

TỔNG QUAN PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH HỆ SỐ PHÁT THẢI CÁC CHẤT Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ TỪ HOẠT ĐỘNG ĐỐT HỖ RƠM RẠ

Phạm Thị Hồng Phương^{1,2*}, Nghiêm Trung Dũng¹, Phạm Thị Mai Thảo²

¹Trường Đại học Bách khoa Hà Nội,

²Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

TÓM TẮT

Đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng từ lâu đã được thực hiện như một cách xử lý chất thải với chi phí thấp và được sử dụng ngày càng rộng rãi ở các nước Đông Nam Á. Tuy nhiên, hoạt động này phát sinh các chất ô nhiễm vào khí quyển, gây tác động đến chất lượng không khí, biến đổi khí hậu và sức khỏe con người. Để kiểm kê phát thải và đánh giá tác động của việc đốt hờ rơm rạ, phương pháp tính toán dựa vào hệ số phát thải (EF) thường được ưu tiên áp dụng. Bài báo này nhằm mục tiêu tổng quan về các phương pháp thường được áp dụng để xác định hệ số phát thải các chất ô nhiễm không khí từ quá trình đốt hờ rơm rạ, bao gồm: phương pháp profin thẳng đứng, phương pháp mô hình phát tán, phương pháp dùng chất đánh dấu, phương pháp cân bằng cacbon, cảm biến hình ảnh bằng laser (LiDAR) và phương pháp xác định trong phòng thí nghiệm. Trên cơ sở phân tích ưu điểm và hạn chế của từng phương pháp, bài báo chỉ ra được xu hướng nghiên cứu xác định hệ số phát thải từ hoạt động đốt hờ rơm rạ trong tương lai.

Từ khóa: Hệ số phát thải; chất ô nhiễm không khí; rơm rạ; đốt hờ; phương pháp

Ngày nhận bài: 29/5/2020; Ngày hoàn thiện: 26/8/2020; Ngày đăng: 31/8/2020

A REVIEW OF METHODS FOR THE DETERMINATION OF THE EMISSION FACTORS OF AIR POLLUTANTS FROM RICE STRAW OPEN BURNING

Phạm Thị Hồng Phương^{1,2*}, Nghiêm Trung Dũng¹, Phạm Thị Mai Thảo²

¹Hanoi University of Science and Technology,

²Hanoi University of Natural Resources and Environment

ABSTRACT

Rice straw open burning has long practiced as an inexpensive way of crop residue disposal and is used increasingly by farmers in Southeast Asia. This activity produces air pollutants, which potentially affect air quality, climate change, and human health. To conduct emission inventory and assess the impacts of rice straw open burning, the emission factors are usually used. The aim of this paper is to review the methods used for the determination of the emission factors of air pollutants from rice straw open burning including Vertical profiling method; Dispersion modelling; Atmospheric tracer technique; Carbon mass balance method; LiDAR technology; Laboratory measurement methods. Based on the analysis of the advantages and disadvantages of each method, the paper shows the research trend to determine the emission factors from open burning in the future.

Keywords: Emission factor; air pollutants; rice straw; open burning; method

Received: 29/5/2020; Revised: 26/8/2020; Published: 31/8/2020

* Corresponding author. Email: pthphuong1982@gmail.com

1. Giới thiệu

Đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng là một phương pháp xử lý chất thải sau thu hoạch khá phổ biến của người nông dân nhằm tiết kiệm chi phí, thời gian xử lý, làm sạch đồng ruộng chuẩn bị cho vụ thu hoạch tiếp theo. Quá trình đốt rơm rạ phát sinh các chất ô nhiễm vào khí quyển, gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến chất lượng không khí, góp phần gia tăng khí nhà kính và tác động không nhỏ đến sức khỏe con người và sinh vật [1], [2]. Khoảng 90% lượng cacbon được giải phóng từ quá trình đốt rơm bị oxy hóa thành CO_2 hoặc CO, dưới 5% lượng cacbon được giải phóng dưới dạng bụi (PM). PM được tạo ra từ quá trình đốt rơm rạ thường có thành phần: (i) phần hữu cơ (particulate organic matter- POM) (~80%); (ii) phần vô cơ (trace inorganic species) (~11–15%) và BC (black carbon) (~5–9%) [3]. Những chất vô cơ dạng vết trên bụi từ quá trình đốt sinh khối có thể kể đến như: Na, Mg, Si, S, C, K, Ca và Fe [4]. Ngoài ra, quá trình đốt rơm rạ được xác định thải vào khí quyển một lượng đáng kể các hợp chất hóa học khác như: CH_4 , N_2O , NO và VOCs,... [4].

Để kiểm kê phát thải và đánh giá tác động của việc đốt hỏ rơm rạ, phương pháp tính toán dựa vào hệ số phát thải thường được áp dụng (EF_emission factor). EF được xác định là một đại lượng thể hiện mối liên hệ giữa lượng chất ô nhiễm phát sinh từ một nguồn với các hoạt động phát sinh ra các chất đó và thường được thể hiện dưới dạng khối lượng chất ô nhiễm trên một đơn vị khối lượng, thể tích, quãng đường hoặc thời gian của hoạt động phát sinh ra nó [5]. Hiện nay, có nhiều phương pháp khác nhau nhằm xác định hệ số phát thải các chất ô nhiễm từ hoạt động đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng. Bài báo này nhằm mục tiêu giới thiệu tổng quan các phương pháp xác định hệ số phát thải chất ô nhiễm không khí từ hoạt động đốt hỏ rơm rạ đang được áp dụng phổ biến nhất hiện nay. Trên cơ sở phân tích các ưu điểm và hạn chế của mỗi phương pháp, bài báo cũng xác định xu hướng nghiên cứu trong tương lai nhằm xác định hệ số phát thải từ hoạt động đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp thu thập, tổng hợp tài liệu

Thu thập, nghiên cứu các tài liệu được công bố trong và ngoài nước về những nghiên cứu có liên quan đến phương pháp xác định hệ số phát thải các chất ô nhiễm không khí từ hoạt động đốt hỏ rơm rạ.

Do đây là hướng nghiên cứu mới chủ yếu được thực hiện trong các công trình nghiên cứu quốc tế, vì vậy các tài liệu được sử dụng tham khảo, tìm hiểu phục vụ bài báo này đều được khai thác tại các tạp chí khoa học quốc tế có danh tiếng như Atmospheric Environment, Science of the Total Environment, Journal of Environmental Protection, Atmospheric Pollution Research,...

2.2. Phương pháp thống kê

2.2.1. Phương pháp thống kê mô tả

Trong nghiên cứu này, phương pháp thống kê mô tả sử dụng các thông tin từ các bài báo đơn lẻ cho từng đối tượng nghiên cứu là bụi hoặc khí thải từ hoạt động đốt nói chung và từ hoạt động đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng nói riêng.

2.2.2. Phương pháp thống kê suy luận

Phương pháp thống kê suy luận bao gồm thực hiện kiểm định thống kê mô tả để xác định tính khả thi, khả năng áp dụng trong nước và quốc tế.

2.3. Phương pháp phân tích đánh giá

Từ các kết quả xử lý thống kê ở trên, bài báo tiến hành phân tích, đánh giá ưu điểm, hạn chế của từng phương pháp, kết quả nghiên cứu áp dụng trên thế giới và Việt Nam, các yêu cầu khi áp dụng và khả năng phù hợp của phương pháp đó trong điều kiện Việt Nam.

3. Kết quả và bàn luận

Hiện nay, hệ số phát thải của các chất ô nhiễm từ quá trình đốt hỏ rơm rạ có thể được xác định bằng nhiều phương pháp khác nhau, trong đó các phương pháp được liệt kê dưới đây thường được áp dụng phổ biến: (1) phương pháp profin thẳng đứng; (2) phương pháp mô hình phát tán; (3) phương pháp sử dụng chất đánh dấu; (4) phương pháp cân bằng (khối lượng) cacbon; (5) công nghệ LiDAR (Laser Imaging Detection and

Ranging - Cảm biến hình ảnh bằng lase); (6) phương pháp xác định trong phòng thí nghiệm [6].

3.1. Phương pháp profin thẳng đứng (Vertical profiling method)

Phương pháp profin thẳng đứng dựa trên các phép đo hiện trường về tốc độ gió và nồng độ các chất ô nhiễm trong khí quyển từ hoạt động đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng để suy ra profin thẳng đứng của tốc độ gió và profin thẳng đứng của nồng độ chất ô nhiễm (phân bố nồng độ chất ô nhiễm theo chiều cao) [7]-[10]. Có thể thu được profin tốc độ gió bằng phương trình profin của gió dạng logarit, với máy đo tốc độ gió dùng âm thanh 3D hoặc bằng cách đo tốc độ gió ở hai độ cao khác nhau [6]. Profin nồng độ chất ô nhiễm theo chiều cao thu được bằng cách đo nồng độ chất ô nhiễm ở bốn độ cao khác nhau với thiết bị đo thẳng đứng. Độ cao được chọn phụ thuộc vào khoảng cách của thiết bị đo tới vùng phát thải. Hệ số phát thải của chất ô nhiễm sau đó được tính toán theo phương trình sau [11]:

$$EF_s = \int_{z_0}^{z_{\max}} \frac{u(z)c(z)t \cos(\theta)}{w} dz \quad (1)$$

Trong đó, EF_s là hệ số phát thải của chất ô nhiễm (mg/m^2), z là chiều cao so với mặt đất (m), z_0 là chiều dài độ nhám bề mặt, $u(z)$ là tốc độ gió trung bình ở độ cao z (m/s) trong suốt quá trình đo, $c(z)$ là nồng độ trung bình của chất cần quan tâm ở độ cao z (mg/m^3), t là khoảng thời gian thí nghiệm, θ là góc giữa sức căng ma sát ở bề mặt và gió trong khí quyển, w là khoảng rộng gió dịch chuyển so với mặt đất trong thời gian thử nghiệm và $z_{\max}$ là chiều cao mà tại đó nồng độ chất ô nhiễm cần quan tâm được tính là 0.

Ưu điểm của phương pháp này cho phép tính toán EF_s dựa hoàn toàn vào các phép đo tại hiện trường, nhưng nó có một số hạn chế như sau:

- Cần rất nhiều dụng cụ thiết yếu để thực hiện các phép đo nồng độ và tốc độ gió ở các độ cao khác nhau;
- Ước tính profin nồng độ theo phương thẳng đứng, chiều cao luồng khói và profin tốc độ gió là không cố định vì nó dựa trên các phép đo không trực tiếp;

- Đối với khoảng cách để đo PM theo chiều gió, tỷ lệ $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ giữa phép đo phát thải nguồn gần ($\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ khoảng 50%) khác hẳn phép đo phát thải nguồn xa ($\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ khoảng 10%). Sự khác biệt này có thể là do phần PM mịn hơn ($\text{PM}_{2.5}$) có xu hướng phát tán theo chiều dọc, khiến cho việc phát hiện trong các phép đo nồng độ tầm xa trở nên khó khăn hơn [7].

Trong điều kiện nghiên cứu ở Việt Nam việc áp dụng phương pháp này là khó khăn do hạn chế về thiết bị đo và sai số trong quá trình đo không trực tiếp.

3.2. Phương pháp mô hình phát tán (Dispersion modeling method)

Các mô hình phát tán khí quyển có thể được sử dụng để thực hiện ước tính hệ số phát thải các chất ô nhiễm từ hoạt động đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng [6], [12], [13]. Các mô hình được thiết kế chủ yếu để dự đoán nồng độ các chất ô nhiễm theo chiều gió của một nguồn có tốc độ phát thải đã biết, $ER_s(\mu\text{g}/\text{s})$. Các dạng mô hình nghịch đảo thường được sử dụng để ước tính hệ số phát thải của chất ô nhiễm phát ra từ một hoạt động đốt [14]. ER_s và từ đó là EF_s , được xác định bằng việc xác định nồng độ chất ô nhiễm đo được trong điều kiện mô phỏng.

Một số mô hình phát tán đã được sử dụng để ước tính hệ số phát thải từ các hoạt động đốt có thể kể đến như sau: mô hình Gauss (ISC3, AERMOD); mô hình Euler; mô hình Lagrang.

Kết quả nghiên cứu so sánh giữa việc xác định hệ số phát thải trong hoạt động nông nghiệp bằng mô hình AERMOD và mô hình ISC3 cho thấy không có sự khác biệt thống kê giữa chúng [14], [15].

Mô hình Lagrang cũng được phát triển thành “mô hình nghịch đảo” (mô hình xác định hệ số phát thải bắt đầu từ các giá trị nồng độ và dữ liệu khí tượng). Một mô hình có tính năng phân tích, ví dụ mô hình BLS (Backward Lagrangian Stochastic) đã được đặc biệt phát triển cho các ứng dụng công nghiệp mở và cho đến nay, nó chủ yếu được sử dụng để ước tính lượng khí thải amoniac và các loại khí khác [16], [17]. Mô hình BLS có ưu điểm là khả năng quản lý đa nguồn và có thể tính toán

phát thải trong một khoảng thời gian ngắn (ví dụ: trong vài giờ) [17]. Những đặc điểm này cho phép mô hình BLS được sử dụng như một công cụ hữu ích cho việc ước tính hệ số phát thải từ các hoạt động đốt hờ rơm rạ, thường xảy ra trong một khoảng thời gian ngắn. Tuy nhiên, hạn chế của phương pháp này là nồng độ chất ô nhiễm từ quá trình đốt được xác định trong điều kiện mô phỏng. Trong khi đó, độ tin cậy của việc xác định EF_s phụ thuộc nồng độ chất ô nhiễm. Ngoài ra, EF_s còn phụ thuộc vào đặc điểm của mô hình đã chọn và các biến số ảnh hưởng (ví dụ biến thời tiết).

3.3. Phương pháp dùng chất đánh dấu (Atmospheric tracer technique)

Người ta có thể xác định được hệ số phát thải các chất ô nhiễm từ quá trình đốt hờ rơm rạ dựa vào kỹ thuật sử dụng khí đánh dấu [4], [18]-[20]. Chất khí đánh dấu khí quyển có thể được lựa chọn là CO , CO_2 , CH_4 , N_2O trong đó CO được ưu tiên hơn cả. Lý do vì độ biến thiên của CO trong môi trường nền khi chưa có hoạt động đốt thường thấp nên khi chọn làm khí đánh dấu sẽ ít có sai số. Trong khi đó, CO_2 có sai số lớn do CO_2 trong môi trường nền có thể cao bởi sự phát thải từ các hoạt động khác (như giao thông hoặc công nghiệp) [4], [18]-[21].

Quá trình lấy mẫu có thể được tiến hành trên bề mặt đất bằng kỹ thuật đo phát thải liên tục đối với PM và sắc kí khí được áp dụng đối với chất đánh dấu. Thời điểm lý tưởng nhất để xác định các thông số này là trong vòng vài phút sau khi khói được thoát ra từ những đám cháy, để giảm tối đa phản ứng hóa học xảy ra giữa chất đánh dấu với những hợp chất khác trong khí quyển tạo thành những hợp chất mới. Kỹ thuật thứ 2 cho việc xác định nồng độ các chất ô nhiễm từ quá trình đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng là sử dụng kỹ thuật quang phổ chuyển đổi hồng ngoại trên không (OP_FTIR – open path Fourier transform infrared). Với kỹ thuật này có thể xác định chính xác được thời điểm bắt đầu, thời điểm kết thúc và theo dõi liên tục quá trình phát thải và tỷ lệ các chất ô nhiễm từ quá trình đốt [4], [22].

Như vậy, bằng việc xác định được chất đánh dấu với ER_s đã biết, có thể suy ra tốc độ phát thải của chất cần quan tâm thông qua công thức đơn giản như sau [4], [6]:

$$ER_x = \frac{[X]ER_{(tracer\ gas)}}{[tracer\ gas]} \quad (2)$$

Trong đó, $ER_{(x)}$ và $ER_{(tracer\ gas)}$ lần lượt là tỷ lệ phát thải của chất ô nhiễm và của chất đánh dấu, trong khi $[X]$ và $[tracer\ gas]$ là nồng độ chất khí được đo.

Từ ER_x thu được, sau đó có thể được chuyển đổi thành EF_x bằng cách nhân nó với khoảng thời gian thí nghiệm hoặc chia nó cho tiết diện bề mặt của vùng thực hiện thí nghiệm.

Nhược điểm chính của phương pháp này là giả định về động lực vận chuyển của các chất ô nhiễm là bằng nhau (thông qua các dòng đối lưu). Điều này có thể tạo ra những sai số nhất định so với thực tế. Tuy nhiên, so sánh các phương pháp xác định tương tự đã được sử dụng để tính toán lượng chất ô nhiễm từ hoạt động đốt rơm rạ và trong các môi trường khác, đặc biệt là trong các nghiên cứu xác định nguồn gây ô nhiễm thì phương pháp dùng chất đánh dấu khí quyển có thể được coi là một phương pháp có độ tin cậy cao [6].

Một số tác giả đã thực hiện nghiên cứu so sánh giữa việc xác định hệ số phát thải bằng kỹ thuật sử dụng chất đánh dấu khí quyển và sử dụng mô hình AERMOD (trên cùng một thí nghiệm). Kết quả cho thấy, EF_s thu được bằng phương pháp sử dụng chất đánh dấu khí quyển có độ biến thiên thấp hơn không đáng kể so với phương pháp sử dụng mô hình [23]. Vì vậy, phương pháp sử dụng chất đánh dấu khí quyển có thể thay thế cho các phương pháp khác đã được đề cập, có tiềm năng mang lại kết quả tốt với chi phí và kỹ thuật thực hiện không quá khó khăn. Với cách tiếp cận này, phương pháp này hoàn toàn khả thi trong điều kiện nghiên cứu của Việt Nam.

3.4. Phương pháp cân bằng cacbon

Phương pháp cân bằng cacbon là một trong những phương pháp khá phổ biến trong việc xác định hệ số phát thải từ hoạt động đốt hờ rơm rạ. Phương pháp này có cách tiếp cận

tương tự phương pháp sử dụng chất đánh dấu khí quyền. Hệ số phát thải của chất cần quan tâm được ước tính dựa vào tổng lượng cacbon phát thải và tổng lượng cacbon ban đầu của rơm rạ bị cháy. Khi đó, các thông số tham chiếu thường là CO hoặc CO₂ [20]. Việc lựa chọn chất tham chiếu CO hay CO₂ dựa vào hiệu suất cháy hiệu chuẩn MCE (modified combustion efficiency). Khi MCE > 0,9, quá trình cháy được coi là cháy ở trạng thái “có ngọn lửa”, CO₂ sẽ được chọn làm chất tham chiếu. Ngược lại, quá trình cháy được coi là cháy ở trạng thái “âm i”, CO sẽ được chọn làm chất tham chiếu [3], [24].

Công thức tính MCE như sau:

$$MCE = \frac{CO_2}{CO + CO_2} \quad (3)$$

Tỷ lệ phát thải

Trường hợp CO là chất tham chiếu:

$$\text{Ta có: } ER_{X/CO} = \frac{\Delta X}{\Delta CO} \quad (4)$$

Trường hợp CO₂ là chất tham chiếu:

$$\text{Ta có: } ER_{X/CO_2} = \frac{\Delta X}{\Delta CO_2} \quad (5)$$

Trong đó:

ER_{X/CO}: Tỷ lệ phát thải của chất X đối với CO

ER_{X/CO₂}: Tỷ lệ phát thải của chất X đối với CO₂

ΔX, ΔCO, ΔCO₂ là hiệu giữa nồng độ chất ô nhiễm đo được khi đốt (X_f, CO_f, CO_{2,f}) và nồng độ nền (X_b, CO_b, CO_{2,b}):

$$\Delta X = X_f - X_b \quad (6)$$

$$\Delta CO = CO_f - CO_b \quad (7)$$

$$\Delta CO_2 = CO_{2,f} - CO_{2,b} \quad (8)$$

Xác định hệ số phát thải

* Hệ số phát thải của CO₂

- Hệ số phát thải CO₂ được tính theo phương trình [3]:

$$EF_{CO_2} = 0,9 * \frac{CO_2}{CO_2 + CO} * C_0 * \frac{44}{12} \quad (9)$$

$$C_0 = C_b - C_a \quad (10)$$

Trong đó: C_o: lượng C bị đốt cháy, kg/m²; C_b: lượng C có trong rơm trước khi đốt, kg/m²; C_a: lượng C còn lại trong tro sau khi đốt, kg/m²;

- Hệ số phát thải của các chất khác

- Trường hợp CO là chất tham chiếu (quá trình cháy âm i):

$$EF_x = ER_{X/CO} * ER_{CO/CO_2} * EF_{CO_2} \quad (11)$$

- Trường hợp CO₂ là chất tham chiếu (quá trình cháy có ngọn lửa):

$$EF_x = ER_{X/CO_2} * EF_{CO_2} \quad (12)$$

Tỷ lệ phát thải ER_{CO/CO₂} được tính dựa trên kết quả đo nồng độ CO và CO₂ gần ngọn lửa. Việc xác định CO và CO₂ gần ngọn lửa được đo trực tiếp bằng thiết bị đo. Phân tích nồng độ các khí CO và CO₂ theo hướng gió được sử dụng để tính tỷ lệ ER_{X/CO} và ER_{X/CO₂}.

Mặc dù việc ước tính phát thải theo phương pháp này khá đơn giản và cho kết quả đáng tin cậy nhưng đôi khi vẫn tồn tại một số hạn chế. Đó là khí tham chiếu CO₂ có thể đến từ nhiều nguồn khác ngoài hoạt động đốt rơm rạ (ví dụ giao thông, công nghiệp,...), khi đó, sẽ cho kết quả quá thấp hoặc quá cao. Hơn nữa, để áp dụng phương pháp này, phải giả định PM được phát tán đều từ điểm đốt đến điểm lấy mẫu. Trên thực tế, quá trình lắng đọng PM có thể sẽ dẫn đến việc đánh giá thấp của quá trình phát tán. Một khía cạnh quan trọng khác trong việc xác định độ tin cậy của phương pháp là kỹ thuật lấy mẫu được áp dụng.

3.5. Công nghệ LiDAR

Trong những năm gần đây, công nghệ khảo sát từ xa sử dụng nguồn kích thích bằng tia laser, công nghệ LiDAR (Light Detection And Ranging) đã và đang được các nhà khoa học nghiên cứu thử nghiệm để nghiên cứu quá trình phát thải PM từ các hoạt động nông nghiệp, đặc biệt để xác định được các thông số phát tán từ một đám cháy [11], [25]. Nguyên lý hoạt động của một hệ LiDAR tương tự nguyên lý hoạt động của một hệ RADAR, bao gồm một khối phát bức xạ điện từ kích thích và một khối thu tín hiệu tán xạ ngược. Về cơ bản, hệ LiDAR có cấu trúc gồm một khối phát tia laser hướng về đối tượng cần quan trắc và một khối thu tín hiệu tán xạ ngược trở lại. Bức xạ laser hướng về phía đối tượng nghiên cứu, tương tác với đối tượng

cần khảo sát, bức xạ điện từ sẽ biến đổi tính chất trước khi trở về đầu thu. Bức xạ điện từ tán xạ trở về đầu thu sẽ mang các thông tin về đối tượng khảo sát, tuân theo lý thuyết tán xạ tùy thuộc vào bản chất của đối tượng tán xạ. Sự thay đổi tính chất của bức xạ trở về cho phép xác định các thông số đặc trưng của môi trường nghiên cứu như: đặc trưng tán xạ ngược, mật độ, sự phân bố, hình dạng và kích thước PM. Trên cơ sở đó, người ta có thể ước tính được ER của chất ô nhiễm cần quan tâm thông qua việc hiệu chỉnh các mẫu lọc thu được từ công nghệ LiDRA. Những ứng dụng này cũng cho phép đánh giá mức độ không chắc chắn của các ước tính chiều cao của khói bằng phương pháp Profin thẳng đứng [11]. Tương tự, công nghệ LiDAR cũng đã và đang được sử dụng để đánh giá mức độ không chắc chắn của các ước tính độ cao của thông số khói được thực hiện bằng các mô hình. Kết quả cho thấy hệ số phát thải được ước tính bằng công nghệ LiDAR có khoảng không chắc chắn nhỏ hơn không đáng kể so với phương pháp sử dụng mô hình AERMOD [26].

Trong một nghiên cứu khác liên quan đến việc sử dụng công nghệ LiDAR trong việc quan sát và xác định phát thải từ một hoạt động cháy ngoài đồng ruộng cho thấy, dưới những điều kiện đối lưu, khói có xu hướng di chuyển theo phương thẳng đứng hơn là phương nằm ngang. Những phát hiện này rất có ý nghĩa trong việc lựa chọn vị trí đặt thiết bị xác định PM trên mặt đất nên đặt gần hay xa nguồn phát thải thì cho kết quả chính xác hơn. Một ưu điểm nữa của ứng dụng công nghệ LiDAR gần đây là có thể phân biệt các sol khí từ những nguồn khác nhau như phát thải từ động cơ, bụi đất hay từ hoạt động đốt [7]. Trong những năm gần đây, công nghệ LiDAR đã và đang trở thành một công cụ quan trọng để ước tính EF_s của PM, đặc biệt là trong những thử nghiệm thí điểm như là một phương pháp tham chiếu để đánh giá tính chính xác của các mô hình. Nhược điểm

chính của công nghệ này liên quan đến chi phí và độ phức tạp của nó trong quá trình sử dụng thiết bị và hiệu chỉnh. Mặt khác, kỹ thuật này là một kỹ thuật cung cấp nhiều thông tin nhất về hình dạng và động học của khói bụi.

3.6. Phương pháp xác định trong phòng thí nghiệm

Mặc dù điều kiện môi trường là yếu tố quan trọng trong việc xác định hệ số phát thải các chất ô nhiễm từ hoạt động đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng và khó có thể mô phỏng được dưới điều kiện phòng thí nghiệm. Tuy nhiên, một số phương pháp cụ thể có thể áp dụng để xác định EF_s từ hoạt động đốt rơm rạ trong phòng thí nghiệm với thiết bị tiến hành là buồng đốt mở (Open combustion chambers) [4].

Buồng đốt mở là thiết bị thí nghiệm phổ biến nhất được sử dụng để mô phỏng lại quá trình đốt rơm rạ trong phòng thí nghiệm. Buồng đốt thường được cấu tạo bởi khay đốt (nơi đặt các vật liệu mẫu trong quá trình đốt) và chụp hút được nối với ống khói (nơi mẫu được đo và lấy để phân tích). Người phát minh đầu tiên ra buồng đốt là Jenkin (1996), có hình dạng tương tự như hầm gió, và sau này được phát triển nhằm mô phỏng quá trình phát thải của hoạt động đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng [4], [27]-[29]. Đặc biệt, với thiết kế của Li (2017) đã dùng một buồng đốt kích cỡ nhỏ (0,23 m³) để phân tích. Bằng một dụng cụ lọc HEPA được đặt ở đầu vào của không khí và được thiết kế thêm buồng thứ hai để không khí ô nhiễm được đảo trộn trước khi lấy mẫu [30]. Buồng đốt được sử dụng để đánh giá ảnh hưởng độ ẩm của nguyên liệu đốt đến quá trình phát sinh chất ô nhiễm, không dùng để đánh giá nguồn thải và xác định loại nhiên liệu đốt khác nhau [21].

Khi đó, hệ số phát thải các chất ô nhiễm không khí có thể được tính bằng phương trình khối lượng dựa vào US-EPA (2011) (phương trình (13)).

$$EF_i = \frac{M_{i, tổng}}{M_{rơm rạ đốt}} \quad (13)$$

Trong đó, EF_i: Hệ số phát thải của chất i (g/kg hoặc mg/kg); M_{i, tổng} là khối lượng chất ô

niêm i đã phát sinh trong quá trình đốt (g hoặc mg), $M_{rom\ ra\ đốt}$ là khối lượng rom rạ đã đốt (kg).

Tóm lại, những nghiên cứu thử nghiệm trong phòng thí nghiệm là yếu tố quyết định để có được thông tin ban đầu về những ảnh hưởng của các tác nhân (như đặc tính môi trường nền và độ ẩm) đến sự phát thải chất ô nhiễm do hoạt động đốt, từ đó, tạo nền tảng cho những nghiên cứu mới trong tương lai.

4. Kết luận

Hệ số phát thải các chất ô nhiễm từ quá trình đốt rom rạ ngoài đồng ruộng được trình bày trong bài báo khá đa dạng, làm cho việc thực hiện so sánh giữa các hệ số phát thải cũng trở nên khó khăn, đặc biệt khi xét thấy không rõ nên coi phương pháp nào là phương pháp tham chiếu.

Một trong những mục tiêu chính của bài này là liệt kê các phương pháp chủ yếu để xác định hệ số phát thải các chất ô nhiễm từ quá trình đốt hờ rom rạ đồng ruộng và tìm hiểu xu hướng nghiên cứu hiện tại. Trong số các phương pháp đã trình bày ở trên, một số phương pháp đang trở nên lỗi thời và ít được sử dụng, trong khi một số phương pháp khác được sử dụng thường xuyên hơn và có thể được coi là phương pháp tham chiếu trong tương lai. Trước kia, phương pháp profin thẳng đứng được coi là một kỹ thuật tham chiếu để ước tính hệ số phát thải nhưng hiện nay phương pháp này đã bị hầu hết các nhà nghiên cứu từ bỏ vì lý do chi phí sử dụng thiết bị lớn và kết quả có độ chính xác không cao. Đối với phương pháp sử dụng kỹ thuật LiDAR có ưu điểm chính là cung cấp nhiều thông tin chi tiết về hình dạng và động học của bụi. Tuy nhiên, hạn chế của phương pháp này liên quan đến chi phí và độ phức tạp khi sử dụng thiết bị cũng như quá trình hiệu chỉnh. Phương pháp mô hình hóa được coi là lựa chọn tiết kiệm chi phí hơn trong việc xác định hệ số phát thải so với phương pháp profin thẳng đứng và phương pháp sử dụng kỹ thuật LiDAR. Trong số những mô hình phát tán được sử dụng để xác định hệ số phát thải các

chất ô nhiễm từ quá trình đốt, các mô hình Lagrangian được cho là chính xác hơn so với các mô hình Gauss. Tuy nhiên, các mô hình Gauss vẫn được một số cơ quan quản lý đề xuất làm mô hình tham chiếu (như mô hình AERMOD của US_EPA) do quá trình sử dụng đơn giản. Nhìn chung, việc sử dụng các mô hình phát thải là lựa chọn ưa thích để xác định hệ số phát thải và kiểm kê phát thải, phục vụ cho mục đích quản lý và tham chiếu cho các phương pháp xác định hệ số phát thải khác. Độ tin cậy của việc xác định hệ số phát thải dựa vào phương pháp mô hình phụ thuộc vào đặc điểm mô hình đã chọn, kỹ thuật xác định nồng độ chất ô nhiễm và các yếu tố ảnh hưởng như điều kiện thời tiết. Do đó, các phương pháp xác định hệ số phát thải dựa vào kết quả thực nghiệm sẽ cho độ tin cậy cao hơn. Phương pháp xác định hệ số phát thải trong phòng thí nghiệm với thiết bị buồng đốt hờ sẽ cho kết quả chính xác lượng chất thải từ quá trình đốt. Tuy nhiên, kết quả tính toán hệ số phát thải theo phương pháp này dựa trên khối lượng rom rạ đã đốt, do đó khi áp dụng ngoài điều kiện thực tế của đồng ruộng sẽ là một khó khăn. Vì vậy, phương pháp xác định hệ số phát thải trong phòng thí nghiệm thường được sử dụng khi muốn thử nghiệm để xác định ảnh hưởng của các tác nhân như độ ẩm của nguyên liệu đốt hay môi trường nền đến sự phát thải của chất ô nhiễm khi có hoạt động đốt, làm cơ sở cho những nghiên cứu thực nghiệm trong tương lai. Phương pháp sử dụng chất đánh dấu khí quyển và phương pháp cân bằng cacbon để xác định hệ số phát thải các chất ô nhiễm từ quá trình đốt rom rạ ngoài đồng ruộng cho đến thời điểm hiện tại vẫn được các nhà nghiên cứu coi là phương pháp tối ưu hơn cả bởi chi phí thực hiện tiết kiệm, phương pháp tiến hành và tính toán kết quả có độ tin cậy cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1]. E. D. Vicente, and C. A. Alves, "An overview of particulate emissions from residential biomass combustion," *Atmospheric Research*, vol. 199, pp. 159-185, 2018.

- [2]. R. Koppmann, K. von Czapiewski, and J. S. Reid, "A review of biomass burning emissions, part I: gaseous emissions of carbon monoxide, methane, volatile organic compounds, and nitrogen containing compounds," *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, vol. 5, no. 5, pp. 10455-10516, 2005.
- [3]. J. S. Reid, R. Koppmann, T. F. Eck, and D. P. Eleuterio, "A review of biomass burning emissions part II: intensive physical properties of biomass burning particles," *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 5, no. 3, pp. 799-825, 2005.
- [4]. S. Chantara, D. Thepnuan, W. Wiriya, S. Prawan, and Y. I. Tsai, "Emissions of pollutant gases, fine particulate matters and their significant tracers from biomass burning in an open-system combustion chamber," *Chemosphere*, vol. 224, pp. 407-416, 2019.
- [5]. J. J. Zhang, and L. Morawska, "Combustion sources of particles: 2. Emission factors and measurement methods," *Chemosphere*, vol. 49, pp. 1059-1074, 2002.
- [6]. J. Maffia, E. Dinuccio, B. Amon, and P. Balsari, "PM emissions from open field crop management: Emission factors, assessment methods and mitigation measures – A review," *Atmospheric Environment*, vol. 226, p. 117381, 2020.
- [7]. B. Holmén, D. Miller, A. Hiscox, W. Yang, J. Wang, T. Sammis, and R. Bottoms, "Near-source particulate emissions and plume dynamics from agricultural field operations," *Journal of Atmospheric Chemistry*, vol. 59, no. 2, pp. 117-134, 2007.
- [8]. S. Yang, W. Yuesi, and Z. Changchun, "Measurement of the vertical profile of atmospheric SO₂ during the heating period in Beijing on days of high air pollution," *Atmospheric Environment*, vol. 43, no. 2, pp. 468-472, 2009.
- [9]. J. Stutz, "Vertical profiles of NO₃, N₂O₅, O₃, and NO_x in the nocturnal boundary layer: 1. Observations during the Texas Air Quality Study 2000," *Journal of Geophysical Research*, vol. 109, no. D12306, 2004.
- [10]. T.-Y. Yu, C.-Y. Lin, and L.-F. W. Chang, "Estimating air pollutant emission factors from open burning of rice straw by the residual mass method," *Atmospheric Environment*, vol. 54, pp. 428-438, 2012.
- [11]. T. A. J. Britt, A. HolmeHn, L. L. Ashbaugh, and R. G. Flocchini, "Lidar-assisted measurement of PM₁₀ emissions from agricultural tilling in California's San Joaquin Valley – Part II. lidar," *Atmospheric Environment*, vol. 35, pp. 3265-3277, 2001.
- [12]. C.-H. Lai, K.-S. Chen, and H.-K. Wang, "Influence of rice straw burning on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in agricultural county of Taiwan," *Journal of Environmental Sciences*, vol. 21, no. 9, pp. 1200-1207, 2009.
- [13]. D. F. Prato, and J. I. Huertas, "Determination of the Area Affected by Agricultural Burning," *Atmosphere*, vol. 10, no. 6, pp. 312, 2019.
- [14]. W. B. Faulkner, L. B. Goodrich, V. S. Botlaguduru, S. C. Capareda, and C. B. Parnell, "Particulate matter emission factors for almond harvest as a function of harvester speed," *Journal of the Air & Waste Management Association*, vol. 59, no. 8, pp. 943-949, Aug. 2009.
- [15]. X. Wang, C. P. Meyer, F. Reisen, M. Keywood, P. K. Thai, D. W. Hawker, J. Powell, and J. F. Mueller, "Emission Factors for Selected Semivolatile Organic Chemicals from Burning of Tropical Biomass Fuels and Estimation of Annual Australian Emissions," *Environmental Science Technology*, vol. 51, no. 17, pp. 9644-9652, Sep. 5, 2017.
- [16]. H. F. Bonifacio, R. G. Maghirang, B. W. Auvermann, E. B. Razote, J. P. Murphy, and J. P. Harner, 3rd, "Particulate matter emission rates from beef cattle feedlots in Kansas-reverse dispersion modeling," *Journal of the Air & Waste Management Association*, vol. 62, no. 3, pp. 350-361, Mar. 2012.
- [17]. S. M. McGinn, T. K. Flesch, D. Chen, B. Crenna, O. T. Denmead, T. Naylor, and D. Rowell, "Coarse particulate matter emissions from cattle feedlots in Australia," *Environmental Science Technology*, vol. 39, no. 3, pp. 791-8, May-Jun, 2010.
- [18]. R. J. Yokelson, I. R. Burling, S. P. Urbanski, E. L. Atlas, K. Adachi, P. R. Buseck, C. Wiedinmyer, S. K. Akagi, D. W. Toohey, and C. E. Wold, "Trace gas and particle emissions from open biomass burning in Mexico," *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 11, no. 14, pp. 6787-6808, 2011.
- [19]. H. Ni, Y. Han, J. Cao, L. W. A. Chen, J. Tian, X. Wang, J. C. Chow, J. G. Watson, Q. Wang, P. Wang, H. Li, and R.-J. Huang, "Emission characteristics of carbonaceous particles and trace gases from open burning of crop residues in China," *Atmospheric Environment*, vol. 123, pp. 399-406, 2015.

- [20]. M. O. Andreae, "Emission of trace gases and aerosols from biomass burning –An updated assessment," *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, vol. 303, pp. 1-27, 2019.
- [21]. K. Hayashi, K. Ono, M. Kajiura, S. Sudo, S. Yonemura, A. Fushimi, K. Saitoh, Y. Fujitani, and K. Tanabe, "Trace gas and particle emissions from open burning of three cereal crop residues: Increase in residue moistness enhances emissions of carbon monoxide, methane, and particulate organic carbon," *Atmospheric Environment*, vol. 95, pp. 36-44, 2014.
- [22]. K. Janoszka, and M. Czaplicka, "Methods for the determination of levoglucosan and other sugar anhydrides as biomass burning tracers in environmental samples - A review," *Journal of Separation Science*, vol. 42, no. 1, pp. 319-329, Jan, 2019.
- [23]. G. Qiu, and E. Pattey, "Estimating PM10 emissions from spring wheat harvest using an atmospheric tracer technique," *Atmospheric Environment*, vol. 42, no. 35, pp. 8315-8321, 2008.
- [24]. N. T. Oanh, T. L. Bich, D. Tipayarom, B. R. Manadhar, P. Prapat, C. D. Simpson, and L. J. Liu, "Characterization of Particulate Matter Emission from Open Burning of Rice Straw," *Atmospheric Environment (1994)*, vol. 45, no. 2, pp. 493-502, Jan 1, 2011.
- [25]. T. A. J. Britt, A. HolmeHn, L. L. Ashbaugh, Robert G. Flocchini, "Lidar-assisted measurement of PM10 emissions from agricultural tilling in California's San Joaquin Valley Part I: lidar," *Atmospheric Environment*, vol. 35, pp. 3251-3264, 2000.
- [26]. J. Wang, A. L. Hiscox, D. R. Miller, T. H. Meyer, and T. W. Sammis, "A comparison of Lagrangian model estimates to light detection and ranging (LIDAR) measurements of dust plumes from field tilling," *Journal of the Air & Waste Management Association*, vol. 59, no. 11, pp. 1370-1378, Nov, 2009.
- [27]. D. d. A. França, K. M. Longo, T. G. S. Neto, J. C. Santos, S. R. Freitas, B. F. T. Rudorff, E. V. Cortez, E. Anselmo, and J. A. Carvalho, "Pre-Harvest Sugarcane Burning: Determination of Emission Factors through Laboratory Measurements," *Atmosphere*, vol. 3, no. 1, pp. 164-180, 2012.
- [28]. V. Mugica-Álvarez, F. Hernández-Rosas, M. Magaña-Reyes, J. Herrera-Murillo, N. Santiago-De La Rosa, M. Gutiérrez-Arzaluz, J. de Jesús Figueroa-Lara, and G. González-Cardoso, "Sugarcane burning emissions: Characterization and emission factors," *Atmospheric Environment*, vol. 193, pp. 262-272, 2018.
- [29]. B. Jenkins, Danieljones, S. Turn, and R. Williams, "Emission of trace gases and aerosols from biomassEmission Factors for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from Biomass Burning," *Environmental Science. Technollogy* vol.30, no. 8, pp. 2462-2469, 1996.
- [30]. Q. Li, J. Jiang, S. Wang, K. Rumchev, R. Mead-Hunter, L. Morawska, and J. Hao, "Impacts of household coal and biomass combustion on indoor and ambient air quality in China: Current status and implication," *Science of The Total Environment*, vol. 576, pp. 347-361, Jan 15, 2017.