



ỨNG DỤNG VI SINH VẬT TRONG TÁI CHẾ CHẤT THẢI RẮN NÔNG NGHIỆP

Applying microorganism for agricultural solid waste recycling

Phan Thị Phẩm*

Khoa Kỹ thuật Hóa học và Môi Trường, Trường Đại học Lạc Hồng, Đồng Nai, Việt Nam

TÓM TẮT. Vi sinh vật có vai trò quan trọng trong tái chế chất thải rắn nông nghiệp. Với thành phần chủ yếu là các hợp chất hữu cơ phức tạp như hydrat cacbon, protein, ... chất thải rắn hữu cơ từ quá trình trồng trọt và chăn nuôi được chuyển đổi thành phân hữu cơ và năng lượng sinh học qua các quá trình phân hủy sinh học bởi vi sinh vật như thủy phân, lên men, ... Do vậy, áp dụng quá trình sinh học là một trong những công nghệ thân thiện với môi trường, được áp dụng rộng rãi trong tái chế chất thải rắn hữu cơ nông nghiệp, tạo ra các sản phẩm có ích cho nông nghiệp và xã hội, góp phần phát triển nền nông nghiệp bền vững.

TỪ KHÓA: Vi sinh vật; Chất thải rắn nông nghiệp; Phân hữu cơ; Nhiên liệu sinh học

ABSTRACT. Microorganisms play an important role in recycling agricultural organic solid waste. Structured mainly complex compounds such as carbohydrate compound, protein, etc., organic solid wastes from plantation and livestock are converted to compost and biofuel through biodegradation by microbes such as hydrolysis, fermentation, etc. Thus, using bioprocess is one of the most applied technology in recycling agricultural organic solid wastes, makes new useful products for agriculture and society, contributes for sustainable agricultural development.

KEYWORDS: Microorganism; Agricultural solid waste; Compost; Biofuel

1. GIỚI THIỆU

Sự gia tăng dân số và thu nhập đầu người đòi hỏi nhu cầu ngày càng cao về thực phẩm như gạo, ngũ cốc, thịt, trứng, sữa, ... Theo Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hiệp Quốc (FAO), đến năm 2050, dân số thế giới là 9,15 tỉ người [1], tăng 21,2% so với hiện nay (năm 2017 là 7,55 tỉ người). Ngoài ra, cũng theo nghiên cứu này, khi đời sống được nâng cao, thu nhập đầu người tăng, nhu cầu thực phẩm tính trên đầu người/ngày cũng tăng từ 2750 kcal (năm 2005) đến 3130 kcal (năm 2050). Thêm vào đó, việc sản xuất nhiên liệu sinh học thế hệ thứ nhất từ ngũ cốc và tinh bột cũng như các cây trồng họ dầu hiện nay cũng đòi hỏi một lượng đáng kể một số sản phẩm nông nghiệp. Theo ước tính, nhu cầu thực phẩm của thế giới sẽ tăng thêm khoảng 50 - 70% vào năm 2050 so với 2005 [2]. Do vậy, sản xuất nông nghiệp phải phát triển về cả số lượng và chất lượng để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng này.

Tuy nhiên, đi đôi với sự phát triển nông nghiệp là các ảnh hưởng đến môi trường từ chất thải rắn hữu cơ phát sinh trong quá trình sản xuất nông nghiệp (CTR nông nghiệp), đặc biệt là chất thải rắn hữu cơ từ quá trình trồng trọt (CTR trồng trọt) như rơm rạ, bã mía, thân mì, các loại vỏ, ..., và chất thải rắn hữu cơ từ quá trình chăn nuôi (CTR chăn nuôi) như phân từ gia súc, gia cầm, ... Theo số liệu của một nghiên cứu, năm 2015 tại Việt Nam, ước tính có khoảng 83,4 triệu tấn CTR trồng trọt [3]. Với thành phần cấu tạo chủ yếu là hydrat cacbon (35 - 50% cellulose, 15 - 30% hemicellulose và 10 - 25% lignin) [3], cách xử lý truyền thống là đốt CTR trồng trọt (làm nhiên liệu hay đốt bỏ) hoặc thải bỏ để phân hủy tự nhiên, các khí CO₂, CH₄, ... được tạo ra, góp phần gây hiệu ứng nhà kính gây ô nhiễm môi trường không khí. Đối với CTR chăn nuôi, với thành phần chủ yếu là các protein, lipid, chất xơ, các vi sinh vật (VSV) gây bệnh như *E. coli*, *Salmonella*, *Coliform*, ... việc bón phân chuồng trực tiếp hay qua quá trình ủ sơ sài, không đúng yêu cầu sẽ tạo ra chất lượng phân hữu cơ kém, gây ảnh hưởng đến sự sinh trưởng, phát triển của cây trồng và tiềm ẩn nguy cơ dịch, bệnh cho

sinh vật tiêu thụ từ thực phẩm bản. Do đó, cần có biện pháp hợp lý để giải quyết vấn đề này.

Trong khi đó, trong tự nhiên, ngoài các loại vi khuẩn, nấm, vi rút có thể gây bệnh, ảnh hưởng đến sức khỏe con người và sinh vật thì cũng có nhiều VSV có ích. Nhiều VSV có thể sử dụng trực tiếp các chất thải hữu cơ hay sản phẩm thứ cấp từ sự phân giải chất thải hữu cơ như là cơ chất cho sự sinh trưởng của mình. Kết quả của quá trình trao đổi chất của VSV là cơ chất ban đầu (chất thải hữu cơ) biến mất và các chất khác được tạo thành. Do sự đa dạng về chủng loại và đặc tính trao đổi chất của VSV, rất nhiều sản phẩm trung gian cũng như cuối của quá trình phân giải chất thải hữu cơ được tạo thành và nhiều trong số các sản phẩm này là có ích [4]. Hay nói cách khác, chất thải hữu cơ có thể biến đổi hay tái chế thành các sản phẩm mới, có ích nhờ hoạt động phân giải của VSV mà không cần dùng đến các biện pháp hóa lý, vốn được xem là các biện pháp không thân thiện với môi trường.

Như vậy, để giải quyết vấn đề CTR nông nghiệp phát sinh hàng năm, việc sử dụng VSV để tái chế CTR nông nghiệp thành các sản phẩm có ích là hướng giải quyết hiệu quả.

2. NỘI DUNG

2.1 Tổng quan về VSV trong tái chế CTR nông nghiệp

2.1.1 Khái niệm

VSV là những sinh vật có kích thước rất nhỏ, không quan sát được bằng mắt thường mà phải sử dụng kính hiển vi. Chúng có cấu tạo đơn bào hoặc đa bào, có nhân sơ hoặc nhân thực. Thuật ngữ VSV là danh từ chung cho tất cả các loài này [4]. Tuy nhiên, trong tái chế chất thải, hai loài VSV được quan tâm nghiên cứu nhiều là vi khuẩn và nấm. Vi khuẩn và nấm là những VSV chính để phân giải các chất trong tự nhiên.

Received: May, 10, 2018

Accepted: June, 9, 2018

*Corresponding Author

Email: pham8384@gmail.com

Vi khuẩn (bacteria) đôi khi còn được gọi là vi trùng, là nhóm các VSV nhân sơ, đơn bào. Chúng là nhóm hiện diện đông đảo nhất và khắp mọi môi trường trong sinh giới. Ước tính khoảng 40 triệu tế bào vi khuẩn trong một gram đất và hàng triệu tế bào trong một ml nước ngọt. Trên Trái đất, có khoảng 5×10^{30} vi khuẩn. Vi khuẩn có vai trò quan trọng trong phân giải các chất [4,5].

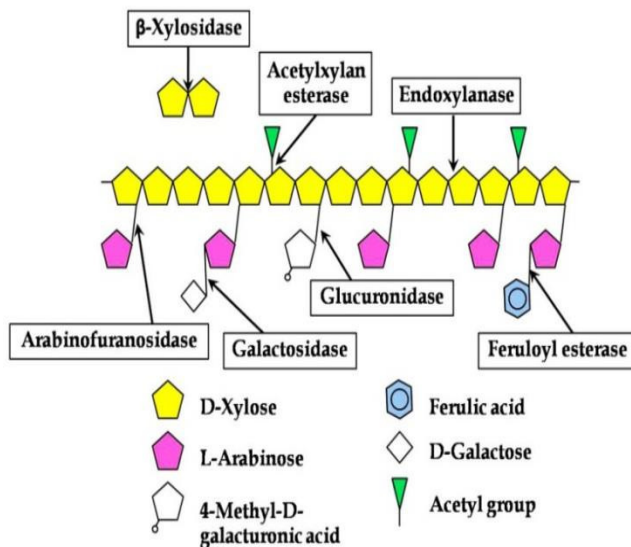
Nhóm VSV đáng quan tâm thứ hai trong tái chế chất thải là nấm. Nấm (fungi) bao gồm những sinh vật nhân chuẩn. Phần lớn nấm phát triển dưới dạng các sợi đa bào được gọi là sợi nấm (hyphae), tạo nên hệ sợi (mycelium), một số nấm lại phát triển dưới dạng đơn bào. Những đại diện tiêu biểu của nấm là nấm mốc, nấm lớn (thường là nấm phân giải các chất phức tạp thành đơn giản) và nấm men (lên men các chất thành rượu, acid,...). Theo ước tính, nấm có khoảng 1,5 triệu loài [6,7].

2.1.2 Hoạt động phân giải CTR nông nghiệp của VSV

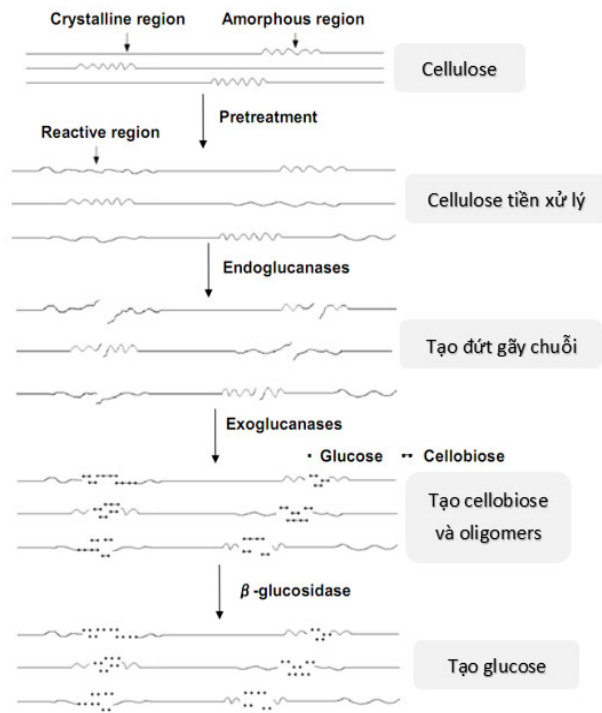
Vi sinh vật có thể thực hiện việc tái chế CTR nông nghiệp nhờ hoạt động trao đổi chất, cụ thể là phân giải các chất thải hữu cơ ban đầu. Hai quá trình cơ bản của hoạt động phân giải CTR nông nghiệp của VSV là thủy phân và lên men.

Quá trình thủy phân

Trong tự nhiên có nhiều nhóm VSV cả hiếu khí và kỵ khí có khả năng thủy phân cellulose và hemicelluloses có trong CTR nông nghiệp nhờ các hệ enzyme ngoại bào. Các nhóm vi khuẩn có khả năng phân giải cellulose và hemicelluloses trong lignocelluloses như *Arzotobacter*, *Achromobacter*, *Pseudomonas*, *Cellulomonas*, *Sorangium*, ... (vi khuẩn hiếu khí). Một số vi khuẩn kỵ khí tham gia vào quá trình phân giải cellulose, điển hình là các vi khuẩn trong dạ cỏ của động vật nhai lại: *Ruminococcus flavefaciens*, *Clostridium cellobioparum*, *Cillobacterium cellulosolvens*, Ngoài ra còn các nấm như *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Ceratocystis sp.*, ..., trong đó đáng chú ý là *Trichoderma*, được nghiên cứu tách chiết enzyme nhiều. Thông thường, mỗi VSV chỉ tiết một hay một số enzyme cần thiết cho quá trình phân giải lignocellulose. Do đó, các VSV thường tồn tại cùng nhau, hình thành các hệ VSV để quá trình phân giải hiệu quả. Sản phẩm chính của quá trình thủy phân này là các đường (Hình 1 và 2) [8,9].



Hình 1. Hoạt động của các enzym hemicelluloses (phóng theo [3])



Hình 2. Hoạt động của các enzyme cellulose (phóng theo [3])

Các đạm hữu cơ hay protein có trong CTR chăn nuôi được phân giải bởi enzyme protease của vi khuẩn *Bacillus mycoides*, *B. subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Clostridium sporogenes*, ..., vi nấm có *Aspergillus oryzae*, *A. niger*, ... Qua quá trình thủy phân, các dạng nitơ hữu cơ được chuyển hoá thành dạng các acid amin, NH_4^+ hoặc NH_3 [8,9].

Một chất khác cũng thường có mặt trong CTR chăn nuôi là lipid hay còn gọi là dầu và chất béo. Có nhiều vi sinh vật có khả năng tiết các enzyme lipase để phân giải lipid. Các VSV tiêu biểu là *Clostridium Acinetobacter*, *Bacillus*, ... Sản phẩm của quá trình thủy phân lipid là glycerol và acid béo [8,9].

Quá trình lên men

Lên men thực chất cũng là quá trình giải các chất. Một số chất hữu cơ được tạo ra từ CTR nông nghiệp sau khi được thủy phân sẽ được lên men hiếu khí hoặc kỵ khí thành các sản phẩm mới. Tùy sản phẩm thủy phân tạo thành mà sẽ xảy ra các quá trình lên men khác nhau và sản phẩm tạo thành cũng khác nhau. Tuy nhiên, có bốn quá trình lên men chính là lên men rượu, lên men acid, lên men hydro và lên men metan.

Lên men rượu là quá trình phân hủy kỵ khí đường thành rượu và khí carbonic dưới tác dụng của VSV mà điển hình là nấm men *Saccharomyces cerevisiae* (lên men ethanol), *Clostridium acetobutylicum* (lên men butanol) [8,9].

Lên men acid là quá trình chuyển hóa kỵ khí hay hiếu khí đường hay rượu thành các acid dưới enzym của các VSV. Lên men lactic là quá trình chuyển hóa kỵ khí đường thành acid lactic nhờ các vi khuẩn lactic như *S. lactis*, *Lactobacillus bulgaricus*, *L. lycopersici*, Lên men citric là quá trình oxy hóa (lên men hiếu khí) đường thành acid citric dưới tác dụng của các VSV như nấm mốc *Aspergillus niger*. Lên men acetic là quá trình oxy hóa rượu etylic và các acid hữu cơ khác thành acid acetic do VSV nhóm *Acetobacter* như *A. aceti*, *A. xillinum*, ... [8,9].

Lên men hydro thực chất là quá trình lên men acid acetic từ rượu etylic và các acid hữu cơ khác [8,9]. Khí hydro là sản phẩm đi kèm của các quá trình lên men này.

Lên men metan là quá trình chuyển hóa rượu, axit hữu cơ và hydro thành CH₄ và các chất khác. Vi khuẩn sinh metan là những vi khuẩn kỵ khí bắt buộc. Các vi khuẩn lên men metan thường gặp gồm nhóm *Methylophilic methanogen*, *Acetotrophic methanogen* và *Hydrogenotrophic methanogen*, ... [8,9].

Ngoài thủy phân và lên men, CTR nông nghiệp còn trải qua một số quá trình phân giải khác như phân giải photpho hữu cơ. Dưới tác dụng của VSV phân giải photpho hữu cơ như các loài thuộc chi *Bacillus*, *Pseudomonas*, ... photpho hữu cơ sẽ được chuyển hóa thành photpho vô cơ dạng PO₄³⁻. Tuy nhiên, đây là loại photpho khó tan nên cây trồng không hấp thu được. Do đó các VSV lại tiếp tục chuyển photpho dạng PO₄³⁻ sang H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻ để cây trồng có thể hấp thu được [8,9].

2.2 Ứng dụng VSV trong tái chế CTR nông nghiệp tại Việt Nam

2.2.1 Sản xuất phân hữu cơ

Sản xuất phân hữu cơ là một ứng dụng VSV vào tái chế CTR nông nghiệp đã được áp dụng từ rất sớm. Phân hữu cơ kết hợp đồng thời CTR trồng trọt và chăn nuôi. CTR trồng trọt là nguồn cung cấp cacbon hữu cơ chính cho phân, CTR chăn nuôi cung cấp chủ yếu nguồn nitơ và photpho cho phân [10,11]. CTR trồng trọt và chăn nuôi sẽ được chuyển thành phân hữu cơ qua quá trình ủ. Nhờ hoạt động phân giải các chất của VSV có sẵn trong CTR hay được bổ sung thêm từ các chế phẩm sinh học, các hợp chất cacbon hydrat, protein, ... chưa ổn định sẽ được chuyển hóa thành dạng ổn định, tốt cho cây trồng. Ngoài ra, trong quá trình hoạt động phân giải các chất của VSV, nhiệt cũng được sinh ra, làm nhiệt độ của khối ủ tăng, giúp tiêu diệt các mầm bệnh như giun, sán, *E. coli*, *Salmonella*, *Coliform*, ... Để đảm bảo việc tái chế CTR nông nghiệp thành phân hữu cơ đạt hiệu quả tốt, cần chú ý đến kỹ thuật, các thông số của quá trình ủ. Một số thông số quan trọng của quá trình ủ phân hữu cơ được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Các thông số quan trọng trong quá trình sản xuất phân compost

Thông số	Giá trị
Kích thước vật liệu (cm)	1 - 5
Tỉ lệ C/N (%)	25 - 30
Độ ẩm (%)	50 - 60
pH	6 - 8
Nhiệt độ (°C)	50 - 60

(Nguồn: [9,10])

Ngoài việc cung cấp các chất cần thiết một cách an toàn cho cây trồng, phân hữu cơ sinh học đạt chất lượng còn giúp duy trì độ ẩm của đất, tránh thất thoát nước và xói mòn đất do hệ các chất mùn có tính keo [11]. Do đó, bón phân hữu cơ sinh học sẽ tiết kiệm nước tưới, giúp ứng phó với tình trạng thiếu nước do biến đổi khí hậu. Như vậy, việc tái chế CTR nông nghiệp thành phân hữu cơ là hướng đi có ý nghĩa thực tiễn và đã được áp dụng ở nhiều nơi để hướng tới sản xuất nông nghiệp sạch, bền vững và thân thiện với môi trường.

2.2.2 Sản xuất nhiên liệu sinh học

Nhiên liệu sinh học (Biofuels) là nhiên liệu được hình thành từ các hợp chất có nguồn gốc động thực vật như ngũ cốc, chất béo động thực vật (nhiên liệu sinh học thế hệ một), chất thải sinh khối (nhiên liệu sinh học thế hệ hai) và từ tảo (nhiên liệu sinh học thế hệ ba). Như vậy, nhiên liệu được sản xuất từ CTR nông nghiệp là nhiên liệu sinh học thế hệ hai.

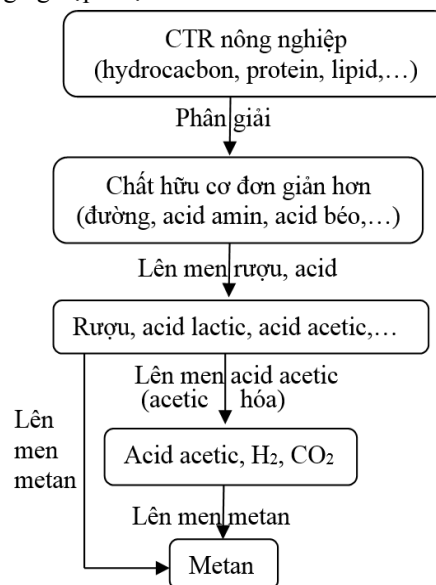
Từ CTR nông nghiệp, nhờ hoạt động của các VSV, một số nhiên liệu sinh học có thể được sản xuất như ethanol lỏng (lên men rượu), khí hydro (lên men hydro), khí metan (lên men metan),...

Sản xuất ethanol sinh học

CTR trồng trọt có thể được tái chế thành ethanol sinh học thế hệ hai vì có chứa thành phần cellulose và hemicelluloses. Như đã đề cập ở phần trước, cellulose và hemicelluloses sẽ tạo ra đường glucose và xylose khi bị thủy phân và sau đó một số VSV sẽ sử dụng các đường này để tạo ra ethanol sinh học [3]. Enzym thủy phân thường được thu từ các loài nấm sợi như *Trichoderma reesei* hay *Aspergillus niger* hoặc cả hai, từ vi khuẩn như *Clostridium thermocellum* và nhiều loài khác. Các VSV có khả năng chuyển glucose và/hoặc xylose thành ethanol như *Saccharomyce cerevisiae*, *Zymomonas mobilis*, *Candida shehatae*, *Pichia stipites*, Ngoài ra, trong tự nhiên vẫn có một số VSV có thể tạo ra các enzyme thực hiện đồng thời quá trình thủy phân và lên men nhưng hiệu suất chưa cao [3].

Sản xuất khí sinh học hydro và metan

Khí hydro và metan là hai khí sinh học được quan tâm trong tái chế CTR nông nghiệp. Do CTR nông nghiệp có chứa các hydrat cacbon, protein, lipid nên khi thủy phân sẽ tạo ra các đường, các acid hữu cơ, Từ các chất trung gian này, qua các quá trình lên men bởi vi sinh vật đã được trình bày ở mục 2.1.2, nhiên liệu sinh học khí hydro và metan có thể được tạo thành. Quá trình lên men hydro và metan từ CTR nông nghiệp được mô tả tóm tắt ở hình 3.



Hình 3. Quá trình lên men hydro và metan từ CTR nông nghiệp

Tuy lượng CTR nông nghiệp phát sinh tại Việt Nam hằng năm rất lớn như đã trình bày ở phần 1, việc tái chế CTR nông nghiệp thành nhiên liệu sinh học tại Việt Nam còn nhiều hạn chế, chủ yếu ở dạng nghiên cứu mà chưa được triển khai thực tiễn [3], do những rào cản về chính sách, công nghệ cũng như quan niệm của người Việt Nam về bảo vệ môi trường, tái chế chất thải và sử dụng năng lượng sinh học. Cũng chính vì vậy, Việt Nam rất có triển vọng về tái chế CTR nông nghiệp thành nhiên liệu sinh học thế hệ hai trong tương lai.

3. KẾT LUẬN

Với sự đa dạng về chủng loại và quá trình phân hủy các chất, VSV có thể biến đổi CTR nông nghiệp thành nhiều sản phẩm có ích như phân hữu cơ, các nhiên liệu sinh học phục

vụ cho nông nghiệp nói riêng và xã hội nói chung. Do đó, sử dụng VSV để tái chế CTR nông nghiệp là giải pháp mang nhiều ý nghĩa.

4. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Global agriculture towards 2050, **2009** [online] http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf.
- [2] PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. Food Security In Sub-Saharan Africa: An Explorative Study, **2012**. [online] <http://www.pbl.nl/en/publications/2012/food-security-in-sub-saharan-africa-an-explorative-study>.
- [3] Phan Thị Phẩm, Lê Thị Thu Hương, Đoàn Thị Tuyết Lê, Lê Phú Đông. Sự chuyển đổi sinh khối lignocellulose: Từ phế thải đến nguyên liệu tiềm năng cho sản xuất ethanol sinh học thế hệ thứ hai tại Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Lạc Hồng*, **2017**, Số đặc biệt, 159-164.
- [4] Schulz, S.; Brankatschk, R.; Dumig, A. Kogel-Knabner, I.; Schloter, M.; Zeyer, J. The role of microorganisms at different stages of ecosystem development for soil formation. *Biogeosciences*, **2013**, 10, 3983–3996.
- [5] Kwaasi, A.A. Microbiology in encyclopedia of food sciences and nutrition. *Academic press*. **2003**, 3877–3885.
- [6] Calvez, L.T.; Burgaud, G; Mahé, S; Barbier, G.; Vandenkoornhuysse, P. Fungal diversity in deep sea hydrothermal ecosystems. *Applied and Environmental Microbiology*, **2009**, 75 (20), 6415–6421.
- [7] Hawksworth, D.L. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance, and conservation. *Mycological Research*, **1991**, 95, 641-655.
- [8] Gibson, D.T. Microbial Degradation of Organic Compounds. CRC Press; **2003**.
- [9] Lê Phi Nga, Hoàng Thị Thanh Thủy, Đinh Xuân Thắng, Nguyễn Như Hà Vy. Giáo trình công nghệ sinh học môi trường: Lý thuyết và ứng dụng. Nhà Xuất bản Thành phố Hồ Chí Minh, **2014**.
- [10] Mai Cẩm Vi, Trần Lê Nguyên, Phan Thị Phẩm. Xác định nguồn dinh dưỡng bổ sung phù hợp cho quá trình ủ phân hữu cơ từ rác cây xanh đô thị. *Tạp chí Khoa học Lạc Hồng*, **2019**, 7.
- [11] Trần Bá Linh và Võ Thị Guơng. Ảnh hưởng của phân hữu cơ đến khả năng giữ nước và độ bền cấu trúc của đất trồng cây ăn trái, cây tiêu và rau màu ở đồng bằng sông Cửu Long, Bình Dương và Đà Lạt. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, **2013**, 25, 208-213.