhẹ phần gốc
30	Thân hơi nhót nhẹ	Thân bắt đầu hơi nhót nhẹ	Thân hơi nhót nhẹ	Thân mềm nhẹ phần gốc
36	Thân nhót nhẹ phần gốc	Thân nhót nhẹ phần gốc	Thân bắt đầu hơi nhót	Thân nhót nhẹ phần gốc
42	Thân nhót rõ hơn, chưa thối	Thân hơi nhót rõ hơn	Thân hơi nhót nhẹ	Thân bắt đầu nhót nhẹ

48	Thân nhót rõ, mềm hơn ở gốc	Thân hơi nhót rõ	Thân hơi nhót rõ	Thân hơi nhót nhẹ
54	Thân mềm rõ hơn, nhót nhẹ	Thân bắt đầu nhót rõ hơn	Thân nhót nhẹ phần gốc	Thân hơi nhót rõ
60	Thân hơi nhót nặng phần gốc	Thân bắt đầu nhót nặng nhẹ	Thân hơi nhót rõ phần gốc	Thân hơi nhót nhẹ
66	Thân nhót nặng, mềm phần gốc	Thân nhót rõ phần gốc	Thân nhót nhẹ phần gốc	Thân nhót nhẹ phần gốc
72	Thân bắt đầu thối nhũn nhẹ ở gốc ($\approx 5\%$)	Thân nhót nhẹ phần gốc	Thân nhót rõ phần gốc	Thân nhót nhẹ phần gốc
78		Thân hơi nhót rõ hơn	Thân nhót rõ phần gốc	Thân nhót nhẹ phần gốc
84		Thân bắt đầu nhót nặng phần gốc	Thân hơi nhót rõ phần gốc	Thân nhót nhẹ phần gốc
90		Thân hơi nhót nặng, mềm phần gốc	Thân nhót rõ phần gốc	Thân nhót nhẹ phần gốc
96		Thân bắt đầu thối nhũn nhẹ ở gốc ($\approx 5\%$)	Thân nhót rõ phần gốc	Thân nhót nhẹ phần gốc
102			Thân hơi nhót rõ hơn	Thân nhót nhẹ phần gốc
108			Thân bắt đầu thối nhũn nhẹ ở gốc ($\approx 5\%$)	Thân nhót nhẹ phần gốc

114				Thân nhót nhẹ phần gốc
120				Thân bắt đầu thối nhũn nhẹ ở gốc (≈5%)

Nhận xét:

Diễn biến quá trình

Kết quả theo dõi cho thấy rau mầm ở cả bốn công thức (R1–R4) đều giảm dần độ tươi theo thời gian, nhưng mức độ hư hỏng có sự khác biệt rõ rệt.

R1: Thân rau bắt đầu mềm nhẹ từ 12–18 giờ, nhót rõ phần gốc ở 36–42 giờ, và bắt đầu thối nhũn sau 72 giờ. Đây là công thức bảo quản kém nhất, rau hư nhanh chỉ sau khoảng 3 ngày.

R2: Thân rau duy trì tươi lâu hơn, chỉ bắt đầu nhót rõ từ 48 giờ, và đến 96 giờ mới xuất hiện thối nhẹ (≈5%). So với R1, thời gian bảo quản kéo dài thêm khoảng 24 giờ.

R3: Mức độ hư hỏng chậm hơn R2; thân rau chỉ bắt đầu thối nhẹ ở 108 giờ, cho thấy khả năng giữ tươi khá tốt.

R4: Thân rau giữ được độ tươi, cứng lâu nhất; đến 120 giờ mới xuất hiện dấu hiệu thối nhũn nhẹ (≈5%), vượt trội hơn hẳn các công thức còn lại.

Thời gian bảo quản tăng dần theo thứ tự:

$$R1 (72h) < R2 (96h) < R3 (108h) < R4 (120h).$$

Biện luận khoa học

Sự chênh lệch giữa các công thức cho thấy vai trò của chế phẩm sinh học trong việc kéo dài thời gian bảo quản rau mầm sau thu hoạch.

Ở R1, giá thể không được xử lý bằng vi sinh vật có lợi nên dễ phát sinh vi sinh vật gây thối, làm rau nhanh nhót và rữa.

R2 có nấm *Trichoderma* giúp ức chế nấm bệnh, giảm phân rã mô, nhờ đó rau giữ tươi lâu hơn.

R3 chứa vi sinh vật đa chủng trong chế phẩm EMUNIV (*Bacillus*, *Lactobacillus*...) giúp tạo môi trường hiếu khí ổn định, hạn chế vi khuẩn yếm khí gây thối, nên thời gian bảo quản kéo dài hơn.

R4 kết hợp hai chế phẩm sinh học, tạo hiệu ứng hiệp đồng: vừa khống chế vi sinh vật gây hại, vừa kích thích enzyme bảo vệ và tăng khả năng chống oxy hóa, giúp mô rau bền chắc và ít nhót hơn.

Kết luận

Giá thể được xử lý bằng EMUNIV kết hợp Trichoderma (R4) cho hiệu quả bảo quản tốt nhất, giúp rau cải mầm trắng giữ tươi đến 120 giờ, cao hơn 48 giờ so với đối chứng (R1). Kết quả chứng minh hệ vi sinh vật có lợi đóng vai trò quan trọng trong việc giảm tốc độ phân hủy sinh học, nhờ đó kéo dài thời gian bảo quản và nâng cao chất lượng rau mầm sau thu hoạch.

3.3. Thảo luận chung

Kết quả thí nghiệm cho thấy việc tái sử dụng GT sau trồng dưa chuột là hoàn toàn khả thi nếu có biện pháp xử lý sinh học phù hợp. Cụ thể, Trichoderma và EMUNIV hoạt động hiệp đồng, giúp:

- Tăng cường phân hủy chất hữu cơ còn sót lại,
- Cân bằng hệ vi sinh vật,
- Cải thiện cấu trúc, độ xốp và khả năng giữ ẩm của GT,
- Giảm chi phí và ô nhiễm môi trường do không phải thay GT mới.

Việc sử dụng GT GT4 không chỉ giúp tăng tỷ lệ nảy mầm và năng suất rau mầm cải trắng, mà còn góp phần phát triển mô hình nông nghiệp tuần hoàn bền vững, phù hợp định hướng giáo dục gắn với thực hành và sản xuất xanh tại trường học.

3.4. Khả năng kết hợp các chế phẩm trong xử lý giá thể.

Việc kết hợp các chế phẩm sinh học trong xử lý GT sau trồng dưa chuột, cụ thể là chế phẩm EMUNIV và chế phẩm Trichoderma, mang lại hiệu quả tổng hợp vượt trội nhờ sự bổ trợ cơ chế hoạt động giữa các nhóm vi sinh vật có ích. Dựa trên cơ sở vi sinh học và thực tiễn nông nghiệp hữu cơ, sự phối hợp này không chỉ giúp tăng tốc quá trình phân giải hữu cơ, mà còn nâng cao khả năng ức chế vi sinh vật gây hại, cải thiện tính chất lý – hóa – sinh học của GT, từ đó tạo điều kiện thuận lợi cho sinh trưởng và năng suất của rau mầm cải trắng.

Trước hết, chế phẩm EMUNIV chứa đa dạng các chủng vi sinh vật hiếu khí có khả năng phân giải mạnh mẽ các hợp chất hữu cơ phức tạp như

cellulose, lignin, protein và tinh bột thông qua các enzyme ngoại bào (cellulase, protease, amylase, phosphatase). Nhờ vậy, các thành phần hữu cơ khó tiêu trong GT (tàn dư rễ, rơm rạ, chất thải hữu cơ) được chuyển hóa nhanh thành dạng khoáng đơn giản hơn, dễ hấp thu cho cây trồng. Ngoài ra, các chủng *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus plantarum*, *Streptomyces sp.* trong EMUNIV còn có khả năng sinh kháng sinh tự nhiên và tạo acid hữu cơ, giúp ức chế mạnh các nấm bệnh vùng rễ như *Fusarium* và *Pythium* – nguyên nhân gây bệnh thối nhũn, thối rễ ở rau mầm. Điều này góp phần làm sạch hệ vi sinh vật gây hại trong GT, cải thiện sức khỏe cây trồng.

Bên cạnh đó, chế phẩm Trichoderma – đặc biệt là các loài như *Trichoderma harzianum* hay *Trichoderma viride* – đóng vai trò quan trọng trong phòng trừ nấm bệnh đất và tái tạo hệ vi sinh có lợi. Trichoderma tiết ra các enzyme phân giải cellulose và chitinase, giúp phân hủy nhanh tàn dư thực vật, đồng thời kí sinh, cạnh tranh và tiêu diệt các nấm gây bệnh trong GT. Không những thế, Trichoderma còn kích thích sinh trưởng thực vật thông qua việc tiết ra các hormone như auxin, gibberellin và cytokinin, giúp phát triển mạnh hệ rễ và chồi non của cây rau mầm. Khi hoạt động phối hợp với EMUNIV, hai nhóm vi sinh vật này tạo nên hệ vi sinh cộng sinh – đối kháng – phân giải cân bằng, vừa làm sạch GT, vừa bổ sung dưỡng chất khoáng dễ tiêu.

Sự kết hợp giữa Trichoderma và EMUNIV tạo nên hiệu ứng tương hỗ sinh học (synergistic effect):

EMUNIV với các chủng *Bacillus* và *Lactobacillus* hoạt động nhanh trong giai đoạn đầu, làm giảm độc tố và khí yếm khí (NH_3 , H_2S), đồng thời tạo môi trường pH hơi acid – phù hợp cho sự phát triển của Trichoderma.

Ngược lại, Trichoderma tiếp tục ổn định hệ vi sinh vật sau xử lý, tăng cường cấu trúc tơi xốp và độ phì sinh học của GT, giúp tăng khả năng giữ nước, thoáng khí và tạo điều kiện cho rễ mầm phát triển.

Cả hai chế phẩm đều góp phần rút ngắn thời gian ủ GT, hạn chế hiện tượng nén chặt, làm cho GT “sống” trở lại – có hoạt tính sinh học cao và ít mầm bệnh.

Thực nghiệm cho thấy, công thức GT4 đạt độ hoại mục nhanh hơn, pH ổn định hơn, ít mùi hôi, và khi trồng rau mầm cải trắng, cho tỷ lệ nảy mầm cao, chiều cao cây đồng đều, màu sắc và khối lượng tươi vượt trội so với các công thức chỉ dùng đơn lẻ. Điều này khẳng định hiệu quả cộng hưởng rõ rệt giữa hai chế phẩm sinh học, đồng thời chứng minh tính khả thi của việc ứng dụng mô hình xử lý GT kết hợp trong tái sử dụng chất trồng nông nghiệp theo hướng tuần hoàn – bền vững – thân thiện môi trường.

Như vậy, có thể kết luận rằng việc kết hợp chế phẩm EMUNIV và Trichoderma trong xử lý GT sau trồng dưa chuột là hướng đi hợp lý, vừa có cơ sở khoa học, vừa có giá trị thực tiễn cao, góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên nông nghiệp, giảm chi phí đầu tư và tạo nguồn GT hữu cơ chất lượng phục vụ trồng rau mầm an toàn.

KẾT LUẬN CHƯƠNG 3

Qua kết quả nghiên cứu và thảo luận, có thể khẳng định rằng việc xử lý giá thể sau trồng dưa chuột bằng các chế phẩm sinh học EMUNIV và Trichoderma đã mang lại hiệu quả rõ rệt về cả mặt hóa lý, sinh học và thực tiễn trồng rau cải mầm trắng.

Về đặc tính hóa – lý của giá thể

Sau quá trình xử lý, giá thể ở các công thức có bổ sung chế phẩm đều được cải thiện đáng kể. pH tăng từ 5,7 lên gần trung tính (6,8–6,9), độ ẩm giảm và ổn định ở mức 52–54%, cấu trúc tơi xốp, mùn hóa nhanh và không còn mùi hôi.

Về hoạt động sinh học

Trong giai đoạn ủ, nhiệt độ đồng ủ ở các công thức có chế phẩm tăng nhanh, đạt đỉnh khoảng 53°C (GT4), thể hiện hoạt động mạnh của hệ vi sinh vật hiếu khí. Pha ưa nhiệt kéo dài giúp tiêu diệt mầm bệnh và tăng tốc độ phân hủy hữu cơ. GT4 cũng rút ngắn được thời gian ủ từ 1–2 tuần so với đối chứng, chứng minh khả năng xử lý nhanh và hiệu quả.

Về sinh trưởng và năng suất rau cải mầm trắng

Các chỉ tiêu sinh trưởng và năng suất đều tăng theo thứ tự

$$R1 < R2 < R3 < R4.$$

Ở công thức R4, rau mầm đạt tỷ lệ nảy mầm 96%, năng suất tươi 599,33 g/rô và hàm lượng chất khô 11,5%, cao hơn đối chứng từ 40–60%. Cây rau phát triển đồng đều, khỏe mạnh, màu sắc đẹp và thân mập, chứng tỏ giá thể đã cung cấp đầy đủ dinh dưỡng, đồng thời cải thiện điều kiện sinh trưởng.

Về sức khỏe cây trồng và khả năng bảo quản

Các công thức có chế phẩm sinh học giúp giảm rõ rệt tỷ lệ bệnh hại. Ở R4, tỷ lệ bệnh chỉ còn 4%, thấp nhất trong các công thức, cây không bị thối rễ hay thối thân. Rau trồng trên giá thể này còn duy trì độ tươi đến 120 giờ sau thu hoạch, cao hơn đối chứng 48 giờ. Điều này chứng minh hoạt động hiệp đồng của hệ vi sinh vật giúp tăng cường enzyme bảo vệ, giảm quá trình phân rã mô và kéo dài tuổi thọ sản phẩm.

Tổng hợp kết quả

Việc kết hợp hai chế phẩm sinh học EMUNIV và Trichoderma trong xử lý giá thể sau trồng dưa chuột là hướng đi hợp lý và có tính ứng dụng cao. Công thức kết hợp (GT4) vừa cải thiện nhanh quá trình phân hủy hữu cơ, vừa nâng cao độ phì sinh học của giá thể, giúp rau mầm sinh trưởng tốt, năng suất cao, ít bệnh và bảo quản được lâu hơn. Đây là giải pháp khả thi, góp phần tái sử dụng hiệu quả giá thể nông nghiệp, giảm chi phí sản xuất, hạn chế ô nhiễm môi trường và hướng tới mô hình nông nghiệp tuần hoàn – bền vững – thân thiện sinh thái.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. KẾT LUẬN

Sau quá trình triển khai đề tài “**Nghiên cứu xử lý giá thể sau trồng dưa chuột để trồng rau cải mầm tại Vườn trường Đại học Hoa Lư**”, nhóm nghiên cứu đã đạt được nhiều kết quả đáng ghi nhận. Trước hết, đề tài đã tiến hành xử lý và tái sử dụng thành công giá thể sau trồng dưa chuột, góp phần tận dụng hiệu quả nguồn phế phụ phẩm nông nghiệp, giảm chi phí sản xuất và hạn chế lượng rác thải gây ô nhiễm môi trường. Thông qua quá trình bố trí thí nghiệm có hệ thống với các công thức sử dụng chế phẩm sinh học khác nhau (Trichoderma, EMUNIV và sự kết hợp của hai chế phẩm), nhóm đã theo dõi và đánh giá được các chỉ tiêu lý – hóa – sinh của giá thể cũng như khả năng sinh trưởng, năng suất và chất lượng của rau cải mầm trắng.

Kết quả thực nghiệm cho thấy giá thể được xử lý bằng hai chế phẩm kết hợp (GT4) có hiệu quả cao nhất. Giá thể này có độ toi xốp tốt, pH ổn định, giàu dinh dưỡng và có hoạt động vi sinh mạnh mẽ, giúp rau mầm nảy mầm nhanh, phát triển đồng đều, năng suất và chất lượng cao hơn hẳn so với đối chứng. Từ đó, nhóm nghiên cứu đã bước đầu xây dựng được quy trình xử lý giá thể sau trồng dưa chuột có thể ứng dụng trong thực tiễn, hướng đến mô hình nông nghiệp hữu cơ – tuần hoàn – bền vững phù hợp với điều kiện cơ sở vật chất của Vườn trường Đại học Hoa Lư.

Bên cạnh những kết quả đạt được, đề tài vẫn còn một số hạn chế nhất định. Do điều kiện thiết bị phòng thí nghiệm còn hạn chế, nhóm chưa thể phân tích sâu các chỉ tiêu hóa học của giá thể sau xử lý như hàm lượng N, P, K hay tỷ lệ C/N để có cơ sở đánh giá cụ thể hơn về khả năng cung cấp dinh dưỡng. Ngoài ra, phạm vi nghiên cứu mới chỉ dừng lại ở một loại cây trồng là rau cải mầm trắng, nên chưa có dữ liệu so sánh về mức độ phù hợp của giá thể đối với các loại rau mầm khác. Thời gian thí nghiệm ngắn cũng khiến nhóm chưa có điều kiện theo dõi khả năng tái sử dụng giá thể qua nhiều vụ liên tiếp hoặc đánh giá sự thay đổi của hệ vi sinh vật trong quá trình đó. Bên cạnh đó, việc phân tích hiệu quả kinh tế và tính khả thi khi áp dụng ở quy mô lớn cũng chưa được tiến hành đầy đủ.

Tuy còn những hạn chế nhất định, song kết quả nghiên cứu của đề tài đã chứng minh được tiềm năng của việc xử lý và tái sử dụng giá thể bằng chế phẩm sinh học trong sản xuất rau mầm. Đây là hướng đi đúng đắn, vừa góp phần tiết kiệm tài nguyên, vừa phù hợp với xu thế phát triển nông nghiệp xanh, an toàn và bền vững hiện nay.

2. KIẾN NGHỊ

Từ những kết quả đạt được và những hạn chế còn tồn tại, nhóm nghiên cứu xin đưa ra một số kiến nghị nhằm tiếp tục hoàn thiện và mở rộng hướng nghiên cứu trong thời gian tới. Trước hết, cần tiến hành mở rộng đối tượng thử nghiệm bằng cách áp dụng phương pháp xử lý giá thể này cho các loại rau khác nhau như rau muống, đậu xanh, hướng dương, rau cải đỏ hoặc một số loại rau ăn lá ngắn ngày như cải ngọt, xà lách, rau dền. Việc thử nghiệm trên nhiều loại cây trồng sẽ giúp đánh giá được tính thích nghi, khả năng cung cấp dinh dưỡng và hiệu quả tổng thể của giá thể sau xử lý. Bên cạnh đó, nên tiến hành thí nghiệm trong nhiều vụ liên tiếp để kiểm tra khả năng tái sử dụng và độ bền của giá thể qua thời gian.

Trong các nghiên cứu tiếp theo, cần bổ sung các phân tích chuyên sâu hơn về thành phần hóa học và sinh học của giá thể, đặc biệt là các chỉ tiêu như hàm lượng N, P, K, tỷ lệ C/N và mật độ vi sinh vật có lợi. Việc này sẽ giúp xác định rõ hơn cơ chế tác động của các chế phẩm sinh học đến sự cải thiện năng suất và chất lượng cây trồng. Đồng thời, nên kết hợp linh hoạt các phương pháp xử lý khác nhau – cơ học, sinh học và bổ sung dinh dưỡng – để rút ngắn thời gian ủ, nâng cao hiệu quả phân giải hữu cơ và khử mầm bệnh trong giá thể. Bên cạnh khía cạnh kỹ thuật, cần quan tâm đến việc phân tích hiệu quả kinh tế – kỹ thuật của quy trình xử lý giá thể, nhằm xác định lợi ích thực tế khi áp dụng ở quy mô sản xuất lớn hoặc hộ gia đình.

Khi triển khai nghiên cứu thực tế, cần lưu ý duy trì độ ẩm và nhiệt độ ổn định trong suốt quá trình ủ giá thể, đồng thời theo dõi chặt chẽ sự hoạt động của vi sinh vật để tránh mất cân bằng sinh thái trong môi trường ủ. Việc sử dụng chế phẩm sinh học cần được thực hiện đúng liều lượng, tránh sử dụng

quá mức gây ức chế hệ vi sinh có lợi. Ngoài ra, khi mở rộng thử nghiệm trên các loại rau khác nhau, cần điều chỉnh độ tối xấp, ẩm độ và pH của giá thể phù hợp với đặc điểm sinh thái của từng loại cây. Tất cả dụng cụ, khay trồng và khu vực gieo ươm cần được vệ sinh, khử trùng kỹ lưỡng nhằm hạn chế nguy cơ lây nhiễm nấm bệnh giữa các công thức thí nghiệm.

Tóm lại, đề tài đã mở ra hướng đi mới trong việc tận dụng giá thể sau canh tác để trồng rau mầm an toàn, thân thiện với môi trường. Việc tiếp tục mở rộng và hoàn thiện quy trình xử lý giá thể sẽ góp phần xây dựng mô hình nông nghiệp tuần hoàn tại Vườn trường Đại học Hoa Lư nói riêng và các cơ sở đào tạo, sản xuất nông nghiệp sạch nói chung trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1/ Tiếng Việt

1. Trung tâm thông tin khoa học và môi trường kết hợp với TS. Dương Hoa Xô (2012), “Sử dụng chế phẩm sinh học trong canh tác cây trồng”, *Sở khoa học và công nghệ TP.HCM*.

2/ Tiếng Anh

2. N. N. Ha, N. T. Nhung, N. T. Nga, Potential Use of some Media for Growing White Radish Sprouts With Safety and High Quality in Household Scale, *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, Vol. 32, No. 1S, 2016, pp. 413-418.

3. M. Steve, *Sprouts the Miracle Food*, ISBN 10:1778736043; ISBN 13: 9781878736048, 6th Revise Ed., Sproutman Publications, Great Barrington, 1999.

4. C. T. Bui, *Research on the Production Process of Some Sprout Types according to Vietgap Standards, Serving for Production and Supplying of Safe Vegetables for Hanoi City*, Report of Ministry of Agriculture and Rural Development, Hanoi, 2011.

5. H. N. Nguyen, N. T. H. Pham, H. T. Nguyen, Y. H. Duong, Re-using Sprout Growing Medium and Other Agricultural By-products for Compost Production, *Chemical Engineering Transactions* Vol. 78, 2020, pp. 217-222.

6. H. N. Nguyen, A. L. Hoang, P. M. Nguyen, Recycling Sprout-growing Mediums in Urban Areas as Compost and New Growing Mediums, *Chemical Engineering Transactions*, Vol. 83, 2021, pp. 385-390.

7. E. M. A. Elmoniem, U. A. E. Behairy, Effect of Reusing Perlite and Pumice as a Substrate on Yield and Mineral Composition of Strawberry Plants, *Egyptian Journal of Horticulture*, Vol. 31, 2004, pp. 13-21.

8. C. Fernandes, J. E. Cora, L.T. Braz, Reuse of Sand, Crushed Sugarcane and Peanut Hull-Based Substrates for Cherry Tomato Cultivation, *Scientia Agricola*, Vol. 64, 2007, pp. 630-635.

9. V. T. Phuong, Conducting an Effect Process for Planting the Vegetable Sprouts, Presented at the 8th National Scientific Conference on Ecology and Biological Resources, Hanoi, Vietnam Academy of Science and Technology Publishing, 2013.

10. N. N. Ha, N. H. Hanh, Research on Taking Advantage of Agricultural By-products to Make Organic Media for Safe Cress Growing of Brassica Integrifolia, VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences, Vol. 35, No. 2, 2019, pp. 1-10.

12. N. T. Minh, Treatment of Mushroom Culture Wastes for use as Organic Substrate for Safe Vegetable Cultivation, Vietnam J. Agri. Sci., Vol. 14, No. 11, 2016, pp. 1781-1788. [11] Ministry of Agriculture and Rural.

3/ Website

12. <https://suckhoedoisong.vn/.htm>

13. <https://nongnghieppho.v/nproducts> ngày truy cập: ngày 29/11/2024.

14. <https://tapchi.vnua.edu.vn/wp-content/uploads/2021/11/tap-chi-so-12.2.6.pdf> ngày truy cập: ngày 1/12/2024.

15. <https://scholarhub.vn/topic/bacillus%20spp> ngày truy cập: ngày 4/12/2024.

16. <https://vi.wikipedia.org/wiki/Streptomyces> ngày truy cập: ngày 4/12/2024.

17. <https://khuyennong.quangtri.gov.vn/tai-lieu-khuyen-nong/che-pham-vi-sinh-trichoderma-va-huong-su-dung-hieu-qua-tren-cay-trong-444.html> ngày truy cập: ngày 8/12/2024.

18. <https://sfarm.vn/nam-trichoderma/> ngày truy cập: ngày 13/12/2024.

19. <https://nongnghieppho.vn/produ> ngày truy cập: ngày 13/12/2024.

20. <https://bccgroup.com.vn/bacillus-subtilis/> ngày truy cập: ngày 16/12/2024.

21. <https://ttpglobal.com.vn/vi-khuan-bacillus/> ngày truy cập: ngày 17/12/2024.

22. <https://biofloc.vn/nguyen-lieu-don-chung-lactobacillus-acidophillus/> ngày truy cập: ngày 20/12/2024.

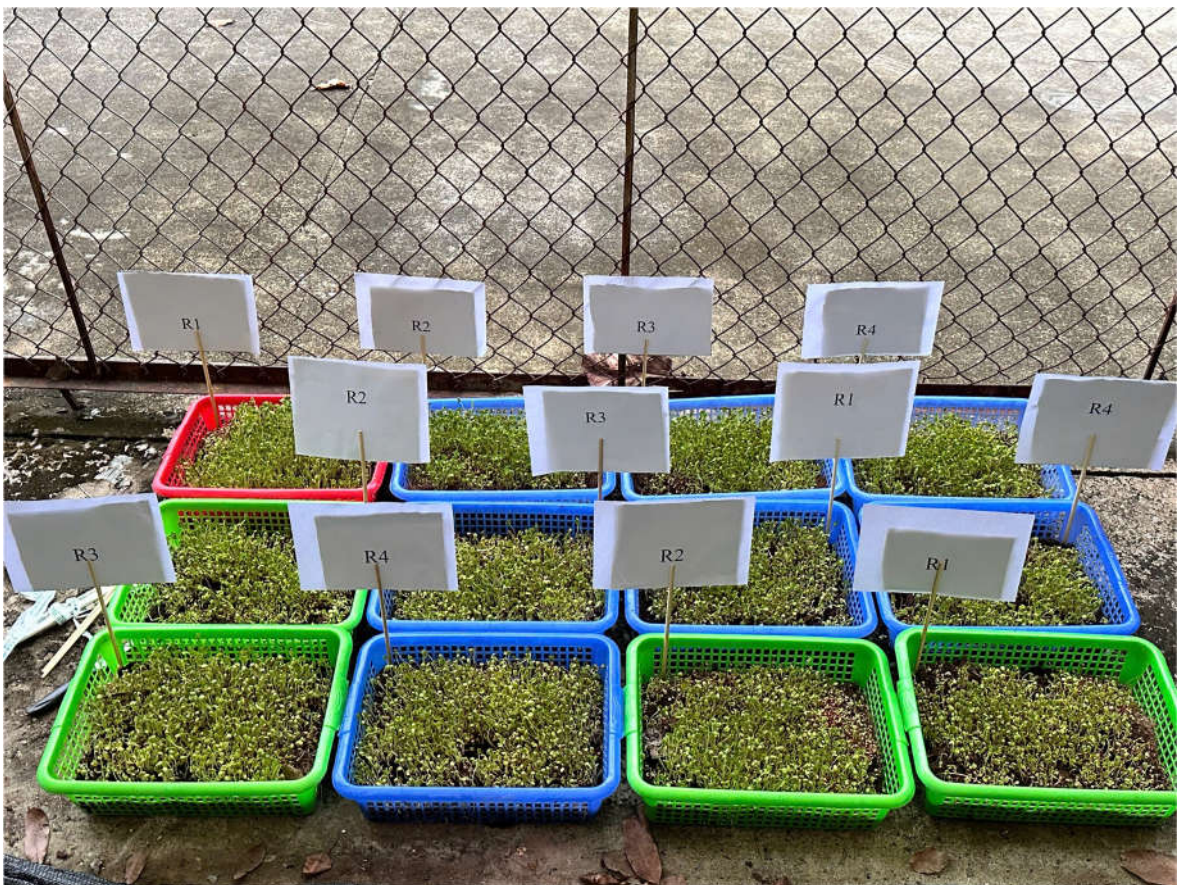
23. <https://sinhhoc.pro/streptomyces-lydicus-wyec-108/> ngày truy cập: ngày 20/12/2024.

24. <https://nongnghiepthuanthien.vn/nam-men-saccharomyces/> ngày truy cập: ngày 21/12/2024.
25. <https://nongnghieppho.vn/products/che-pham-u-phan-va-rac-thai-emuniv> ngày truy cập: ngày 26/12/2024.
26. <https://nhathuoclongchau.com.vn/bai-viet/loi-ich-cua-rau-mam-voi-suc-khoe-tuyet-voi-nhu-the-nao-64407.html> ngày truy cập: ngày 5/1/2025.
27. [Tieu-chuan-Viet-Nam-TCVN-13268-2_2021.pdf](#) ngày truy cập: ngày 19/9/2025.

PHỤ LỤC



Sơ đồ bố trí thí nghiệm 4 giá thể



Sơ đồ trồng rau cải mầm trắng