

# PHÂN TÍCH SỰ NHẠY CẢM CỦA YẾU TỐ MÔI TRƯỜNG ĐẾN PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH TRONG CANH TÁC LÚA

TS. Nguyễn Trần Nhân Tánh<sup>1</sup>, Nguyễn Quang Chiến<sup>2</sup>, Ralf Kiese<sup>2</sup>, David Kraus<sup>2</sup> và Klaus Butterbach-Bahl<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Viện Biến đổi khí hậu, Trường Đại học An Giang

<sup>2</sup>Karlsruhe Institute of Technology

<sup>3</sup>Aarhus University

## 1. Đặt vấn đề

Canh tác lúa gây ra phát thải khí nhà kính (PTKNK). Smith & cs báo cáo rằng PTKNK mà không phải dưới dạng CO<sub>2</sub> trong nông nghiệp đang tăng lên từ năm 1990 với tỷ lệ khoảng 0,9%/năm, trong đó phát thải CH<sub>4</sub> từ canh tác lúa chiếm khoảng 9–11% or 493–723 Mt CO<sub>2eq</sub>/năm trên tổng phát thải trong nông nghiệp (Smith & cs, 2014). Việc tính toán PTKNK thường theo hướng dẫn của IPCC với các Tier 1, Tier 2 và Tier 3 (Legg, 2021). Trong đó, việc áp dụng Tier 3 cần dùng các phần mềm mô phỏng tính toán để có thể xác định các chiến lược canh tác phát thải thấp trong nông nghiệp (Ogle & cs, 2013). Theo hướng dẫn của IPCC, các quốc gia áp dụng các phương pháp tính toán cần tạo lập cơ sở dữ liệu về PTKNK (Tubiello & cs, 2021; Tubiello & cs, 2013). PTKNK cũng có thể được đánh giá dựa vào cơ sở dữ liệu khí quyển toàn cầu EDGAR của Trung tâm Hợp tác nghiên cứu Châu Âu (Crippa & cs, 2021).

Các nghiên cứu quốc tế cho thấy việc tính toán PTKNK trong sản xuất lúa thường dựa vào Tier 1 và Tier 2 trong đó PTKNK được tính bằng cách nhân diện tích trồng lúa với hệ số phát thải chung (Tier 1) hoặc hệ số phát thải quốc gia (Butterbach-Bahl & cs, 2022). Điều này giúp đánh giá sự khác nhau giữa các hệ thống canh tác lúa (dựa vào mưa hay tưới tiêu) và quản lý (như về lượng rơm rạ và phân bón). Trên cơ sở tính toán, Richards & cs (2015) báo cáo rằng vào năm 2010, canh tác lúa đóng góp vào 2,2% phát thải khí nhà kính nguồn gốc nhân tạo ở Trung Quốc; 14–16 và 44% ở Việt Nam và Philippines. Đối với Việt Nam, kết quả nghiên cứu của Carlson & cs (2017) cho thấy các Đồng bằng sông Hồng và Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) có thể đóng góp 10% CH<sub>4</sub> vào tổng PTKNK từ canh tác lúa toàn cầu. Tuy nhiên, việc đánh giá PTKNK tùy thuộc vào công nghệ tính toán. Việc áp dụng Tier 1 và Tier 2 có thể giới hạn trong việc tìm hiểu PTKNK biến đổi theo mùa vụ vốn liên quan đến các yếu tố quản lý đồng ruộng và đặc điểm môi trường như đất nước; từ đó, giới hạn việc tìm kiếm các giải pháp giảm thiểu PTKNK (Butterbach-Bahl & cs, 2022). Sau khi áp dụng mô hình hóa, Kraus & cs (2022) nhận thấy việc áp dụng các mô hình sinh địa hóa theo Tier 3 tăng lên, từ đó có thể giúp nghiên cứu ảnh hưởng của việc thay đổi quản lý đất

đến phát thải. Butterbach-Bahl & cs (2022) đã áp dụng mô hình LandscapeDNDC (Kraus & cs, 2015) để đánh giá về PTKNK trong canh tác lúa và phát hiện phát thải CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O trong các hệ thống canh tác lúa ở Việt Nam mang tính mùa vụ với lượng phát thải CH<sub>4</sub> và N<sub>2</sub>O vào khoảng 2600 Gg CH<sub>4</sub>/năm và 42 Gg N<sub>2</sub>O/năm.

Tổng quan tình hình ở Việt Nam cho thấy nghiên cứu về PTKNK chủ yếu tập trung vào đo đạc. Kết quả nghiên cứu của Thuận & cs (2022) cho thấy hệ số phát thải CH<sub>4</sub> ở ĐBSCL vào khoảng 1,92kg/ha/ngày, cao hơn trong nhóm Đông Nam Á và toàn cầu đối với canh tác lúa. Ngoài ra việc tưới khô xen kẽ giúp giảm CH<sub>4</sub> hàng năm xuống (-51%) khi so sánh với ngập lũ liên tục. Kết quả nghiên cứu ở Thái Bình cho thấy phát thải CH<sub>4</sub> ở vụ xuân tăng, sau đó do thay đổi chế độ nước đã dẫn đến lượng phát thải CH<sub>4</sub> thay đổi (Chu & cs, 2020). Nghiên cứu này cũng cho thấy phát thải đạt tối đa trong giai đoạn đẻ nhánh -lâm đồng (28mg CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>/giờ) và phát thải N<sub>2</sub>O cao nhất vào thời kỳ trổ bông (0,4mg N<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>/giờ). Phát thải CH<sub>4</sub> trung bình tại 5 tỉnh đồng bằng sông Hồng bao gồm Hải Phòng, Thái Bình, Nam Định, Hải Dương và Hà Nội dao động 39,5 mgCH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>/giờ- 61,3 mgCH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>/giờ (Thành & cs, 2012). Trong áp dụng mô hình hóa, mô hình DNDC trong tính toán PTKNK canh tác lúa nước tại thị trấn Thịnh Long, Nam Định đã ước tính phát thải CH<sub>4</sub> và N<sub>2</sub>O qua các năm ở thị trấn Thịnh Long có phát thải tăng dần trong giai đoạn 2015 – 2017 vào khoảng 781 kg/ha/vụ đối với vụ mùa và trong vụ xuân là 534 kg/ha/vụ năm 2017 (Trang & cs, 2020). Trong nghiên cứu ở An Giang, kết quả nghiên cứu việc áp dụng ngập khô xen kẽ và áp dụng phân đạm theo bảng so màu lá cho năng suất lúa cao hơn 0,6-0,9t/ha với lợi nhuận cao hơn 8-13 triệu đồng/ha và CH<sub>4</sub> phát thải thấp hơn 19-31% so với mô hình đối chứng (Tín & cs, 2012). Qua áp dụng Hướng dẫn về kiểm kê PTKNK của IPCC, việc chuyển đổi từ trồng lúa sang cây trồng khác có thể giảm được khoảng 2,9 triệu tấn CO<sub>2</sub> tđ vào năm 2020 và 3,5 triệu tấn CO<sub>2</sub> tđ vào năm 2030 so với năm cơ sở 2014 (Hương, 2020).

Các nghiên cứu trên cho thấy việc tính toán khí nhà kính ở Việt Nam chủ yếu dựa vào thu mẫu hiện trường và thu mẫu đại diện để dự đoán hệ số PTKNK nên việc xác định cơ sở khoa học của việc PTKNK trong canh tác lúa còn nhiều hạn chế và từ đó hạn chế việc tối ưu hóa năng suất lúa và giảm PTKNK. Mặc dầu việc áp dụng mô hình số có thể giúp xác định được cơ sở khoa học về các yếu tố ảnh hưởng đến PTKNK theo thời gian cũng như giúp đạt được mục tiêu Tier 3 theo hướng dẫn của IPCC nhưng việc này vẫn còn hạn chế ở Việt Nam do thiếu công nghệ tính toán và nhân lực. Chúng ta biết rằng canh tác lúa liên quan đến hoạt động quản lý canh tác cùng với các biến động của yếu tố môi trường theo thời gian nên để có cơ sở khoa học trong đánh giá và tối ưu hóa canh tác hướng

đến giảm thiểu PTKNK trong canh tác lúa thì cần áp dụng công nghệ số dưới dạng các mô hình toán.

Mặc dầu trồng lúa góp phần đảm bảo an ninh lương thực toàn cầu nhưng cũng phát thải lượng lớn KNK từ đó đặt ra nhu cầu cấp thiết về đạt được mục tiêu kép về duy trì hiệu quả sản xuất lúa cùng với phát thải thấp trong lĩnh vực này. Để đạt được mục tiêu kép này thì cần có công cụ tính toán đánh giá hiệu quả sản xuất lúa và phát thải KNK của nó. Tuy nhiên, việc đánh giá PTKNK ở Việt Nam gặp khó khăn là thiếu dữ liệu về thông tin quản lý đồng ruộng và điều này có thể làm cho kết quả tính toán PTKNK thiếu chắc chắn. Từ đó, đặt ra nhu cầu cấp thiết khoa học trong nghiên cứu về cơ sở khoa học tối ưu hóa mục tiêu kép về năng suất lúa và giảm PTKNK để hỗ trợ thực thi chính sách liên quan đến PTKNK trong nông nghiệp. Trong đó, hai câu hỏi quan trọng được đặt ra như sau:

- Độ nhạy của các yếu tố môi trường trong việc ảnh hưởng đến phát sinh khí thải methane như thế nào?
- Chúng đóng góp ảnh hưởng như thế nào đến phát thải methane?

## 2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp áp dụng trong nghiên cứu này là dựa vào các cơ chế phản ứng trong đất theo mô hình LandscapeDNDC (Kraus & cs, 2015) để mô phỏng PTKNK với bước thời gian là 1 ngày. Quá trình nghiên cứu được thực hiện qua các bước như sau:

- Bước 1. Xác định cận dưới và cận trên của 3 yếu tố môi trường đất quan trọng canh tác lúa là pH, nitơ hữu cơ (Norg), carbon hữu cơ (Corg) (Bảng 1).

*Bảng 1. Biên độ dao động của các yếu tố pH, Nitơ hữu cơ và Carbon hữu cơ trong đất*

Giá trị	pH	Nitơ hữu cơ (kg/ha)	Carbon hữu cơ (kg/ha)
Nhỏ nhất	6	0,0016	0,011
Cao nhất	8	0,0037	0,015

- Bước 2. Dùng ngôn ngữ lập trình kết nối phân tích độ nhạy Morris và FAST với mô hình LandscapeDNDC có hiệu năng tốt đối với canh tác lúa (chỉ số RRMSE phát thải methane của cả mùa <2%)

- Bước 3. Phân tích độ nhạy các yếu tố môi trường dùng phương pháp Morris (365 lần chạy mô hình) và Fourier amplitude sensitivity test (FAST) (300 lần chạy)

### 2.1. Phương pháp phân tích Morris

Nghiên cứu này dùng phương pháp Morris có tính sàng lọc. Trong đó, xác định các yếu tố ảnh hưởng qua chỉ số trung bình  $\mu$  và độ lệch chuẩn  $\sigma$  như sau:

- $\mu$  (mu) (ảnh hưởng thiết yếu trung bình) đối với tác động tổng thể. Giá trị  $\mu$  càng cao cho thấy các tham số có tác động tổng thể lớn đến phát thải khí methane và như vậy độ nhạy lớn
- $\sigma$  (sigma, độ lệch chuẩn) đối với các ảnh hưởng:  $\sigma$  cao chỉ thị cho ảnh hưởng của yếu tố là không tuyến tính hoặc có tác động có ý nghĩa đối với phát thải

Ý nghĩa:

- $\mu$  cao,  $\sigma$  thấp: tác động mạnh tuyến tính đối với phát thải, cho thấy quan trọng và có thể dự đoán được
- $\mu$  cao,  $\sigma$  cao: có ảnh hưởng nhưng tác động thì phức tạp (không tuyến tính hoặc tương tác)
- $\mu$  thấp,  $\sigma$  cao: ít ảnh hưởng đến phát thải.
- $\mu$  thấp,  $\sigma$  cao: phi tuyến tính và ảnh hưởng tương tác nhưng tác động tổng thể thấp.

Lưu ý :

- So sánh độ nhạy giữa các yếu tố không hoàn toàn nói đến sự đóng góp của mỗi yếu tố đối với phát thải
- Hiệu quả tính toán: yêu cầu ít lần chạy mô hình hơn phương pháp khác như FAST.
- Sàng lọc: Xác định được các yếu tố quan trọng để tập trung vào.

### 2.2. Phương pháp phân tích FAST

Nghiên cứu này áp dụng phương pháp phân tích FAST (Fourier Amplitude Sensitivity Test) để đánh giá độ nhạy tổng thể của các yếu tố ảnh hưởng đến phát thải khí methane. Từ đó đồng thời giúp đánh giá tính bất định về ảnh hưởng của các yếu tố môi trường đến phát thải khí methane. Nguyên lý của phương pháp phân tích là phân tách phổ biến động từ đó giúp xác định mức độ đóng góp của các yếu tố môi trường đến phát thải.

Quy tắc vận hành của phương pháp là tạo lập không gian ma trận dữ liệu bao gồm biến động của các tham số và từ đó xác định đường chủ kỳ lặp lại thay vì áp dụng lấy mẫu ngẫu nhiên như đối với phương pháp Morris. Do đó, nó giúp

xác định được độ nhạy và đó xác định đường cong có tính chu kỳ hơn là điểm tự do từ đó cải thiện được hiệu quả phân tích.

### **3. Kết quả**

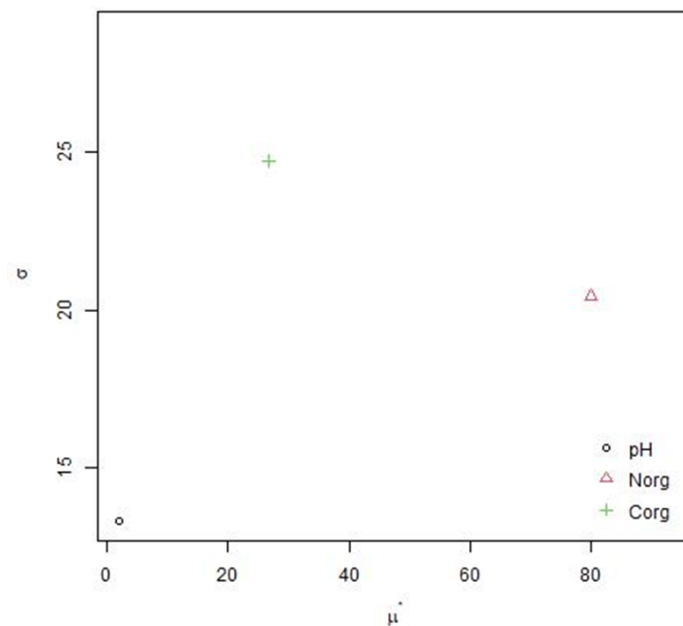
#### **3.1. Kết quả phân tích độ nhạy Morris**

Kết quả phân tích dùng phương pháp Morris với 364 lần chạy mô hình cho thấy trong các yếu tố Nitơ hữu cơ trong đất có ảnh hưởng quan trọng hơn so với các yếu tố khác đối với phát thải khí methane (Bảng 2).

Bảng 2 Kết quả phân tích độ nhạy

	$\mu$	$\mu^*$	$\sigma$
pH	-0.11	1.96	13.32
Norg	79.95	79.95	20.44
Corg	-18.52	26.72	24.74

Việc tăng lượng N hữu cơ trong đất có thể làm giảm phát thải methane. Đồng thời, tăng pH hoặc C hữu cơ đất cũng có thể làm giảm phát thải methane. Trong các tham số N hữu cơ có vai trò quan trọng, kể đến là C và pH (Hình 1). Trong đó, các tác động do N và C trong đất có sự đóng góp quan trọng của quá trình tương tác.



Hình 1 Độ nhạy của yếu tố pH, N hữu cơ (Norg) và C hữu cơ (Corg)

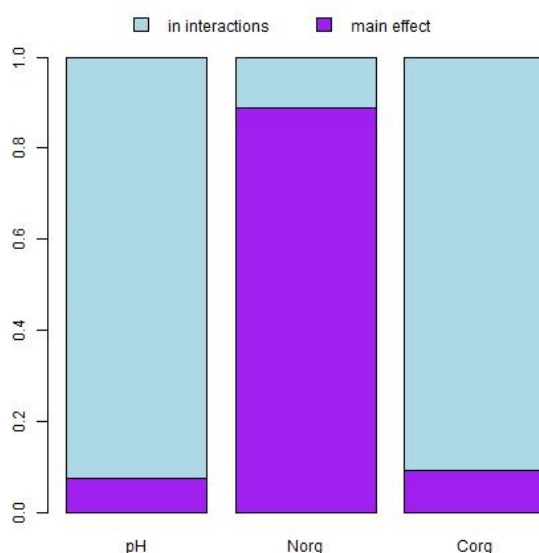
### 3.2. Phân tích độ nhạy FAST

Mặc dầu quá trình sàng lọc yếu tố ảnh hưởng theo phương pháp Morris có thể cho thấy các yếu tố có ảnh hưởng quan trọng đến phát thải khí methane trong canh tác lúa. Nhưng có giới hạn trong việc xem xét vai trò đóng góp của từng yếu tố đối với việc phát thải. Kết quả phân tích dùng phương pháp FAST cho thấy vai trò đóng góp của pH, N hữu cơ và C hữu cơ trong đất trong phát thải (Bảng 3). Trong đó N có vai trò quan trọng nhất.

Bảng 3 Kết quả phân tích độ nhạy FAST đối với pH, N hữu cơ và C hữu cơ trong đất

Yếu tố môi trường	Bậc 1	Tổng cộng
pH	0.007	0.07
Norg	0.84	0.89
Corg	0.08	0.09

Khi phân chia tác động chính và tác động tương tác. Kết quả cho thấy, Nitơ hữu cơ trong đất có vai trò quyết định lớn đến phát thải khí nhà kính trong canh tác lúa và là tác nhân ảnh hưởng chính trong khí pH và C hữu cơ ảnh hưởng trong sự tương tác (Hình 2).



Hình 2 Yếu tố ảnh hưởng chính (main effect) và ảnh hưởng tương tác (interactions)

#### 4. Kết luận

Các yếu tố môi trường có độ nhạy khác nhau trong việc ảnh hưởng đến phát thải methane trong canh tác lúa, trong đó, Nitơ hữu cơ là yếu tố có độ nhạy cao cần quan tâm. Do sự thay đổi lượng Nitơ hữu cơ trong đất có thể làm thay đổi lượng phát thải khí nhà kính nên việc can thiệp vào yếu tố nitơ có thể giúp giảm thiểu phát thải methane. Việc phân tích độ nhạy của các yếu tố môi trường có thể giúp tạo lập phương án phù hợp trong việc mô hình hóa Tier 3 từ đó giúp giảm thiểu methane trên thực tế canh tác lúa. Để có thể đánh giá toàn diện và

tìm phương pháp tối ưu để giảm thiểu phát thải methane thì cần thực hiện phân tích thêm nhiều yếu tố ảnh hưởng khác theo loại hình canh tác lúa và giai đoạn như mùa, năm và pha sinh trưởng.

**Thông tin hỗ trợ:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học quốc gia Tp. HCM (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số ĐA2026-16-01 và được sự hỗ trợ của Viện Công nghệ Karlsruhe, Đức

### **Tài liệu tham khảo**

- Butterbach-Bahl, K., Kraus, D., Kiese, R., Mai, V. T., Nguyen, T., Sander, B. O., ... & Werner, C. (2022). Activity data on crop management define uncertainty of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emission estimates from rice: A case study of Vietnam. *Journal of plant nutrition and soil science*, 185(6), 793-806.
- Carlson, K. M., Gerber, J. S., Mueller, N. D., Herrero, M., MacDonald, G. K., Brauman, K. A.,...Saatchi, S. (2017). Greenhouse gas emissions intensity of global croplands. *Nature Climate Change*, 7(1), 63-68.
- Chu, S. H., Mai, V. T., Cao, V. H., Bùi, T. P. L., Đinh, Q. H., Đào, T. M. T., & Bùi, T. T. T. (2020). Nghiên cứu phát thải khí nhà kính trên đất trồng lúa tình thái bình. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 18(2), 113-122.
- Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Monforti-Ferrario, F., Tubiello, F. N., & Leip, A. (2021). Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature food*, 2(3), 198-209.
- Hương, H. T. L. (2020). Đánh giá tiềm năng giảm phát thải khí nhà kính khi triển khai hoạt động thích ứng với biến đổi khí hậu trong lĩnh vực nông nghiệp. *Tạp chí Khí tượng thủy văn*, (719), 26-37.
- Kraus, D., Weller, S., Klatt, S., Haas, E., Wassmann, R., Kiese, R., & Butterbach-Bahl, K. (2015). A new LandscapeDNDC biogeochemical module to predict CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from lowland rice and upland cropping systems. *Plant and Soil*, 386(1), 125-149.
- Kraus, D., Werner, C., Janz, B., Klatt, S., Sander, B. O., Wassmann, R.,...Butterbach-Bahl, K. (2022). Greenhouse gas mitigation potential of Alternate Wetting and Drying for rice production at national scale—A modeling case study for the Philippines. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 127(5), e2022JG006848.
- Legg, S. (2021). IPCC, 2021: Climate Change 2021 - the Physical Science basis [Journal Article]. *Interaction*, 49(4), 44-45.
- Ogle, S. M., Buendia, L., Butterbach-Bahl, K., Breidt, F. J., Hartman, M., Yagi, K.,...Smith, P. (2013). Advancing national greenhouse gas inventories for agriculture in developing countries: improving activity data, emission factors and software technology. *Environmental Research Letters*, 8(1), 015030.

- Richards, M. B., Wollenberg, E. K., & Buglioni-Gluck, S. (2015). *Agriculture's contribution to national emissions*. CCAFS.
- Smith, P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E. A.,...Jafari, M. (2014). Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). In *Climate change 2014: mitigation of climate change*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 811-922). Cambridge University Press.
- Thuận, N. C., Thảo, H. V., Khánh, H. C., Chiêm, N. H., Nam, T. S., Izumi, T., & Công, N. V. (2022). Kỹ thuật canh tác lúa tiết kiệm nước, giảm phát thải khí nhà kính và thích ứng biến đổi khí hậu. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 58(SDMD), 231-238.
- Thành, N. H., Hùng, N. Đ., Hà, T. T. L., & Hoàng, N. T. (2012). Tình hình phát thải khí metan (CH<sub>4</sub>) do hoạt động canh tác lúa nước ở khu vực Đồng bằng sông Hồng. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 10(1).
- Trang, B. T. T., Trịnh, M. V., Hưng, Đ. T., Thương, Q. T. T., Tiệp, P. T., Trang, H. T., & Tú, Đ. N. (2020). Ứng dụng mô hình sinh địa hóa DNDC để tính toán phát thải khí nhà kính từ hoạt động canh tác lúa nước: thí điểm tại thị trấn thịnh long, huyện hải hậu, tỉnh nam định. *Tạp chí khoa học biến đổi khí hậu*, (17).
- Tubiello, F. N., Rosenzweig, C., Conchedda, G., Karl, K., Gütschow, J., Xueyao, P.,...De Barros, J. (2021). Greenhouse gas emissions from food systems: building the evidence base. *Environmental Research Letters*, 16(6), 065007.
- Tubiello, F. N., Salvatore, M., Rossi, S., Ferrara, A., Fitton, N., & Smith, P. (2013). The FAOSTAT database of greenhouse gas emissions from agriculture. *Environmental Research Letters*, 8(1), 015009.
- Tín, H. Q., Anh, N. V., Hughes, J., Hòa, T. T., Hà, T. T., Cúc, N. H., & Sánh, N. V. (2012). Canh tác lúa ít khí thải nhà kính tỉnh An Giang vụ đông xuân 2010-2011. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, (23a), 31-41.