

Nghiên cứu phát triển thiết bị đánh giá độ ổn định của phân bón hữu cơ dựa trên phương pháp xác định lượng oxy tiêu thụ theo nguyên tắc đo áp suất

Nguyễn Thanh Đàm¹, Nguyễn Cảnh Việt², Phùng Thị Vĩ¹, Tạ Thị Thảo³,
Dương Hồng Anh^{1,4}, Jean-Luc Vasel⁵, Phạm Hùng Việt^{1*}

¹Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Công nghệ phân tích phục vụ kiểm định môi trường và an toàn thực phẩm (KLATEFOS),
Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội (VNU, Hanoi)

²Khoa Vật lý, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, VNU, Hanoi

³Khoa Hoá học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, VNU, Hanoi

⁴Trung tâm Nghiên cứu Công nghệ Môi trường và Phát triển bền vững (CETASD),
Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, VNU, Hanoi

⁵Công ty EcoService, Libramont, Vương quốc Bỉ

Ngày nhận bài 8/9/2021; ngày chuyển phân biên 13/9/2021; ngày nhận phân biên 12/10/2021; ngày chấp nhận đăng 18/10/2021

Tóm tắt:

Phân bón hữu cơ hay phân compost/phân ủ là sản phẩm quan trọng trong xu hướng phát triển nông nghiệp công nghệ cao hiện nay. Độ ổn định của loại phân này không chỉ là một thông số chất lượng quan trọng mà còn có thể được sử dụng để theo dõi hiệu quả của quá trình ủ (composting). Nghiên cứu này đã phát triển được một thiết bị đánh giá độ ổn định của phân compost dựa trên phương pháp đo lượng oxy tiêu thụ sử dụng nguyên tắc đo áp suất. Thiết bị tự chế tạo này có thiết kế cải tiến, khắc phục được nhược điểm còn tồn tại trong các thiết bị đo thương mại có cùng nguyên lý hoạt động, trong đó mẫu compost được chứa trong các giá để mẫu đặt giữa bình trong khi khí CO₂ sinh ra được hấp thụ bởi dung dịch KOH ở đáy bình. Thiết bị có khả năng hoạt động độc lập với dữ liệu được ghi trên thẻ nhớ mà không cần kết nối với máy tính. Sau khi chế tạo, thiết bị đã được kiểm tra hoạt động trong phòng thí nghiệm để đánh giá lượng oxy tiêu thụ của 2 mẫu phân compost thực tế. Kết quả cho thấy, 2 mẫu này đều đáp ứng được quy định về độ ổn định của phân compost theo tiêu chuẩn Liên minh châu Âu với lượng oxy tiêu thụ trong 4 ngày (AT4) nhỏ hơn 10,0 mg O₂/g compost.

Từ khóa: AT4, đo áp suất, độ ổn định, oxy tiêu thụ, phân bón hữu cơ.

Chỉ số phân loại: 2.7

Đặt vấn đề

Phân bón hữu cơ hay phân compost/phân ủ là sản phẩm tạo thành sau quá trình phân hủy sinh học của các chất hữu cơ bởi các tập đoàn vi sinh vật, có bề ngoài giống như mùn, xốp, giàu dinh dưỡng, được sử dụng làm phân bón và cải thiện chất lượng đất [1]. Độ ổn định là một tiêu chí quan trọng để đánh giá chất lượng của phân compost trước khi đưa vào sử dụng. Độ ổn định có thể được định nghĩa là mức độ phân hủy của vật liệu hữu cơ, đặc trưng cho hoạt động của các vi sinh vật trong phân compost [2]. Phân bón hữu cơ chưa ổn định chứa các vi sinh vật đang hoạt động mạnh, quá trình phân hủy vẫn tiếp diễn, có thể tạo ra các mầm bệnh và mùi khó chịu, ảnh hưởng tới sự nảy mầm cũng như sinh trưởng của cây. Không chỉ là một thông số chất lượng quan trọng, độ ổn định còn có thể được sử dụng để theo dõi hiệu quả của quá trình ủ cũng như dùng để so sánh giữa các phương pháp sản xuất phân compost khác nhau [3].

Do quá trình ủ cũng như hoạt động sử dụng trên thực tế đều diễn ra trong điều kiện hiếu khí, nên đo hô hấp là phương pháp phổ biến nhất để đánh giá hoạt động của vi sinh vật trong phân compost, hay nói cách khác là phương pháp thích hợp nhất để xác

định độ ổn định của loại phân này [4]. Trong phương pháp đo hô hấp, có 3 kỹ thuật thông dụng, gồm: phép đo nhiệt độ, lượng CO₂ tạo thành và O₂ tiêu thụ. Trong đó, kỹ thuật đo lượng O₂ tiêu thụ được chấp nhận rộng rãi hơn cả và cho biết chính xác các thông tin về mức độ hoạt động của vi sinh vật trong phân compost. Đây cũng là phương pháp được sử dụng trong các tiêu chuẩn của Mỹ để xác định độ ổn định của phân compost [5].

Giá trị lượng O₂ tiêu thụ được sử dụng để theo dõi hoạt động sinh học trong điều kiện hiếu khí và được áp dụng để đánh giá độ ổn định của phân compost tương tự như phép đo nhu cầu oxy sinh hóa (BOD). Việc đo lượng oxy tiêu thụ có thể được thực hiện theo nguyên tắc đo áp suất hoặc điện hóa. Trong đó, việc đo áp suất có thể thực hiện một cách đơn giản và có chi phí thấp hơn. Lượng oxy tiêu thụ trong trường hợp đo áp suất có thể được tính theo công thức sau:

$$OC = \frac{\Delta m_{O_2}}{m_{compost}} = \frac{M_{O_2} \times \Delta n_{O_2}}{m_{compost}} = \frac{M_{O_2} \times V_g \times \Delta P}{R \times T \times m_{compost}} \quad (1)$$

trong đó: OC: lượng tiêu thụ oxy (mg O₂/g compost khô); $m_{compost}$: khối lượng của mẫu phân compost khô (g); M_{O_2} : khối lượng mol phân tử của oxy = 32.000 mg/mol; Δn_{O_2} : biến thiên về số mol của

*Tác giả liên hệ: Email: vietph@vnu.edu.vn

Study on development of a device for assessment compost stability based on the determination of oxygen consumption using pressure measurement

Thanh Dam Nguyen¹, Canh Viet Nguyen²,
Thi Vi Phung¹, Thi Thao Ta³,
Hong Anh Duong^{1,4}, Jean-Luc Vasel⁵, Hung Viet Pham^{1*}

¹Key Laboratory of Analytical Technology for Environmental Quality and Food Safety Control (KLATEFOS), University of Science, VNU, Hanoi

²Faculty of Physics, University of Science, VNU, Hanoi

³Faculty of Chemistry, University of Science, VNU, Hanoi

⁴Research Centre for Environmental Technology and Sustainable Development (CETASD), University of Science, VNU, Hanoi

⁵EcoService Company, Libramont, Belgium

Received 8 September 2021; accepted 18 October 2021

Abstract:

Organic fertilizer or compost is an essential product in the current trend of high-tech agricultural development. Compost stability is not only an important quality parameter but can also be used to monitor the efficiency of the composting process. This study developed a device to evaluate the stability of compost based on the oxygen consumption method using the principle of pressure measurement. This homemade device has improved design, overcoming existing weaknesses in commercial equipment with the same operating principle. In which, the compost sample is put in the containers placed in the middle of the bottle while the produced CO₂ is absorbed by the KOH solution at the bottom. The device is capable of working independently with the data recorded on the microSD card without connecting to a computer. The device is operationally tested in the laboratory to assess the oxygen consumption of two actual compost samples. The results showed that these samples both meet the EU's regulations on compost stability with oxygen consumption in 4 days (AT4) less than 10.0 mg O₂/g compost.

Keywords: AT4, compost, oxygen consumption, pressure measurement, stability.

Classification number: 2.7

ôxy (mol); V_g : thể tích của pha khí trong bình phản ứng (l); ΔP : biến thiên về áp suất trong bình phản ứng (mbar); R : hằng số khí lý tưởng = 83,14 (mbar.l/mol/K); T : nhiệt độ (K).

Lượng ôxy tiêu thụ thường được tính trong 4 ngày và ký hiệu là AT4 (hoặc RI4, tương tự BOD5). Theo các tiêu chuẩn của Liên minh châu Âu (EU), phân hữu cơ được coi là ổn định khi có giá trị AT4 không vượt quá 10,0 mg O₂/g compost (khô). Giá trị AT4 theo quy định của Đức và Áo là 5,0 mg O₂/g compost [3].

Hiện nay, đã có một số thiết bị thương mại đánh giá độ ổn định của phân compost dựa trên kỹ thuật đo lượng ôxy tiêu thụ, trong đó 2 thiết bị sử dụng hai nguyên lý đo khác nhau được dùng phổ biến nhất là OxiTop (đo áp suất) và Sapromat (điện hóa). Arias và cs (2012) [6] đã sử dụng thiết bị Sapromat để đo độ ổn định của các mẫu phân compost có thành phần bùn kỵ khí trộn lẫn với sậy sau khi ủ 90 ngày. Binner và cs (2012) [7] đã sử dụng đồng thời thiết bị Sapromat và OxiTop để đo AT4 với một lượng lớn mẫu, không chỉ phân compost (28 mẫu) mà còn gồm các mẫu từ nhà máy xử lý chất thải (74 mẫu), bãi chôn lấp rác thải (42 mẫu), sản xuất biogas (6 mẫu), rác thải đô thị (19 mẫu). Kết quả cho thấy, có mối tương quan tuyến tính mạnh giữa hai thiết bị (hệ số tương quan là 0,993).

Trong nước cũng đã có những nghiên cứu đánh giá chất lượng của phân compost [8-11], tuy nhiên hầu hết các nghiên cứu này đều chỉ tập trung vào độ hoại mà chưa quan tâm nhiều tới độ ổn định. Ngoài ra, hiện chưa có nhóm nghiên cứu nào ở Việt Nam phát triển các thiết bị để đánh giá độ ổn định của phân compost. Tiêu chuẩn Việt Nam [12] đưa ra chỉ tiêu dựa trên kỹ thuật đo nhiệt độ và có thể coi là tiêu chuẩn đánh giá về độ ổn định. Tuy nhiên, không có quy định chặt chẽ về khoảng cho phép của biến động nhiệt độ. Lê Thị Kim Oanh và cs (2015) [13] đã sử dụng kỹ thuật đo nhiệt độ nhưng dựa theo Tiêu chuẩn châu Âu với biên độ nhiệt cho phép $\pm 5^\circ\text{C}$ để đánh giá độ ổn định của phân compost tạo ra từ bùn thải nhà máy xử lý nước thải chế biến cá da trơn. Việc sử dụng kỹ thuật đo nhiệt độ mặc dù đơn giản nhưng có thể đưa đến kết quả kém chính xác hơn so với kỹ thuật đo lượng ôxy tiêu thụ.

Tuy đã có các thiết bị thương mại (dựa trên những nguyên tắc khác nhau, tiêu biểu là Sapromat và OxiTop), nhưng chúng đều có hạn chế là giá thành cao. Hoạt động của thiết bị Sapromat diễn ra tự động nhưng phức tạp. Bên cạnh đó, mặc dù dễ sử dụng hơn, nhưng thiết kế của thiết bị OxiTop còn có những nhược điểm cần khắc phục như: mẫu compost được đặt dưới đáy bình và khí CO₂ sinh ra được hấp thụ bởi KOH dạng rắn hoặc dung dịch đặt trong một bộ phận chứa nằm phía trên bình. Thiết kế này có nhiều hạn chế bởi: i) KOH đặt ở phía trên bình khiến cho việc trao đổi khí diễn ra khó khăn hơn do hạn chế về diện tích tiếp xúc và không thể khuấy trộn; ii) Đối với những mẫu compost chưa ổn định, CO₂ sinh ra lớn, lượng KOH sử dụng bị giới hạn bởi bộ phận chứa nhỏ có thể không đủ để hấp thụ triệt để lượng CO₂ sinh ra.

Nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu phát triển một thiết bị đánh giá độ ổn định của phân compost dựa trên phương pháp đo lượng ôxy tiêu thụ theo nguyên tắc đo áp suất (gọi là thiết bị đo compost). Do có nhiều sự tương đồng về nguyên lý hoạt động, thiết bị đo compost được phát triển dựa trên cơ sở thiết

bị BOD tự chế tạo trước đó [14, 15], đồng thời khắc phục những nhược điểm về thiết kế hiện có trên thiết bị thương mại OxiTop.

Thực nghiệm

Thiết bị, dụng cụ và hóa chất

Các linh kiện điện tử được sử dụng để chế tạo thiết bị bao gồm: vi điều khiển AVR2560 (Atmel, Mỹ), cảm biến đo áp suất HSCSAAN160MDAA5 (Honeywell, Mỹ), bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự - số (ADC) ADS1256 24 bit (Texas Instrument, Mỹ), cảm biến đo nhiệt độ DS18B20 (Maxim Integrated, Mỹ), chip tạo thời gian thực DS3231 (Maxim Integrated, Mỹ), màn hình hiển thị LCD 16x2 ký tự (Hitachi, Nhật Bản), thẻ nhớ microSD 16 GB (Samsung, Hàn Quốc) và bộ cấp nguồn 12 VDC.

Bình thủy tinh 1 l (Duran, Đức) được sử dụng làm bình phản ứng. Nắp bình được chế tạo từ vật liệu polyoxymethylene (POM) có gắn giá đỡ mẫu làm bằng inox 304.

Hóa chất KOH rắn (98%, Samchun, Hàn Quốc) được sử dụng để hấp thụ CO_2 sinh ra trong các thử nghiệm đánh giá hoạt động của thiết bị trong phòng thí nghiệm. Một số dụng cụ và thiết bị phụ trợ khác bao gồm tủ ủ ổn nhiệt FOC 245E (VELP Scientifica, Ý), cân phân tích 4 số (KERN, Đức), máy lọc nước deion Milli-Q (Merck Millipore, Đức).

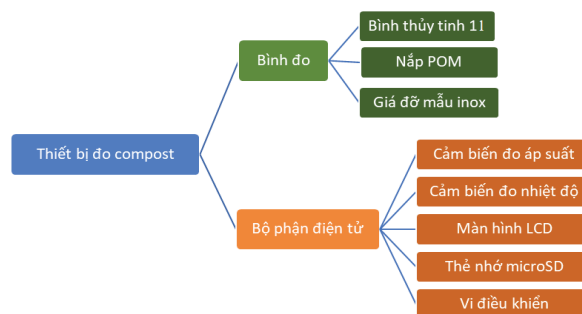
Lấy mẫu

Mẫu phân bón hữu cơ thí nghiệm gồm phân bò ủ hoai và trùn quế nguyên chất xuất xứ Việt Nam; mỗi mẫu có khối lượng 2 kg, được đặt mua từ cửa hàng vật tư phân bón trên địa bàn Hà Nội.

Phát triển thiết bị

Việc phát triển thiết bị được tiến hành theo các bước tương tự như trong các nghiên cứu trước đây [14]. Bên cạnh sự kế thừa (sử dụng cùng bình đo và cảm biến đo áp suất) như trong thiết bị đo BOD-pH [15], một số thay đổi đáng kể trong thiết kế hệ thống mạch điện tử đã được thực hiện nhằm đáp ứng các yêu cầu với đối tượng mới, bao gồm: sử dụng một mạch bộ chuyển đổi tương tự - số (ADC) rời, tích hợp thẻ nhớ microSD để lưu trữ số liệu, thay đổi cảm biến đo nhiệt độ. Ngoài ra, một IC cũng được thêm vào hệ thống nhằm lấy thời gian thực tại thời điểm số liệu được đo. Điện cực đo pH cũng được loại bỏ do mẫu đo là loại rắn. Cảm biến đo áp suất được hiệu chuẩn để chuyển đổi tín hiệu điện thành tín hiệu áp suất. Việc hiệu chuẩn này được thực hiện tại Viện Đo lường Việt Nam, tương tự như nghiên cứu trước đây [14, 15].

Bên cạnh đó, nhằm khắc phục các nhược điểm của thiết bị OxiTop cho compost thương mại, mẫu compost trong thiết bị mới được đặt trong các giá đỡ mẫu nằm ở giữa bình đo và dung dịch KOH sử dụng để hấp thụ CO_2 được bơm vào dưới đáy bình. Giá đỡ mẫu này được chế tạo mới bằng inox, thay thế cho bộ phận hấp thụ CO_2 trong thiết bị BOD-pH. Sơ đồ của thiết bị được trình bày ở hình 1.



Hình 1. Sơ đồ thiết bị đánh giá độ ổn định của phân compost.

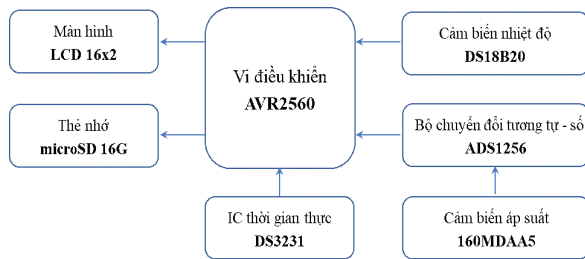
Thử nghiệm hoạt động của thiết bị trong phòng thí nghiệm

Sau khi chế tạo và hiệu chuẩn, thiết bị đo compost được đánh giá hoạt động trong việc xác định độ ổn định của 2 mẫu phân bón hữu cơ trong thực tế. Lượng phân compost sử dụng là 10 g và lượng CO_2 sinh ra được hấp thụ bởi 250 ml dung dịch KOH nồng độ 0,25 M. Toàn bộ thiết bị (bình đo và bộ phận điện tử) được đặt trong tủ ủ BOD và giữ ở nhiệt độ 20°C trong vòng 4 ngày. Từ kết quả chênh lệch áp suất trong bình và nhiệt độ, lượng oxy tiêu thụ được xác định. Các số liệu thực nghiệm và kết quả được tính toán trên phần mềm Microsoft Excel phiên bản 365 (Microsoft, Mỹ).

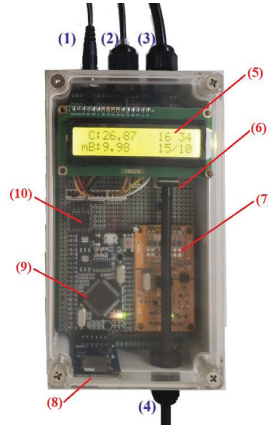
Kết quả và thảo luận

Kết quả phát triển thiết bị

Thiết bị đo độ ổn định của phân bón hữu cơ (thiết bị đo compost) gồm 2 phần chính: bình đo và bộ phận điện tử điều khiển (hình 1). Bộ phận điện tử điều khiển là nơi ghi nhận, xử lý số liệu thu được từ các cảm biến áp suất và nhiệt độ. Như đã trình bày, do sự tương đồng về nguyên tắc đo, cảm biến đo áp suất được sử dụng trong thiết bị đo compost tương tự như trong thiết bị đo BOD-pH tự chế tạo (HSCSAAN160MDAA5 của Honeywell, Mỹ, với khoảng đo từ -160 tới +160 mbar, độ chính xác $\pm 0,25\%$) [15]. Trong thiết kế mới này, thay vì sử dụng bộ ADC nội (10 bit) tích hợp trong vi điều khiển, một bộ chuyển đổi tương tự - số ADC ngoài với độ phân giải cao hơn đã được sử dụng nhằm tăng cường độ nhạy ở vùng áp suất thấp. Bộ chuyển đổi ADC ADS1256 (24 bit) của Texas Instruments đã được lựa chọn. Bên cạnh đó, cảm biến đo nhiệt độ cũng được thay đổi để có thể đặt trong bình đo thay vì đặt trên mạch điện tử. Cảm biến sử dụng trong nghiên cứu này là DS18B20 (Maxim Integrated, Mỹ) có khoảng đo -55 đến 125°C và sai số $\pm 0,5^\circ\text{C}$ khi đo ở dải -10 đến 85°C , hoàn toàn đáp ứng được khoảng làm việc của thiết bị (thường đo ở $20-37^\circ\text{C}$ [6, 7]). Ngoài ra, một IC thời gian, DS3231 (Maxim Integrated, Mỹ) hoạt động với kiểu dao động bù nhiệt độ (TCXO) ở tần số 32,768 kHz cũng được thêm vào nhằm lấy thời gian thực tại thời điểm số liệu được ghi nhận. Một thay đổi quan trọng khác về mặt điện tử là thiết bị có thể vận hành độc lập với kết quả được lưu lại trong thẻ nhớ (microSD Evo plus, Samsung, Hàn Quốc) dung lượng 16 GB gắn trên mạch điện tử thay vì phải kết nối với máy tính như trước. Sơ đồ nguyên lý của bộ phận điều khiển được thể hiện ở hình 2 và hình ảnh thực tế của bộ phận điện tử sau khi hoàn thiện được minh họa ở hình 3.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý của bộ phận điện tử.



Hình 3. Bộ phận điện tử điều khiển của thiết bị đo compost. (1) Nguồn 9 VDC; (2) Cảm biến đo nhiệt độ; (3) Ống dẫn khí nối với đầu đối chiều của cảm biến đo áp suất; (4) Ống dẫn khí nối đầu đo của cảm biến đo áp suất với bình phản ứng; (5) màn hình LCD; (6) Cảm biến đo áp suất; (7) Bộ ADC ngoài; (8) Thẻ nhớ microSD; (9) Vi điều khiển; (10) Bộ đồng hồ thời gian thực.

Trong các thiết bị đo compost thương mại như OxiTop, mẫu phân bón hữu cơ được đặt dưới đáy bình đo và khí CO_2 sinh ra được hấp thụ bởi dung dịch KOH đặt trong một bộ phận chứa nằm ở giữa bình. Như đã phân tích, việc đặt dung dịch KOH ở phía trên như vậy có thể dẫn đến khả năng hấp thụ CO_2 kém hiệu quả do thiếu sự khuấy trộn và hạn chế về diện tích tiếp xúc. Giải pháp ở đây là thay đổi cách tiến hành thiết kế của bình đo, trong đó mẫu phân bón hữu cơ sẽ được đặt trên một giá đỡ nằm giữa bình, khí CO_2 sinh ra sẽ được hấp thụ bằng dung dịch KOH ở đáy bình. Dung dịch này sẽ được khuấy trộn liên tục bằng một máy khuấy từ để tăng cường khả năng hấp thụ CO_2 , đồng thời tùy thuộc vào tốc độ khuấy mà có thể tạo sự xáo trộn trong pha khí, giúp quá trình trao đổi khí diễn ra hiệu quả hơn.

Giá đỡ mẫu được chế tạo bằng vật liệu inox 304 để hạn chế sự ăn mòn trong môi trường kiềm đặc. Giá này gồm hai khay chứa có hình dạng và kích thước tương đương nhau (đường kính đáy 60 mm, chiều cao thành 10 mm, dày 3 mm) (hình 4A). Điểm khác biệt duy nhất là mặt đáy của khay phía trên được đục các lỗ với đường kính 1 mm. Việc sử dụng mặt đáy với lỗ đục nhằm tăng cường khả năng trao đổi khí của mẫu với không khí trong bình. Khay thứ hai có vai trò hứng dung dịch chảy xuống từ phần chứa mẫu phía trên, tránh làm nhiễm bẩn dung dịch KOH phía dưới, đồng thời cũng có thể sử dụng để chứa thêm mẫu. Với kích thước đã cho, mỗi khay có thể chứa được 10-15 g mẫu.



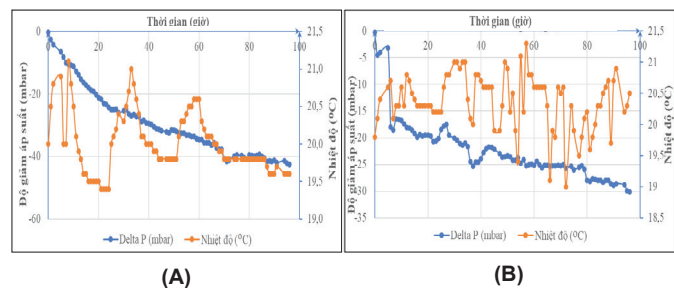
Hình 4. Hình ảnh nắp bình và giá đỡ mẫu trong thiết bị đo compost (A), thiết bị đo compost đã phát triển (B).

Hai khay chứa mẫu được gắn với nắp bình đo nhờ một ống trụ bằng inox 304. Ống trụ này có các vòng ren ở hai đầu, một đầu bắt vào nắp bình, đầu còn lại dùng để gắn khay chứa mẫu nhờ vòng ren và ốc. Các bộ phận của thiết bị sau khi chế tạo được kết nối với nhau để tạo thành thiết bị đo hoàn chỉnh như minh họa ở hình 4B.

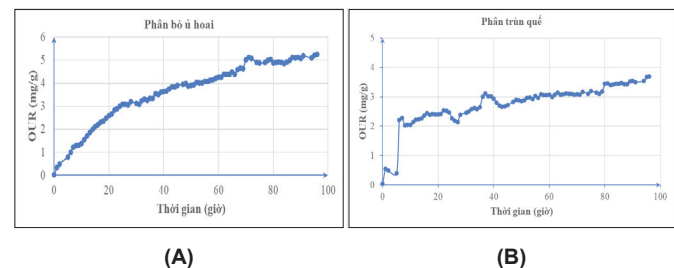
Kết quả thử nghiệm thiết bị

Đầu ra của cảm biến đo áp suất là tín hiệu điện (mV), vì vậy, sau khi lắp đặt, cảm biến đo áp suất được hiệu chuẩn nhằm xây dựng đường chuẩn biểu diễn mối quan hệ giữa tín hiệu điện đầu ra và giá trị áp suất đầu vào. Việc hiệu chuẩn được thực hiện tại Viện Đo lường Việt Nam. Hệ số tương quan tuyến tính $R^2=0,999$ của đường chuẩn thu được $[y = 0,0124x + 2,4666]$ với x là áp suất (mbar) và y là điện thế (V) chứng tỏ giá trị áp suất đặt vào và tín hiệu điện thu được có sự tuyến tính cao.

Sau khi hiệu chuẩn, thiết bị đo compost được ứng dụng để đánh giá độ ổn định của 2 mẫu phân bón hữu cơ trên thị trường thông qua việc đo AT4. Các kết quả được thể hiện ở hình 5 và 6.



Hình 5. Sự thay đổi áp suất và nhiệt độ trong bình trong thử nghiệm đánh giá độ ổn định của mẫu phân bón ủ hoai (A) và trùn quế (B).



Hình 6. AT4 của mẫu phân bón ủ hoai (A) và trùn quế (B).

Dựa vào đồ thị ở hình 5 và 6 có thể thấy rằng, mẫu phân bò ủ hoai có sự tăng đều đặn về lượng oxy tiêu thụ, trong khi mẫu trùn quế có sự tăng mạnh về lượng oxy tiêu thụ trong những giờ đầu, sau đó giảm dần trong các khoảng thời gian tiếp theo. Sự khác biệt có thể tới từ bản chất chất hữu cơ cũng như sự khác nhau về tập đoàn vi sinh vật trong 2 mẫu. Mẫu phân trùn quế có giá trị AT4 nhỏ hơn so với mẫu phân bò ủ hoai, lần lượt là 3,7 và 5,2 mg O₂/g compost. So sánh với các tiêu chuẩn quy định thì cả 2 mẫu này đều đáp ứng được tiêu chuẩn của EU, nhưng chỉ có mẫu phân trùn quế đáp ứng được tiêu chuẩn của Đức. Lưu ý rằng, tại Việt Nam chưa có các quy định cụ thể về độ ổn định (lượng oxy tiêu thụ) cho phân compost, do vậy, trên bao bì của các mẫu phân hữu cơ trên cũng không đề cập tới các giá trị này. Mặc dù vậy, có thể kết luận rằng, cả 2 mẫu phân compost này đều có độ ổn định tốt khi đáp ứng được quy định của EU.

Kết luận

Trong nghiên cứu này, thiết bị đo lượng oxy tiêu thụ đối với các mẫu phân compost đã được chế tạo thành công dựa trên nguyên tắc đo áp suất. Thiết bị được phát triển trên cơ sở kế thừa, đồng thời cải tiến, khắc phục các hạn chế của các thiết bị đo BOD đã tự phát triển trước đó cũng như các thiết bị đo compost thương mại. Thiết bị sau khi chế tạo và hiệu chuẩn đã được kiểm tra hoạt động trong phòng thí nghiệm thông qua việc đánh giá độ ổn định của 2 mẫu phân bón hữu cơ thực tế. Thiết bị sẽ được tiếp tục phát triển nhằm hoàn thiện về thiết kế cũng như tính năng, bao gồm việc chế tạo mạch in, đưa cảm biến đo nhiệt độ vào trong bình đo để theo dõi trực tiếp nhiệt độ của pha khí và của mẫu phân tích, đồng thời phần mềm cũng sẽ được nâng cấp để có thể hiển thị trực tiếp kết quả về lượng oxy tiêu thụ.

LỜI CẢM ƠN

Các tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ về tài chính của Đại học Quốc gia Hà Nội (đề tài mã số QG.21.14) và Cơ quan Ngoại giao vùng Wallonie-Bruxelles, Bỉ (dự án WBI mã số 2.24). Các tác giả cũng trân trọng cảm ơn sự trợ giúp của Phòng Đo lường áp suất, Viện Đo lường Việt Nam trong việc hiệu chỉnh thiết bị và sự hỗ trợ của cử nhân Nguyễn Thị Thanh Hiền, Khoa Hoá học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên trong việc thực hiện một số thí nghiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Siddiqui, et al. (2020), "Recent advances in assessing the maturity and stability of compost", *Biology of Composts*, **58**, pp.181-202.
- [2] K. Wichuk, D. McCartney (2013), "Compost stability and maturity evaluation - A literature review", *Journal of Environmental Engineering and Science*, **8(5)**, pp.601-620.

- [3] R.B. Gómez, F. Lima, A.S. Ferrer (2006), "The use of respiration indices in the composting process: a review", *Waste Management & Research*, **24(1)**, pp.37-47.

- [4] M.P. Bernal, et al. (2017), "Current approaches and future trends in compost quality criteria for agronomic, environmental, and human health benefits", *Advances in Agronomy*, **144**, pp.143-233.

- [5] ASTM D5975-17 (2017), *Standard Test Method for Determining the Stability of Compost by Measuring Oxygen Consumption*.

- [6] V.S. Arias, F.J. Fernández, L. Rodríguez, J. Villaseñor (2012), "Respiration indices and stability measurements of compost through electrolytic respirometry", *Journal of Environmental Management*, **95**, pp.S134-S138.

- [7] E. Binner, K. Bohm, P. Lechner (2012), "Large scale study on measurement of respiration activity (AT(4)) by SaproMat and OxiTop", *Waste Management*, **32(10)**, pp.1752-1759.

- [8] Ngô Kim Chi, Nguyễn Thị Minh Tâm, Đặng Ngọc Phượng, Phạm Ngọc Khanh (2009), "Phân tích chất lượng phân mùn hữu cơ compost và kiến nghị về tiêu chuẩn kỹ thuật", *Hóa học & Ứng dụng*, **24**, tr.42-46.

- [9] Nguyễn Thanh Bình, Hoàng Thị Quỳnh, Syoko Oshiro, Kazuto Shima (2015), "Đánh giá chất lượng compost sản xuất từ bùn thải thông qua chỉ số hoai mục và năng suất sinh khối cỏ Ý (*Lolium multiflorum* L.)", *Tạp chí Phát triển Khoa học & Công nghệ*, **18**, tr.52-64.

- [10] Phan Thị Thanh Thuý, Nguyễn Văn Việt (2017), "Nghiên cứu quy trình ủ phân compost từ vỏ lụa hạt điều", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, **6**, tr.132-140.

- [11] Trần Thị Thu Hiền, Phan Thị Ngọc Hân, Nguyễn Thị Ngọc Huyền, Bùi Thị Thắm, Vũ Thị Liễu, Nguyễn Tiến Hán (2020), "Nghiên cứu quá trình làm phân compost hiếu khí từ bùn của Nhà máy xử lý nước Hà Thanh", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, **56(4)**, tr.111-115.

- [12] Bộ Khoa học và Công nghệ (2002), *TCVN 7185:2002 về Phân hữu cơ vi sinh vật*.

- [13] Lê Thị Kim Oanh, Trần Thị Mỹ Diệu (2015), "Nghiên cứu sản xuất compost nhằm tái sử dụng bùn thải từ nhà máy xử lý nước thải chế biến cá da trơn", *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ*, **18**, tr.99-115.

- [14] Trương Thị Trang, Đỗ Anh Tuấn, Nguyễn Thanh Đàm, Phạm Hùng Việt (2019), "Nghiên cứu chế tạo thiết bị dựa trên nguyên lý đo áp suất để theo dõi liên tục BOD trong thời gian dài nhằm xác định đặc tính nước thải", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, **61(1)**, tr.58-63.

- [15] Thanh Dam Nguyen, My Linh Hoang, Hong Anh Duong, Hung Viet Pham, Anh Tuan Do, Jean-Luc Vassel (2020), "Development of a device based on the respirometric principle for long-term monitoring of BOD and pH: a novel approach in wastewater characterisation", *Vietnam Journal of Science, Technology and Engineering*, **62(3)**, pp.10-14.