

CÁC VẤN ĐỀ MÔI TRƯỜNG TRONG SẢN XUẤT LÚA

ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN RICE PRODUCTION

Nguyễn Đạt Phương, Lê Tấn Truyền, Nguyễn Hữu Thành

Tóm tắt:

Mục tiêu của bài báo này là giới thiệu tổng quan về sản xuất lúa và các vấn đề môi trường gây ra trong sản xuất lúa ở Việt Nam cũng như trên toàn thế giới. Sản xuất lúa là một nguồn chính phát thải khí nhà kính, trong đó nông nghiệp là nguồn phát thải CH_4 lớn nhất, trồng lúa là nguồn phát thải lớn thứ 2 sau quá trình lên men ở ruột. Nông nghiệp chiếm khoảng 60% lượng N_2O và khoảng 50% lượng CH_4 . Vỏ trấu chủ yếu được sử dụng làm chất đốt cho các nhà máy sấy, lượng trấu sử dụng làm chất đốt là 60,2%, dùng lót chuồng nuôi: 17,4%, ủ phân: 14,1%.

Từ khóa: CH_4 , N_2O , sản xuất lúa, vỏ trấu

Abstract:

The aim of this paper is to present an overview of rice production and the environmental problems caused in rice production in Vietnam as well as worldwide. Rice production is a major source of greenhouse gas emissions, in which agriculture is the largest source of CH_4 emissions, and rice cultivation is the second source of emissions after intestinal fermentation. Agriculture accounts for about 60% of N_2O and about 50% of CH_4 . Rice husk is mainly used as fuel for drying plants, the amount of rice husk used as fuel is 60.2%, used for lining of livestock cages: 17.4%, composting: 14.1%.

Keywords: CH_4 , N_2O , rice production, rice husk

ThS. Nguyễn Đạt Phương

Khoa Kỹ thuật Hạ tầng đô thị - Trường ĐHXD Miền Tây

ThS. Lê Tấn Truyền

Phó Hiệu Trưởng - Trường ĐHXD Miền Tây

ThS. Nguyễn Hữu Thành

Khoa Kỹ thuật Hạ tầng đô thị - Trường ĐHXD Miền Tây

Email: nguyendatphuong@mtu.edu.vn

ĐT: 0982 438 763

Ngày nhận bài: 20/5/2022

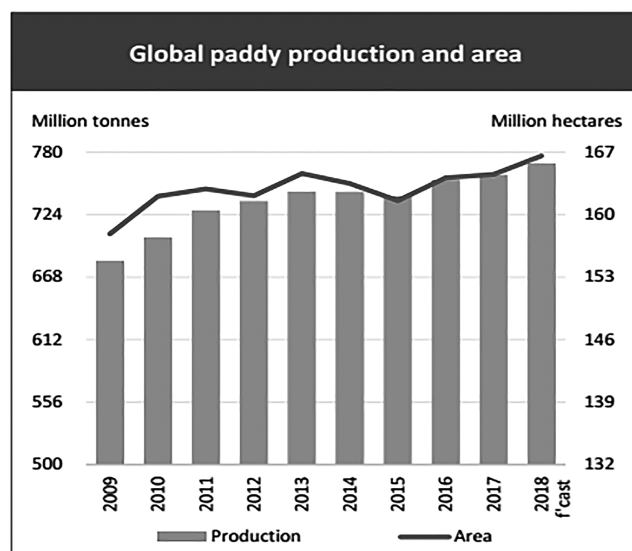
Ngày gửi phản biện: 01/6/2022

Ngày chấp nhận đăng: 14/6/2022

1. Giới thiệu

Lúa là cây lương thực thiết yếu được trồng phổ biến và lâu đời nhất đối với đất ở Việt Nam và nhiều quốc gia trên toàn thế giới, đặc biệt là các quốc gia ở Châu Á. Lúa gạo là loại lương thực chính của người dân Châu Á, cũng như bắp của người dân Nam Mỹ, hạt kê của người dân Châu Phi hoặc lúa mì của người dân Châu Âu và Bắc Mỹ. Khoảng 40% dân số trên thế giới lấy lúa gạo làm nguồn lương thực chính [1].

Theo số liệu thống kê của IRRR - AfricaRice - CIAT [2], tổng diện tích đất trồng lúa toàn thế giới năm 2010 là 162 triệu ha, trong đó châu Á có diện tích 143,2 triệu ha, chiếm 88,4%, còn lại là châu Phi (10,5 triệu ha, chiếm 6,6%), châu Mỹ (7,2 triệu ha, chiếm 4,5%), châu Âu (0,718 triệu ha, chiếm 0,5%). Năng suất lúa bình quân toàn thế giới đạt 4,4 tấn/ha, trong đó châu Âu đạt cao nhất (6 tấn/ha), tiếp đến là châu Mỹ (đạt 5,1 tấn/ha), châu Á (đạt 4,4 tấn/ha). Tình hình sản xuất lúa và diện tích đất trồng lúa trên thế giới từ năm 2009 - 2018 được trình bày ở Hình 1.



Hình 1. Sản xuất lúa và diện tích đất trồng lúa trên thế giới từ năm 2009-2018 [3]

Các nước sản xuất lúa gạo lớn nhất thế giới cho đến nay là Trung Quốc có 109,9 triệu ha đất có thể canh tác lúa, chiếm 7,74% thế giới và 21,7% châu Á và Ấn Độ với 157,9 triệu ha, chiếm 11,1% thế giới và 31,25% châu Á. Mặc dù diện tích trồng lúa thấp hơn Ấn Độ, nhưng sản lượng lúa của Trung Quốc lớn hơn do năng suất cao hơn. Sau Trung Quốc và Ấn Độ là Indonesia, Bangladesh, Việt Nam, Thái Lan và Myanmar. Bảy quốc gia này đều có sản lượng trung bình trong năm 2006 - 2010 là hơn 30 triệu tấn lúa. Quốc gia cao nhất tiếp theo trong danh sách là Philippines (chỉ sản xuất được hơn một nửa con số đó). Nói chung, bảy quốc gia hàng đầu chiếm hơn 80% sản lượng lúa của thế giới.

Theo Quyết định phê duyệt và công bố kết quả thống kê diện tích đất đai năm 2018 của Bộ Tài nguyên và Môi trường [4], tính đến ngày 31/12/2018 tổng diện tích đất tự nhiên của cả nước là 33.123.597 ha, trong đó diện tích đất nông nghiệp là 27.289.454 ha (chiếm 82,39%), diện tích đất phi nông nghiệp là 3.773.750 ha (chiếm 11,39%), diện tích đất chưa sử dụng là 2.060.393 ha (chiếm 6,22%).

Từ năm 1955 đến 1980 diện tích đất trồng lúa trên toàn thế giới đã tăng rõ rệt, bình quân tăng 1,36 triệu ha năm⁻¹. Năm 1980 diện tích đất trồng lúa tăng chậm và đạt cao nhất vào năm 1999 là 156,77 triệu ha, với tốc độ tăng trưởng bình quân 630.000 ha năm⁻¹. Từ năm 2000 trở đi diện tích trồng lúa thế giới có nhiều biến động và có xu hướng giảm dần, đến năm 2005 còn ở mức 152,9 triệu ha. Diện tích đất trồng lúa tập trung ở Châu Á (khoảng 90%). Các nước có diện tích lúa lớn nhất theo thứ tự phải kể là Ấn Độ, Trung Quốc, Indonesia, Bangladesh, Thái Lan. Việt Nam đứng hàng thứ 6 trước Miến Điện [5]. Theo Tổng cục Thống kê Việt Nam [6], tổng diện tích đất trồng lúa của Việt Nam đạt 7,831 triệu ha với tổng sản lượng lúa của năm 2016 là 43,6 triệu tấn.

Cùng với sự gia tăng dân số, nhu cầu về lương thực, thực phẩm không ngừng gia tăng. Sản xuất lúa gạo trở thành một trong những khâu thiết yếu nhằm đảm bảo an ninh lương thực của toàn thế giới. Tuy nhiên, song song với những lợi ích mà cây lúa mang lại, phát thải khí nhà kính và phế phụ

phẩm phát sinh từ quá trình sản xuất lúa gạo đã để lại các hậu quả nghiêm trọng đến môi trường.

2. Ảnh hưởng của sản xuất lúa đến phát thải khí nhà kính

Khí nhà kính (KNK) là những khí có khả năng hấp thụ bức xạ hồng ngoại trong bầu khí quyển, dẫn đến hấp thụ nhiệt và làm nóng bề mặt của trái đất [6]. Trong bầu khí quyển của trái đất, O₂ và N₂ là 2 khí chiếm chủ yếu lần lượt là 21% và 78%; 1% còn lại là các khí khác như CH₄, CO₂, N₂O,... Mặc dù các khí CH₄, CO₂ và N₂O chiếm một tỷ lệ rất nhỏ nhưng các khí này lại góp phần chính gây ra hiện tượng nóng lên toàn cầu bởi vì chúng tồn tại rất lâu trong khí quyển và có khả năng hấp thụ nhiệt tương đối cao [7]. Tiềm năng nóng lên toàn cầu được định nghĩa là cách đo lường khả năng của một khí gây hiệu ứng nhà kính hấp thụ nhiệt và làm nóng không khí trong một thời gian nhất định. Tiềm năng nóng lên toàn cầu của 3 loại khí CO₂, CH₄, và N₂O lần lượt là 1, 25 và 298 [8].

Mê-tan (CH₄) là một trong những loại khí chính gây hiệu ứng nhà kính và làm ảnh hưởng đến môi trường. Hai quá trình sinh học xác định sự trao đổi mê-tan giữa đất và khí quyển là sản xuất CH₄ do vi khuẩn kỵ khí hoàn toàn (Methanogens) và tiêu thụ CH₄ bởi vi khuẩn tự dưỡng (Methanotrophs). Quá trình sản sinh khí CH₄ diễn ra trong tất cả các môi trường thiếu khí nơi carbon hữu cơ bị phân hủy bởi các vi sinh vật, ví dụ như ở vùng đất than bùn, trầm tích hồ, ruộng lúa ngập nước, trong bãi rác, trong ruột của động vật nhai lại,...

Khí mê-tan là khí có hoạt động bức xạ mạnh, có khả năng hấp thụ mạnh tia hồng ngoại, hấp thụ bức xạ nhiệt hiệu quả hơn gấp 25 lần so với khí CO₂ [8]. Trong bầu khí quyển, khí CH₄ đóng góp 16% vào sự tăng nhiệt độ môi trường. Nó còn có tác dụng thúc đẩy sự oxy hóa hơi nước trên tầng bình lưu làm gia tăng hiệu ứng nhà kính. Thời gian tồn tại hóa học của CH₄ trong khí quyển là khoảng 12 năm, so với khoảng 100 năm đối với CO₂ [9]. Theo Global Monitoring Laboratory [10] báo cáo vào ngày 05 tháng 08 năm 2021 nồng độ CH₄ trong khí quyển đã tăng lên đến 1891,3 ppb. Trong thời gian qua lượng CH₄ trong khí quyển ngày càng gia tăng, chỉ tính riêng trong giai đoạn 1984 - 2021 lượng CH₄ đã tăng trung bình 6,76 ppb/năm [10].

Mặc dù hàm lượng phát thải khí mê-tan toàn cầu thấp hơn phát thải khí CO₂ nhưng CH₄ là một khí gây hiệu ứng nhà kính lớn hơn khí CO₂ gấp 25 lần [8]. Ngoài CH₄ thì lượng khí N₂O cũng là nguồn đáng lo ngại trong việc nóng lên toàn cầu. Tuy N₂O chiếm tỷ lệ nhỏ trong tổng lượng phát thải KNK nhưng tiềm năng nóng lên toàn cầu của khí này cao gấp 298 lần so với CO₂ [8]. Theo báo cáo của Global Monitoring Laboratory [10], nồng độ N₂O vào ngày 05 tháng 8 năm 2021 đã tăng lên đến 334,1 ppb. Theo Hirsch, et al. [11] các hoạt động của con người đã làm tăng N₂O hàng năm từ bề mặt trái đất lên khoảng 40 - 50% so với giai đoạn tiền công nghiệp.

Sản xuất lúa là một trong những nguồn phát thải CH₄, N₂O chủ yếu trên toàn cầu. Hoạt động sản xuất nông nghiệp cũng đóng góp số lượng đáng kể KNK, chủ yếu từ hoạt động sản xuất lúa [12]. Theo EPA [9], sản xuất lúa là một nguồn chính phát thải KNK, trong đó nông nghiệp là nguồn phát thải CH₄ lớn nhất, trồng lúa là nguồn phát thải lớn thứ 2 sau quá trình lên men ở ruột. Trồng lúa chiếm 7% phát thải CH₄ toàn cầu vào năm 2005. Còn theo IPCC [13] báo cáo vào năm 2005, nông nghiệp chiếm mức phát thải ước tính từ 5,1 đến 6,1 GtCO_{2-eq} (10 - 12% tổng lượng phát thải KNK do con người gây ra trên toàn cầu). CH₄ đóng góp 3,3 GtCO_{2-eq} và N₂O 2,8 GtCO_{2-eq}. Trong tổng lượng phát thải do con người gây ra trên toàn cầu năm 2005, nông nghiệp chiếm khoảng 60% lượng N₂O và khoảng 50% lượng CH₄. Với 40% diện tích đất của hành tinh này được sử dụng cho canh tác nông nghiệp và đồng cỏ [14] thì tổng lượng khí mê-tan phát thải do hoạt động sản xuất lúa gạo là 525 triệu tấn, chiếm 15 - 20% lượng mê-tan do con người tạo ra.

Việt Nam là quốc gia sản xuất lúa gạo hàng đầu thế giới, vì vậy lượng CH₄ và N₂O phát thải từ hoạt động sản xuất lúa là chủ yếu. Trong suốt những năm 1980, phát thải carbon từ thay đổi sử dụng đất ở Việt Nam được ước tính khoảng 58 triệu tấn năm⁻¹, gấp mười lần lượng khí thải carbon từ sử dụng nhiên liệu hóa thạch. Các kết quả từ báo cáo thống kê quốc gia về khí thải gây hiệu ứng nhà kính vào năm 1994 cho thấy, tổng lượng khí thải gây hiệu ứng nhà kính là 103,8 triệu tấn CO₂ tương đương, và 1,4 tấn CO₂ tương đương bình quân đầu

người, trong đó nông nghiệp đóng góp 50,5% tổng số khí nhà kính phát thải. Theo Cơ quan Năng lượng quốc tế, Việt Nam là quốc gia phát thải CH₄ đứng thứ 11 trên thế giới, trong đó hoạt động sản xuất lúa gạo phát thải 37,43 triệu tấn, chiếm 58% phát thải CH₄ [15]. Bên cạnh đó, đất ngập nước cũng là một nguồn quan trọng gây phát sinh KNK, đóng góp 20% tổng phát thải khí CO₂, 12% từ CH₄ và 60% từ N₂O [16]. Từ các phân tích trên cho thấy vấn đề sản xuất lúa gây phát thải khí nhà kính là một vấn đề đáng được quan tâm hiện nay. Do đó đây là vấn đề mang tính thời sự mà các nhà khoa học cần phải quan tâm để giải quyết, để hạn chế lượng phát thải do hoạt động trồng lúa gây ra là vấn đề cấp bách hiện nay. Ngoài tác động đến hiện tượng ấm lên toàn cầu, sản xuất lúa còn ảnh hưởng gì đến môi trường?

3. Ảnh hưởng của phế phụ phẩm từ sản xuất lúa đến môi trường

Sản xuất lúa ngoài phát thải KNK gây ảnh hưởng đến sự nóng lên toàn cầu thì nó còn thải ra một lượng lớn phế phụ phẩm trong nông nghiệp như rơm rạ và đặc biệt là vỏ trấu. Theo Tổng cục Thống kê Việt Nam [6], sản lượng lúa của Việt Nam năm 2016 là 43,6 triệu tấn. Kết quả tính toán thực nghiệm cho thấy vỏ trấu chiếm 15% lúa nên chúng ta có thể ước tính lượng trấu sinh ra ở Việt Nam là 6,54 triệu tấn năm⁻¹. Đây là nguồn sinh khối lớn chúng ta có thể tận dụng, tuy nhiên hiện nay nguồn sinh khối này chúng ta chưa sử dụng hiệu quả hoặc sử dụng không an toàn nên chúng gây ra ô nhiễm môi trường nghiêm trọng.



Hình 2. Vỏ trấu

Vỏ trấu do hai lá của gié lúa là vảy lá và mày hoa tạo thành. Cả hai phần này được ghép liền với nhau theo nếp dọc bằng một nếp gấp cài vào nhau. Phần trên của hai mảnh của vỏ trấu chuyển thành đoạn cuối của vỏ trấu và cuối cùng kết thúc thành một cái râu. Vỏ trấu (Hình 2) được tách ra trong quá trình xay xát lúa gạo. Theo Tuấn [17], trong vỏ trấu chứa khoảng 75% chất hữu cơ dễ bay hơi cháy trong quá trình đốt và còn 25% còn lại chuyển thành tro. Chất hữu cơ chứa chủ yếu là xellulose, ligin và Hemi-xellulose, ngoài ra có thêm thành phần khác như hợp chất chứa nitơ và các chất vô cơ. Ligin chiếm khoảng 25 - 30% và xellulose chiếm khoảng 35 - 40%. Còn theo Bình [18] thành phần các nguyên tố của vỏ trấu được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1: Thành phần các nguyên tố của vỏ trấu

Nguyên tố	Phần trăm khối lượng (%)	Nguyên tố	Phần trăm khối lượng (%)
C	34,82	S	0,09
O	51,51	Cl	0,22
H	3,34	K	0,26
Na	0,06	Ca	0,12
Mg	0,13	Mn	0,11
Si	9,20	Al	0,14

Nguồn: [18]

Bảng 1 cho thấy rằng trong vỏ trấu, hàm lượng các nguyên tố carbon, oxi, hiđro và silic tương đối lớn, hàm lượng của các nguyên tố khác không đáng kể. Hàm lượng các nguyên tố carbon, oxi và hiđro cao điều này chứng tỏ vỏ trấu chủ yếu chứa các chất hữu cơ (xenlulozơ và lignin). Hàm lượng nguyên tố silic tương đối cao chiếm 9,20% (tương ứng với 19,71% SiO₂).

Một số giải pháp xử lý vỏ trấu từ sản xuất lúa gạo hiện nay. Theo Cường [19] vỏ trấu chủ yếu được người nông dân sử dụng làm chất đốt cho các nhà máy sấy, lượng trấu sử dụng làm chất đốt là 60,2%, dùng lót chuồng nuôi: 17,4%, ủ phân: 14,1%. Một số tỉnh đã có xưởng sản xuất thanh củi trấu như Bến Tre, Sóc Trăng, Tiền Giang, Nam Định. Ngoài việc sử dụng làm chất đốt, vỏ trấu còn được nhiều nhà khoa học nghiên cứu làm vật liệu hấp phụ cho xử lý môi trường. Một số nghiên

cứu của Giang và ctv., [20] sử dụng trấu để tạo vật liệu hấp phụ. Kết quả cho thấy, Than trấu hấp phụ dung môi hữu cơ axeton (phân cực) và m-xylene (không phân cực) đạt hiệu quả 70 - 80%. Nghiên cứu của Bình & Bích [21] cho biết trấu than hóa ở 400°C trong 3 giờ ở điều kiện yếm khí tạo thành than sơ cấp. Than này tiếp tục được hoạt hóa bằng dung dịch KOH ở điều kiện KOH : C = 4 : 1, thời gian khuấy 4 giờ, nung hoạt hóa ở 800°C trong 60 phút thu được than hoạt hóa. So sánh kết quả cho thấy than hoạt hóa có cấu trúc lỗ xốp, diện tích bề mặt lớn 881,72 m² g⁻¹ vật liệu, tăng 14 lần so với than sơ cấp (60,31 m² g⁻¹). Dũng [22] nghiên cứu chế tạo vật liệu hấp phụ từ trấu than hóa ở 350°C, 400°C, 450°C sau đó được hoạt hóa bằng hơi nước quá nhiệt ở nhiệt độ 600 - 900°C, 3 atm, hàm lượng hơi nước 400 - 800 mg g⁻¹ h⁻¹, thời gian hoạt hóa từ 40 - 160 phút. Kết quả phân tích cho thấy, bề mặt riêng của than hoạt hóa bằng hơi nước là 338,37 m² g⁻¹, trong khi đó than carbon hóa bề mặt riêng chỉ 36,4 m² g⁻¹. Dung lượng hấp phụ của than hoạt hóa hơi nước trong 120 phút là 128,93 mg g⁻¹.

Trong các phương pháp sử dụng vỏ trấu hiện nay phương pháp đốt chiếm 60,2% đây là một trong những nguyên nhân gây biến đổi khí hậu toàn cầu. Do đó, cần phải có nhiều nghiên cứu hơn nữa tận dụng vỏ trấu như là một vật liệu hấp phụ các chất ô nhiễm và giảm hàm lượng carbon hữu cơ quay trở lại khí quyển.

4. Kết luận

Sản xuất lúa là một nguồn chính phát thải KNK, trong đó nông nghiệp là nguồn phát thải CH₄ lớn nhất, trồng lúa là nguồn phát thải lớn thứ 2 sau quá trình lên men ở ruột. Nông nghiệp chiếm mức phát thải ước tính từ 5,1 đến 6,1 GtCO_{2-eq} (10 - 12% tổng lượng phát thải KNK do con người gây ra trên toàn cầu). CH₄ đóng góp 3,3 GtCO_{2-eq} và N₂O 2,8 GtCO_{2-eq}. Trong tổng lượng phát thải do con người gây ra trên toàn cầu năm 2005, nông nghiệp chiếm khoảng 60% lượng N₂O và khoảng 50% lượng CH₄.

Vỏ trấu chủ yếu được người nông dân sử dụng làm chất đốt cho các nhà máy sấy, lượng trấu sử dụng làm chất đốt là 60,2% đây là một trong những nguyên nhân gây biến đổi khí hậu toàn cầu.

Tài liệu tham khảo

- [1]. <https://m.2lua.vn/article/gia-tri-kinh-te-cua-lua-gao-5a582bd5e49519d0188b456b.html?hl=en>. [Ngày truy cập 25/05/2022].
- [2]. IRRR - AfricaRice - CIAT, *Rice Almanac*, 4th ed. Los Baños (Philippines), 2013, 283 trang.
- [3]. FAO, “Rice market monitor,” 2018. [Online]. Available: <http://www.fao.org/economic/RMM2018>. [Accessed 28/04/2022].
- [4]. Bộ Tài nguyên và Môi trường, *Quyết định Phê duyệt và công bố kết quả thống kê diện tích đất đai năm 2018*. Việt Nam: Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2019.
- [5]. Nguyễn Ngọc Đệ, *Giáo trình cây lúa*. Đại học Cần Thơ, 2008.
- [6]. Tổng cục Thống kê Việt Nam, *Diện tích và sản lượng lúa cả năm, Số liệu thống kê nông, lâm nghiệp và thủy sản*. Tổng cục Thống kê Việt Nam, Hà Nội: Nxb Thống kê, 2016.
- [7]. C. S. Snyder, T. W. Bruulsema, T. L. Jensen, and P. E. Fixen, “Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects,” *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 133, pp. 247-266, 2009.
- [8]. EPA, “Global Non-CO2 Greenhouse Gas Emission Projections & Marginal Abatement Cost Analysis: Methodology Documentation,” EPA-430-R-19-012, 2019.
- [9]. EPA, “Global Mitigation of Non-CO2 Greenhouse Gases: 2010-2030,” *United States Environmental Protection Agency, Office of Atmospheric Programs (6207J), 1200 Pennsylvania Ave. NW Washington, DC 20460* 2013.
- [10]. Earth System Research Laboratories, “Global Monitoring Laboratory,” 2021. [Online]. Available: <https://www.esrl.noaa.gov>. [Accessed 28/04/2022].
- [11]. A. Hirsch, A. Michalak, L. Bruhwiler, W. Peters, E. Dlugokencky, and P. Tans, “Inverse Modeling Estimates of the Global Nitrous Oxide Surface Flux from 1998-2001,” *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 20, 03/01 2006.
- [12]. P. Bhattacharyya, K. S. Roy, S. Neogi, T. K. Adhya, K. S. Rao, and M. C. Manna, “Effects of rice straw and nitrogen fertilization on greenhouse gas emissions and carbon storage in tropical flooded soil planted with rice,” *Soil and Tillage Research*, vol. 124, pp. 119-130, 2012.
- [13]. IPCC, “Climate Change 2007: Mitigation,” *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., XXX pp, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], 2007.
- [14]. J. Foley, R. Defries, G. Asner, C. Barford, G. Bonan, S. Carpenter, et al., “Global Consequences of Land Use,” *Science (New York, N.Y.)*, vol. 309, pp. 570-4, 08/01 2005.
- [15]. MONRE, “Initial Biennial Updated Report of Viet Nam to the United Nations Framework Convention on Climate Change,” *Viet Nam publishing house of natural resources, environment and cartography*, Hà Nội, 2014.
- [16]. I. Janssens, A. Freibauer, P. Ciais, P. Smith, G.-J. Nabuurs, G. Folberth, et al., “Europe’s Terrestrial Biosphere Absorbs 7 to 12% of European Anthropogenic CO2 Emissions,” *Science*, vol. 300, pp. 1538-1542, 07/01 2003.
- [17]. Nguyễn Bá Tuấn, “Nghiên cứu ứng dụng phương pháp phân tích quang học để đánh giá khả năng hấp phụ Cr(VI) và Cr(III) của vỏ trấu biến tính,” *Luận văn thạc sĩ*, Đại học Khoa học tự nhiên, 2012.

[18]. Nguyễn Văn Bình, “Nghiên cứu tách silic đioxit từ vỏ trấu và ứng dụng làm chất hấp phụ một số hợp chất hữu cơ,” *Luận văn thạc sĩ*, Đại học Đà Nẵng, Trường Đại học Đà Nẵng, 2011.

[19]. Trần Viết Cường, “Nghiên cứu ứng dụng than sinh học từ phụ phẩm cây lúa để cải tạo môi trường đất xám bạc màu,” *Luận án Tiến sĩ*, Đại học Khoa học tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội, 2015.

[20]. Lê Hà Giang, Hà Quang Ánh, Nguyễn Trung Kiên, Đào Đức Cảnh, Hoàng Thị Thu Thủy, Trần Thị Kim Hoa, Đặng Tuyết Phương, Vũ Anh Tuấn, “Nghiên cứu điều chế than hoạt tính từ phế thải nông nghiệp (rom, rạ, trấu),” *Tạp chí Hóa học*, vol. T51 (1), pp. 121-126, 2013.

[21]. Đặng Thị Thanh Bình and Nguyễn Thị Ngọc Bích, “Khảo sát điều chế than hoạt tính từ trấu,” *Tuyển tập các công trình Hội nghị khoa học và công nghệ hoá học hữu cơ toàn quốc lần thứ tư - Hội Hoá học Việt Nam*, pp. 797-801, 2007.

[22]. Trịnh Văn Dũng, “Công nghệ sản xuất than hoạt tính từ trấu,” *Hội nghị Khoa học lần thứ 20 - Kỷ niệm 50 năm thành lập trường Đại học Bách khoa Hà Nội 1956 - 2006*, vol. 12, pp. 361-364, 2006.