

TÁC ĐỘNG BẤT ĐỐI XỨNG CỦA PHÂN BÓN VÀ DIỆN TÍCH ĐẤT TRỒNG NGŨ CỐC ĐẾN PHÁT THẢI CO₂ TRONG NÔNG NGHIỆP: HÀM Ý CHO PHÁT TRIỂN NÔNG NGHIỆP XANH TẠI VIỆT NAM

Lê Phương Nam*, Nguyễn Văn Song, Bùi Khánh Linh

Khoa Kinh tế và Quản lý, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

*Tác giả liên hệ: lephuongnam@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 20.10.2025

Ngày chấp nhận đăng: 23.04.2026

TÓM TẮT

Dù giữ vai trò quan trọng trong bảo đảm an ninh lương thực, nông nghiệp vẫn là nguồn phát thải CO₂ đáng kể tại Việt Nam. Trong bối cảnh định hướng phát triển nông nghiệp xanh với phát thải thấp, nghiên cứu này phân tích mối quan hệ giữa phát thải CO₂ trong nông nghiệp với lượng phân bón sử dụng và diện tích gieo trồng ngũ cốc giai đoạn 1976-2023, dựa trên dữ liệu từ WDI và FAOSTAT. Trên cơ sở đó, mô hình tự hồi quy phân phối trễ phi tuyến tính (NARDL) được áp dụng nhằm phân tích tác động bất đối xứng của các yếu tố này trong cả ngắn hạn và dài hạn. Kết quả cho thấy phân bón là yếu tố tác động mạnh nhất, khi tăng phân bón làm phát thải tăng rõ rệt và kéo dài, còn khi giảm chỉ làm giảm phát thải CO₂ ở mức hạn chế. Diện tích gieo trồng không có tác động trong ngắn hạn nhưng việc thu hẹp diện tích góp phần giảm phát thải trong dài hạn. Kết quả khẳng định mối quan hệ giữa lượng đầu vào nông nghiệp và phát thải CO₂ là không tuyến tính và bất đối xứng theo thời gian, hàm ý rằng chính sách cần được thiết kế theo từng chiều tác động của các yếu tố đầu vào (khi tăng, khi giảm) và từng giai đoạn (ngắn hạn, dài hạn) nhằm phát triển nông nghiệp xanh với phát thải thấp.

Từ khóa: Phát thải CO₂, phân bón, diện tích ngũ cốc, NARDL, nông nghiệp xanh.

Asymmetric Effects of Fertilizer use and Cereal Land Area on Agricultural CO₂ Emissions: Implications for Green Agriculture in Vietnam

ABSTRACT

Although agriculture plays an important role in ensuring food security, it remains a significant source of CO₂ emissions in Vietnam. In the context of promoting green agriculture with low emissions, this study examines the relationship between CO₂ emissions, fertilizer use, and cereal cultivated area over the period 1976-2023, using data from WDI and FAOSTAT. The NARDL model is applied to analyze asymmetric effects in both the short run and the long run. The results show that fertilizer is the most influential factor: an increase in fertilizer use leads to a clear and lasting rise in CO₂ emissions, while a reduction only results in a limited decrease. The cultivated area has no effect in the short run, but reducing the area helps lower emissions in the long run. These findings confirm that the relationship between agricultural inputs and CO₂ emissions is non-linear and asymmetric over time, implying that policies should be designed based on the direction of change (increase or decrease) and time horizon (short run and long run) to support the development of low-emission green agriculture.

Keywords: CO₂ emissions, fertilizer use, cereal land use, NARDL, green agriculture.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nông nghiệp hiện nay là một trong những nguồn phát thải khí nhà kính trên toàn cầu. Theo Intergovernmental Panel on Climate Change (2019), nông nghiệp, lâm nghiệp và

thay đổi sử dụng đất chiếm khoảng 23% tổng phát thải khí nhà kính. Tại Việt Nam, một số lĩnh vực sản xuất nông nghiệp có lượng phát thải lớn đã được ghi nhận bao gồm: (i) sản xuất lúa nước phát thải khoảng 49,7 triệu tấn CO₂-td, chiếm 50% tổng lượng phát thải trong nông

ngành; (ii) chăn nuôi phát thải 18,5 triệu tấn CO₂-td, khoảng 19% tổng lượng phát thải trong nông nghiệp; (iii) sử dụng phân bón và quản lý đất phát thải khoảng 13,2 triệu tấn CO₂-td, chiếm 13% tổng lượng phát thải trong nông nghiệp; (iv) đốt tàn dư thực vật gây phát thải 1,6 triệu tấn CO₂-td, chiếm khoảng 1,6% tổng lượng phát thải trong nông nghiệp (Nguyễn Nhật Minh, 2023). Diện tích gieo trồng ngũ cốc chiếm khoảng 77% diện tích gieo trồng cây hàng năm và chiếm khoảng 57% trong tổng diện tích gieo trồng tất cả các loại cây trồng theo Asian Development Bank (2022); trong diện tích gieo trồng ngũ cốc, chiếm hơn 96% là diện tích gieo trồng lúa và ngô (Mordor Intelligence, 2024). Đáng chú ý, CH₄ là nguồn phát thải chính (khoảng 70%) từ canh tác lúa, trong khi phát thải N₂O từ đất trồng lúa chiếm khoảng 25% (Hoàng Thị Huê & Nguyễn Văn Hiếu, 2024). Điều này cho thấy sản xuất ngũ cốc đã tạo ra khí CO₂ trong nông nghiệp.

Việc sử dụng phân bón hoá học và thâm canh nông nghiệp giúp tăng năng suất cây trồng, nhưng đồng thời lại làm gia tăng phát thải khí nhà kính. Nghiên cứu của Xin & cs. (2015) cho rằng lạm dụng phân đạm không chỉ làm giảm hiệu quả sử dụng dinh dưỡng của đất mà còn tạo ra lượng lớn N₂O. Ở Việt Nam, nghiên cứu của Phan Thị Hải Luyến & Nguyễn Xuân Hoà (2024) tại Bắc Ninh, cho thấy mức bón đạm hiện tại, 115kg đạm/ha, làm phát thải trực tiếp 12,65kg N₂O/ha, nghiên cứu chỉ ra rằng việc gia tăng lượng phân đạm không làm tăng năng suất lúa nhưng khi giảm lượng phân đạm sẽ làm giảm phát thải N₂O.

Nhiều nghiên cứu quốc tế cho thấy nông nghiệp là nguồn phát thải CO₂ đáng kể, chủ yếu qua quá trình sử dụng đất, năng lượng và vật tư đầu vào (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019; Lal, 2004). Canh tác thâm canh và bón phân hoá học quá mức làm gia tăng phát thải, trong khi các biện pháp quản lý đất bền vững và dinh dưỡng tổng hợp có thể làm giảm đáng kể N₂O và CO₂ (Fusuo & cs., 2012; Hiroko & cs., 2006). Bên cạnh đó, mở rộng diện tích gieo trồng ngũ cốc thường kéo theo mất trữ lượng carbon trong đất và sinh khối, góp phần làm

tăng phát thải dài hạn (Pete & cs., 2014; Tim & cs., 2018). Gần đây, các nghiên cứu như Sajjad & cs. (2022) đã chỉ ra tác động phi tuyến tính và bất đối xứng giữa đầu vào nông nghiệp với phát thải CO₂, song các bằng chứng này vẫn chủ yếu ở cấp độ khu vực hoặc toàn cầu, chưa có cho Việt Nam. Tại Việt Nam, các nghiên cứu thực nghiệm cho thấy quản lý phân đạm hợp lý có thể vừa giảm phát thải N₂O, vừa nâng cao hiệu quả kinh tế cho nông hộ (Phan Thị Hải Luyến & Nguyễn Xuân Hoà, 2024), việc sử dụng phân bón có xu hướng tăng nhanh cùng với quá trình thâm canh, làm gia tăng phát thải khí nhà kính từ sản xuất nông nghiệp.

Nông nghiệp xanh được phát triển từ các hướng tiếp cận canh tác bền vững (Jules, 1995) và nông nghiệp sinh thái (Miguel, 2002), sau đó được Food Agriculture Organization of the United Nations (2010) cụ thể hoá thành nông nghiệp thông minh với khí hậu, nhấn mạnh ba mục tiêu: tăng năng suất, thích ứng với biến đổi khí hậu và giảm phát thải khí nhà kính. Tác giả Parviz & cs. (2012) mở rộng thành hệ thống nông nghiệp xanh với các thuộc tính cốt lõi đảm bảo đa dạng sinh học, hiệu quả tài nguyên và khả năng chống chịu. Theo Food Agriculture Organization of the United Nations (2023), nông nghiệp xanh là cách tiếp cận chuyển đổi hệ thống nông nghiệp - thực phẩm nhằm bảo đảm an ninh lương thực thông qua giảm sử dụng đầu vào bên ngoài (như phân bón), hạn chế suy thoái tài nguyên, giảm phát thải khí nhà kính, đồng thời cải thiện sinh kế một cách bền vững và phát triển nông nghiệp xanh là một giải pháp quan trọng, làm cho toàn bộ quá trình sản xuất nông nghiệp trở nên xanh, với năng suất cao, hiệu quả sử dụng tài nguyên cao và tác động môi trường thấp (Lê Nguyễn Diệu Anh, 2024). Tại Việt Nam, các quyết định số: 899/QĐ-TTg, ngày 10/06/2013, của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Đề án tái cơ cấu ngành nông nghiệp theo hướng nâng cao giá trị gia tăng và phát triển bền vững (Thủ tướng Chính phủ, 2013); Quyết định số 150/QĐ-TTg, ngày 28/01/2022 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Chiến lược phát triển nông nghiệp và nông thôn bền vững giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 (Thủ tướng

Chính phủ, 2022) đều khẳng định định hướng phát triển nông nghiệp xanh, giảm phát thải và thích ứng biến đổi khí hậu. Như vậy, phát triển nông nghiệp xanh đã được thúc đẩy tại Việt Nam, song vẫn tồn tại nhiều hạn chế như sử dụng phân bón vô cơ quá mức, năng lực áp dụng các mô hình canh tác bền vững của người nông dân còn hạn chế, quá trình giảm phát thải diễn ra chậm (Lê Nguyễn Diệu Anh, 2024; Trịnh Việt Tiến, 2023).

Tổng hợp các kết quả nghiên cứu trên đây về diện tích gieo trồng ngũ cốc, lượng phân bón sử dụng và phát thải CO₂ từ nông nghiệp cho thấy, vẫn còn thiếu bằng chứng định lượng về mối quan hệ giữa giữa các yếu tố này tại Việt Nam, đặc biệt là sự đánh giá dưới góc độ mối quan hệ phi tuyến tính và bất đối xứng. Do đó, nghiên cứu này được thực hiện để xác định kết quả cho hai câu hỏi chính: (i) lượng phân bón sử dụng và diện tích gieo trồng ngũ cốc có tồn tại mối quan hệ ngắn hạn và dài hạn với lượng phát thải CO₂ từ nông nghiệp tại Việt Nam; (ii) phát thải CO₂ từ nông nghiệp có phản ứng bất đối xứng khi tăng và khi giảm lượng của hai đầu vào này hay không, qua đó cung cấp bằng chứng thực nghiệm phục vụ định hướng phát triển nông nghiệp xanh với giảm phát thải tại Việt Nam.

Để làm rõ hơn định hướng phân tích thực nghiệm, nghiên cứu đã có giả thuyết sau: H1: Lượng phân bón có tác động ngắn hạn và dài hạn đến phát thải CO₂ trong nông nghiệp; H2: Diện tích gieo trồng ngũ cốc có tác động ngắn hạn, dài hạn đến phát thải CO₂ trong nông nghiệp; H3: Lượng phân bón tác động bất đối xứng đến phát thải CO₂; H4: Diện tích gieo

trồng ngũ cốc tác động bất đối xứng đến phát thải CO₂.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Dữ liệu nghiên cứu

Nghiên cứu này sử dụng bộ dữ liệu chuỗi thời gian giai đoạn 1975-2023 (số liệu cập nhật đến ngày tháng 4 năm 2026) với ba biến chính: (i) khí CO₂ phát thải từ nông nghiệp (*co2*), được quy đổi về CO₂ tương đương theo hệ số “tiềm năng nóng lên toàn cầu” (Global Warming Potential - GWP) trong báo cáo đánh giá lần thứ 5 của IPCC (IPCC's 5th Assessment Report - AR5) (World Bank, 2025a); (ii) lượng phân bón sử dụng trong nông nghiệp, đo bằng kilogam trên một hecta đất canh tác (*fert*) (World Bank, 2025b). Dữ liệu về *co2* và *fert* được thu thập từ cơ sở dữ liệu World Development Indicators (WDI) của Ngân hàng Thế giới và (iii) diện tích đất gieo trồng ngũ cốc, đo bằng hecta (*land*), được lấy từ bộ dữ liệu FAOSTAT của Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp của Liên hợp quốc (FAO) (FAO, 2025).

Bảng 1 trình bày thống kê mô tả của các biến nghiên cứu. Kết quả cho thấy phát thải khí CO₂ từ nông nghiệp có giá trị trung bình 1,68 triệu tấn CO₂-td/năm, dao động từ 0,29 đến 3,41. Lượng phân bón sử dụng đạt trung bình 259,95 kg/ha, trong khi diện tích đất gieo trồng ngũ cốc (*land*) đạt trung bình 7.546.989,31ha. Trong mô hình nghiên cứu, các biến được chuyển đổi sang dạng logarit tự nhiên nhằm giảm thiểu sai lệch phương sai và cho phép diễn giải các hệ số ước lượng theo phần trăm thay đổi của biến phụ thuộc khi biến độc lập thay đổi 1%.

Bảng 1. Thống kê mô tả các biến

Chỉ tiêu	<i>co2</i> (Triệu tấn CO ₂ -td)	<i>fert</i> (kg/ha đất canh tác)	<i>land</i> (ha đất gieo trồng ngũ cốc)
Trung bình	1,68	259,95	7.546.989,31
Trung vị	1,92	299,48	7.999.382,00
Độ lệch chuẩn	0,90	154,25	1.147.311,65
Giá trị nhỏ nhất	0,29	26,12	5.633.900,00
Giá trị lớn nhất	3,41	483,86	9.074.053,00
Số quan sát	48	48	48

Nguồn: Kết quả tính toán từ dữ liệu của Ngân hàng Thế giới (2026); Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp (2025).

2.2. Mô hình tự hồi quy phân phối trễ phi tuyến tính

Mô hình tự hồi quy phân phối trễ phi tuyến tính (Nonlinear Autoregressive Distributed Lag - NARDL) trong nghiên cứu này dựa trên mô hình của Yongcheol & cs. (2014), mở rộng từ khung mô hình tự hồi quy phân phối trễ tuyến tính của Hashem & cs. (2001), để phân tích mối quan hệ giữa phát thải CO₂ từ nông nghiệp với lượng phân bón sử dụng và diện tích gieo trồng ngũ cốc tại Việt Nam. Mô hình NARDL gồm hai thành phần: thành phần tự hồi quy (AR), phản ánh sự phụ thuộc của biến phụ thuộc vào các giá trị trễ của chính nó và thành phần phân phối trễ (DL), cho phép các biến độc lập tác động đến biến phụ thuộc thông qua các độ trễ khác nhau. Đặc biệt, trong mô hình NARDL, các biến độc lập được phân tách thành các thành phần tăng và giảm riêng biệt nhằm kiểm định tính bất đối xứng trong cả ngắn hạn và dài hạn.

Mô hình NARDL trong nghiên cứu này được thể hiện trong các phương trình (1), (2) và (3):

$$\begin{aligned} \Delta \ln \text{co2}_t = & \alpha + \sum_{i=1}^p \beta_1 \Delta \ln \text{co2}_{t-1} + \\ & \left(\sum_{j=0}^{q_1} \gamma_j^+ \Delta \ln \text{fert}_{t-j}^+ + \sum_{j=0}^{q_1} \gamma_j^- \Delta \ln \text{fert}_{t-j}^- \right) \\ & + \left(\sum_{k=0}^{q_2} \delta_k^+ \Delta \ln \text{land}_{t-k}^+ + \sum_{k=0}^{q_2} \delta_k^- \Delta \ln \text{land}_{t-k}^- \right) + \\ & \lambda \Delta \ln \text{co2}_{t-1} - \lambda \left(\begin{matrix} \pi_0 + \pi_1^+ \ln \text{fert}_{t-1}^+ + \pi_1^- \ln \text{fert}_{t-1}^- \\ + \pi_2^+ \ln \text{land}_{t-1}^+ + \pi_2^- \ln \text{land}_{t-1}^- \end{matrix} \right) + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \Delta \ln \text{co2}_t = & \alpha + \sum_{i=1}^p \beta_1 \Delta \ln \text{co2}_{t-1} \\ & + \left(\sum_{j=0}^{q_1} \gamma_j^+ \Delta \ln \text{fert}_{t-j}^+ + \sum_{j=0}^{q_1} \gamma_j^- \Delta \ln \text{fert}_{t-j}^- \right) \\ & + \left(\sum_{k=0}^{q_2} \delta_k^+ \Delta \ln \text{land}_{t-k}^+ + \sum_{k=0}^{q_2} \delta_k^- \Delta \ln \text{land}_{t-k}^- \right) \\ & + \lambda \text{ECT}_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{ECT} = & \ln \text{co2}_{t-1} - \\ & \left(\begin{matrix} \pi_0 + \pi_1^+ \ln \text{fert}_{t-1}^+ + \pi_1^- \ln \text{fert}_{t-1}^- \\ + \pi_2^+ \ln \text{land}_{t-1}^+ + \pi_2^- \ln \text{land}_{t-1}^- \end{matrix} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

Trong đó, các hệ số ngắn hạn bao gồm β_i ; γ_j^+ ; γ_j^- ; δ_k^+ ; δ_k^- ; các hệ số dài hạn bao gồm π_1^+ ; π_1^- ; π_2^+ ; π_2^- và sai số ngẫu nhiên được ký hiệu là: ε_t . Các kí hiệu p , q_1 , q_2 lần lượt biểu thị độ trễ của các biến $\ln \text{co2}$, $\ln \text{fert}$, $\ln \text{land}$. Kí hiệu Δ là sai phân bậc nhất, $\ln \text{fert}_t^+$, $\ln \text{fert}_t^-$, $\ln \text{land}_t^+$, $\ln \text{land}_t^-$ lần lượt thể hiện khi tăng và khi giảm tích lũy của biến phân bón và diện tích gieo trồng ngũ cốc. ECT là thành phần phản ánh sai lệch khỏi cân bằng dài hạn và tốc độ điều chỉnh của hệ thống về trạng thái cân bằng sau các biến động ngắn hạn. Việc tách các thành phần tăng và giảm này giúp mô hình phản ánh được tác động phi tuyến tính và bất đối xứng của các biến độc lập đối với lượng phát thải CO₂, điều mà mô hình tuyến tính không thể hiện được.

Biến lượng phân bón sử dụng trong sản xuất nông nghiệp ($\ln \text{fert}_t$) và biến diện tích gieo trồng ngũ cốc ($\ln \text{land}_t$) được phân rã thành hai thành phần dương và âm theo phương pháp phân rã tổng phân tử, có công thức tổng quát như sau:

$$\begin{aligned} x_t^+ &= \sum_{j=1}^t \max(\Delta x_j, 0); \\ x_t^- &= \sum_{j=1}^t \min(\Delta x_j, 0) \end{aligned}$$

Việc chọn mô hình NARDL là phù hợp để xác định các tác động bất đối xứng, bởi thực tế các thay đổi khi tăng và khi giảm lượng sử dụng phân bón hay diện tích gieo trồng thường ảnh hưởng đến phát thải CO₂ với mức độ và chiều hướng khác nhau (Ahmed & cs., 2025; Lin & cs., 2022; Rauf & cs., 2025). Trong nghiên cứu này, tính phi tuyến được hiểu là mối quan hệ giữa các yếu tố đầu vào nông nghiệp và phát thải CO₂ không biến đổi theo cùng một tỷ lệ trong toàn bộ chuỗi thời gian. Tính bất đối xứng phản ánh khi tăng hoặc khi giảm lượng phân bón và diện tích gieo trồng ngũ cốc thì mức độ phát thải CO₂ tăng, giảm không cùng tỷ lệ. Ưu điểm của NARDL cho phép: phân tích đồng thời tác động ngắn hạn và dài hạn, xử lý các chuỗi thời gian có bậc tích hợp khác nhau I(0) và I(1) và kiểm định tính phi tuyến tính và bất đối xứng trong mối quan hệ giữa các yếu tố đầu vào nông nghiệp và phát thải CO₂ (Hashem & cs., 2001).

Quy trình nghiên cứu bao gồm các bước sau: (i) kiểm định tính dừng của các chuỗi thời gian theo kiểm định nghiệm đơn vị ADF của Dickey & Fuller (1979) và phương pháp kiểm định PP của Phillips & Perron (1988), đồng thời xác định độ trễ tối ưu dựa trên mô hình tự hồi quy theo vector (Vector Autogression - VAR); (ii) kiểm định đồng liên kết thông qua kiểm định Bounds bởi Hashem & cs. (2001); (iii) khi có đồng liên kết, ước lượng mô hình NARDL được thực hiện; (iv) tiếp theo, phân tích tác động ngắn hạn, dài hạn, cũng như sự bất đối xứng trong quan hệ giữa lượng phân bón, diện tích gieo trồng ngũ cốc với phát thải CO₂ trong nông nghiệp; (v) cuối cùng là thực hiện các kiểm định để xác nhận kết quả mô hình NARDL là đáng tin cậy, bao gồm kiểm định Wald nhằm xác định tác động khi tăng và khi giảm lượng của yếu tố đầu vào đến phát thải CO₂ có thực sự là khác biệt có ý nghĩa thống kê hay không. Kiểm định Wald với giả thuyết H₀: $\gamma_j^+ = \gamma_j^-$ hoặc $\delta_k^+ = \delta_k^-$. Nếu giả thuyết H₀ bị bác bỏ, kết luận rằng tác động khi tăng và khi giảm của lượng phân bón hoặc diện tích gieo trồng ngũ cốc đến phát thải CO₂ có sự khác biệt. Ngoài ra, nghiên cứu còn thực hiện kiểm định tự tương quan, phương sai sai số thay đổi và kiểm định độ ổn định của mô hình.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kiểm định tính dừng

Bảng 2 trình bày kết quả kiểm định nghiệm đơn vị bằng phương pháp kiểm định ADF và PP đối với các biến *lnco2*, *lnfert* và *lnland*. Kết quả cho thấy cả 3 biến đều không dừng tại mức gốc nhưng dừng khi lấy sai phân bậc nhất với ý

nghĩa thống kê ở mức 1%. Như vậy, kết quả kiểm định chỉ ra rằng, tính dừng của các biến phù hợp với điều kiện áp dụng mô hình NARDL (Hashem & cs., 2001; Yongcheol & cs., 2014).

3.2. Kiểm định đồng liên kết

Bảng 3 cho thấy giá trị thống kê F đạt 7,6998, cao hơn giá trị của ngưỡng trên ở mức ý nghĩa 1%. Điều này cho phép bác bỏ giả thuyết H₀ và chấp nhận H₁ là có mối quan hệ đồng liên kết dài hạn giữa phát thải CO₂ từ nông nghiệp với lượng phân bón sử dụng và diện tích gieo trồng ngũ cốc. Như vậy, kết quả kiểm định Bounds xác nhận mối quan hệ dài hạn giữa các yếu tố trong mô hình NARDL và tiếp tục phân tích tính bất đối xứng.

3.3. Kết quả ước lượng mô hình NARDL

Trước khi ước lượng mô hình NARDL, nghiên cứu tiến hành xác định độ trễ tối ưu dựa trên mô hình VAR. Kết quả lựa chọn độ trễ được trình bày tại bảng 4. Các tiêu chí thông tin, bao gồm FPE, AIC, SC và HQ, đều đồng nhất lựa chọn độ trễ bằng 1. Do đó, độ trễ 1 được lựa chọn làm độ trễ tối ưu và được sử dụng làm cơ sở để tính toán cho mô hình NARDL trong các bước phân tích tiếp theo.

Kết quả ước lượng từ mô hình NARDL tại bảng 5, cho thấy:

Trong ngắn hạn, khi lượng phân bón tăng 1% thì phát thải CO₂ tăng khoảng 0,58% và có ý nghĩa thống kê mức 1%. Ngược lại, biến diện tích gieo trồng không xuất hiện trong phương trình sai phân, cho thấy không có tác động ngắn hạn mà chỉ ảnh hưởng trong dài hạn.

Bảng 2. Kết quả kiểm định nghiệm đơn vị

Biến	Kiểm định ADF		Kiểm định PP		Bậc dừng của biến số
	Tại mức gốc	Tại sai phân bậc nhất	Tại mức gốc	Tại sai phân bậc nhất	
<i>lnco2</i>	-1,3470 ^{ns}	-9,4570 ^{***}	-1,5522 ^{ns}	-9,3893 ^{***}	I(1)
<i>lnfert</i>	-1,2415 ^{ns}	-7,4371 ^{***}	-1,4811 ^{ns}	-7,4252 ^{***}	I(1)
<i>lnland</i>	-2,1728 ^{ns}	-5,7664 ^{***}	-1,8946 ^{ns}	-6,0032 ^{***}	I(1)

Ghi chú: I(0) là biến dừng ở mức gốc, I(1) là biến dừng sau khi lấy sai phân bậc nhất; Kiểm định được thực hiện với hằng số (constant), không bao gồm xu thế (trend); ***: Có ý nghĩa thống kê ở mức 1%; ns: Không có ý nghĩa thống kê.

Tác động bất đối xứng của phân bón và diện tích đất trồng ngũ cốc đến phát thải CO₂ trong nông nghiệp: Hàm ý cho phát triển nông nghiệp xanh tại Việt Nam

Bảng 3. Kết quả kiểm định Bounds

Thống kê F	Giá trị tới hạn của kiểm định Bounds		
	Mức ý nghĩa	Giá trị ngưỡng dưới I(0)	Giá trị ngưỡng trên I(1)
7,6998	10%	2,450	3,520
	5%	2,860	4,010
	1%	3,740	5,060

Ghi chú: I(0), I(1) là giá trị ngưỡng dưới và ngưỡng trên trong kiểm định Bounds.

Bảng 4. Độ trễ tối ưu theo mô hình VAR

Độ trễ	FPE	AIC	SC	HQ
0	0,0000	-23,264	-22,048	-22,813
1	0,0000*	-7,2848*	-6,7982*	-7,1043*
2	0,0000	-71,965	-63,450	-68,807
3	0,0000	-72,006	-59,841	-67,495
4	0,0000	-69,578	-53,764	-63,713

Ghi chú: *: Biểu thị độ trễ được lựa chọn theo tiêu chí tương ứng: Sai số dự báo cuối cùng (FPE); Tiêu chí thông tin Akaike (AIC); Tiêu chí Schwarz (SC); Tiêu chí Hannan-Quinn (HQ).

Bảng 5. Kết quả ước lượng từ mô hình NARDL

Biến	Hệ số	Giá trị p (p-value)
Mối quan hệ trong ngắn hạn		
ECT	-0,8514***	< 0,001
$\Delta \ln fert$	0,5794***	< 0,001
C	-0,8878	< 0,001
Mối quan hệ dài hạn		
$\ln fert_{(t-1)}^+$	0,6333***	< 0,001
$\ln fert_{(t-1)}^-$	0,2737**	0,0424
$\ln land_{(t-1)}^+$	0,2021 ^{ns}	0,7274
$\ln land_{(t-1)}^-$	1,9805***	0,0103

Ghi chú: Mô hình ARDL(1,1,0) được chọn theo tiêu chí AIC, với hằng số và không có xu hướng; Δ là sai phân bậc nhất; + và - lần lượt là thành phần dương và âm; ***, ** tương ứng mức ý nghĩa 1%, 5% và ns: không có ý nghĩa thống kê.

Trong dài hạn, kết quả cho thấy tồn tại bất đối xứng giữa tác động của các biến. Trong mô hình NARDL, “dài hạn” được hiểu là trạng thái cân bằng, mà tại trạng thái đó, các biến điều chỉnh sau các thay đổi ngắn hạn và duy trì mối quan hệ ổn định theo thời gian. Với hệ số hiệu

chỉnh sai số (ECT) bằng -0,8514, cho thấy khoảng 85,14% độ lệch giữa giá trị thực tế và giá trị cân bằng dài hạn của phát thải CO₂ được điều chỉnh trong khoảng 1,2 năm, phản ánh quá trình quay về trạng thái cân bằng diễn ra tương đối nhanh.

Đối với phân bón, khi lượng phân bón tăng 1% thì phát thải CO₂ từ nông nghiệp tăng khoảng 0,63%; khi lượng phân bón giảm 1% thì phát thải CO₂ giảm khoảng 0,2737%. Kết quả này cho thấy phát thải CO₂ phản ứng tỷ lệ thuận với sự thay đổi của phân bón, nhưng mức độ tác động là bất đối xứng và tác động khi tăng mạnh hơn khi giảm.

Đối với diện tích gieo trồng, khi diện tích tăng 1% thì phát thải CO₂ không có ý nghĩa thống kê; nhưng khi diện tích giảm 1% thì phát thải CO₂ giảm khoảng 1,98% với ý nghĩa thống kê ở mức 5%. Điều này cho thấy tác động của diện tích gieo trồng xuất hiện khi giảm và thể hiện rõ trong dài hạn.

3.4. Kiểm định chẩn đoán mô hình

Kết quả kiểm định cho thấy mô hình có ý nghĩa thống kê và phù hợp tốt với dữ liệu, với hệ số R² đạt 0,7342 và R² hiệu chỉnh đạt 0,6934. Thống kê F đạt 17,9590, có ý nghĩa ở mức 1%. Các kiểm định chẩn đoán không phát hiện tự tương quan và phương sai sai số thay đổi. Kiểm định Wald cho thấy tồn tại bất đối xứng trong dài hạn đối với phân bón có ý nghĩa thống kê ở mức 5% và diện tích gieo trồng có ý nghĩa thống kê ở mức 10%.

Mô hình NARDL không gặp vấn đề về tự tương quan và phương sai thay đổi, điều này khẳng định mô hình được ước lượng là phù hợp và đáng tin cậy. Hình 1 thể hiện kết quả kiểm định CUSUM và CUSUM bình phương, trong đó các đường kiểm định đều nằm trong dải tin cậy

5%, cho thấy mô hình ổn định trong suốt giai đoạn nghiên cứu.

3.5. Thảo luận

Kết quả nghiên cứu này cho thấy giả thuyết H1 và H3 được chấp nhận, tức là lượng phân bón có tác động trong ngắn hạn, dài hạn và mang tính bất đối xứng, tỷ lệ thuận đối với phát thải CO₂ trong nông nghiệp. Điều này tương đồng với kết quả của (Dejie & cs., 2020), với lý do, khi tăng bón phân sẽ thúc đẩy sự phát triển của rễ, tăng dư lượng rễ và dịch tiết rễ, đây nguồn cung cấp chất carbon dồi dào cho vi sinh vật, làm tăng hoạt động phân hủy và phát thải CO₂, trong khi việc giảm phân bón về mức tối ưu, giúp tối đa hóa hàm lượng carbon hữu cơ trong đất và giảm phát thải hiệu quả. Tác giả Hoàng Thị Huệ & Nguyễn Văn Hiếu (2024) chỉ ra CH₄ và N₂O chiếm khoảng 95% tổng phát thải từ canh tác lúa và để giảm lượng phát thải CO₂ cần giảm lượng phân bón (Lương Quang Huy, 2025; Phan Thị Hải Luyến & Nguyễn Xuân Hoà, 2024). Do đó, quản lý lượng phân bón không chỉ dừng ở giảm lượng sử dụng, mà cần hướng tới các giải pháp tối ưu liều lượng và cải tiến kỹ thuật để cân bằng mục tiêu năng suất và giảm phát thải CO₂.

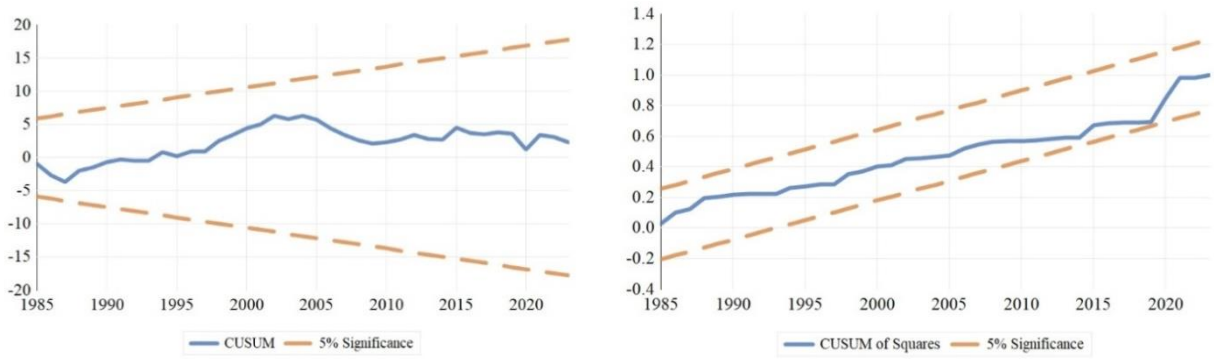
Đối với diện tích gieo trồng ngũ cốc, kết quả nghiên cứu cho thấy giả thuyết H2 được chấp nhận trong dài hạn nhưng không được ủng hộ trong ngắn hạn, đồng thời giả thuyết H4 được chấp nhận khi tồn tại tác động bất đối xứng.

Bảng 6. Kết quả kiểm định chẩn đoán mô hình và kiểm định bất đối xứng

Chỉ tiêu	Thống kê F	Giá trị p (p-value)
R ² :	0,7342	
R ² hiệu chỉnh:	0,6934	
Thống kê F:	17,9590 ^{***}	< 0,001
Kiểm định tự tương quan	0,5710 ^{ns}	0,5699
Kiểm định phương sai sai số thay đổi	0,5856 ^{ns}	0,7396
Kiểm định sự bất đối xứng (Kiểm định Wald)		
Kiểm định bất đối xứng trong dài hạn với biến <i>fert</i>	5,5942 ^{**}	0,0231
Kiểm định bất đối xứng trong dài hạn với biến <i>land</i>	2,9480 [*]	0,0939

Ghi chú: ^{***}, ^{**}, ^{*} tương ứng mức ý nghĩa 1%, 5%, 10% và ns: không có ý nghĩa thống kê.

Tác động bất đối xứng của phân bón và diện tích đất trồng ngũ cốc đến phát thải CO₂ trong nông nghiệp: Hàm ý cho phát triển nông nghiệp xanh tại Việt Nam



Hình 1. Đồ thị CUSUM và CUSUM bình phương của mô hình NARDL

Trong dài hạn, giảm phát thải CO₂ tỷ lệ thuận với giảm diện tích gieo trồng ngũ cốc, điều này tương đương với lý do là giảm tác động vào đất, giảm lượng carbon hữu cơ trong đất bị phân hủy, kéo theo giảm lượng CO₂ được giải phóng vào khí quyển (van Loon & cs., 2019). Bên cạnh đó, nghiên cứu của Ali & cs. (2019) cũng ghi nhận trong dài hạn, mối quan hệ phát thải CO₂ và diện tích gieo trồng ngũ cốc không có ý nghĩa thống kê, do việc quản lý đất đai hiệu quả trong canh tác ngũ cốc giúp giảm phát thải carbon. Phát hiện này, cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu của Hoàng Tú Linh & Bùi Thị Thu Trang (2024), khi giảm diện tích đất lúa (bằng cách chuyển đổi sang đất trồng cây ăn quả và đất thổ cư) giúp giảm phát thải CO₂. Mặc dù vậy, nghiên cứu của Ali & cs. (2019); Ben & Ben (2017) vẫn xác nhận hoạt động sản xuất ngũ cốc là một nguồn phát thải khí nhà kính, do nhu cầu lương thực từ sự gia tăng dân số. Do đó, giải quyết vấn đề này, chính phủ cần xây dựng các chiến lược phát triển nông nghiệp xanh, thúc đẩy các phương pháp canh tác thân thiện với môi trường để vừa tăng năng suất, vừa giảm thiểu tác động đến môi trường (Bùi Thị Phương Loan, 2024; Lidong & cs., 2025).

4. KẾT LUẬN VÀ HÀM Ý CHÍNH SÁCH

Nghiên cứu này cung cấp bằng chứng mới cho Việt Nam về mối quan hệ bất đối xứng và phi tuyến giữa phân bón, diện tích gieo trồng và phát thải CO₂ trong cả ngắn hạn và dài hạn. Kết quả cho thấy, trong ngắn hạn, phát thải

phản ứng mạnh với sự gia tăng phân bón, trong khi dài hạn, tác động trở nên bất đối xứng khi tăng và khi giảm lượng phân bón, diện tích gieo trồng ngũ cốc. Do đó, phát hiện này cho thấy các chính sách giảm phát thải không thể thiết kế theo mối quan hệ tuyến tính, mà cần được thiết kế theo từng chiều tác động (khi tăng, khi giảm), từng giai đoạn (ngắn hạn, dài hạn), do hiệu ứng của các yếu tố đầu vào này là bất đối xứng và thay đổi theo thời gian.

Từ đó, hàm ý chính sách không chỉ dừng ở kiểm soát lượng đầu vào, mà cần áp dụng các cách sử dụng đầu vào tiết kiệm trong nông nghiệp. Cụ thể, quản lý phân bón, bên cạnh giảm số lượng, còn cần thúc đẩy phân bón thân thiện môi trường và kỹ thuật canh tác giảm phát thải, đồng thời thực hiện các quy định hiện hành như nghị định số 84/2019/NĐ-CP ngày 14/11/2019 của Chính phủ quy định về quản lý phân bón và nghị định số 130/2022/NĐ-CP ngày 31/12/2022 của Chính phủ: sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 84/2019/NĐ-CP, nhằm thúc đẩy sử dụng phân bón chậm tan, phân hữu cơ và các thực hành canh tác giảm phát thải. Đối với đất nông nghiệp, kết quả cho thấy việc thu hẹp diện tích gieo trồng ngũ cốc để giảm phát thải CO₂ có ý nghĩa trong dài hạn, do đó cần gắn quy hoạch sử dụng đất với mục tiêu giảm phát thải, kết hợp các biện pháp canh tác gắn với định hướng phát triển nông nghiệp xanh để vừa duy trì an ninh lương thực, vừa giảm phát thải.

Nghiên cứu này vẫn tồn tại một số hạn chế. Thứ nhất, dữ liệu chưa phản ánh được sự phát

thải CO₂ cho các hoạt động cụ thể trong nông nghiệp như trồng trọt và chăn nuôi. Thứ hai, mô hình chỉ tập trung vào hai yếu tố đầu vào là lượng phân bón sử dụng và diện tích gieo trồng vì đã có sẵn dữ liệu, trong khi các yếu tố khác như công nghệ canh tác, cơ giới hóa chưa được xem xét do dữ liệu chuỗi thời gian của Việt Nam còn hạn chế. Trong các nghiên cứu tiếp theo, cần mở rộng theo hướng: (i) phân tích chi tiết theo từng lĩnh vực nông nghiệp (trồng trọt, chăn nuôi) khi có dữ liệu phù hợp; (ii) kết hợp dữ liệu bảng để so sánh kết quả giữa các quốc gia.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ahmed Nazeer, Xinagyu Guo, Alnafissa Mohamad, Ali Arshad & Ullah Hafeez (2025). Linear and non-linear impact of key agricultural components on greenhouse gas emissions. *Scientific Reports*. 15(1): 5314. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-88159-1>.
- Ali Sajjad, Ying Liu, Shah Tariq, Tariq Azam, Ali Chandio Abbas & Ali Ihsan (2019). Analysis of the Nexus of CO₂ Emissions, Economic Growth, Land under Cereal Crops and Agriculture Value-Added in Pakistan Using an ARDL Approach. *Energies*. 12(23): 4590. <https://doi.org/10.3390/en12234590>.
- Asian Development Bank (2022). Agriculture, Natural Resources and Rural Development Sector Assessment, Strategy and Road Map: Viet Nam 2021-2025. Retrieved from <https://www.adb.org/sites/default/files/institutional-document/763181/viet-nam-2021-2025-agriculture-sector-assessment-strategy-road-map.pdf>. on Sep 10, 2025.
- Ben Jebli, Mehdi & Ben Youssef Slim. (2017). Renewable energy, arable land, agriculture, CO₂ emissions, and economic growth in Morocco. MPRA Paper. Retrieved from https://mpra.ub.uni-muenchen.de/76798/1/MPRA_paper_76798.pdf. on Sep 10, 2025.
- Bùi Thị Phương Loan, Đinh Quang Hiếu, Mai Văn Trinh, Vũ Thị Hằng, Đặng Thị Phương Lan, Nguyễn Thanh Hải, Vũ Việt Hà & Vũ Đình Nguyễn (2024). Đánh giá hiệu quả kinh tế và giảm phát thải khí nhà kính của mô hình sản xuất lúa hữu cơ theo hướng nông nghiệp tuần hoàn tại tỉnh Sóc Trăng. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn* (19): 3-12. <https://doi.org/10.71254/jspka786>.
- Chính phủ (2019). Nghị định số 84/2019/NĐ-CP quy định về quản lý phân bón. Truy cập từ <https://vanban.chinhphu.vn/default.aspx?pageid=27160&docid=198327> ngày 15/9/2025.
- Chính phủ (2022). Nghị định số 130/2022/NĐ-CP sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 84/2019/NĐ-CP về quản lý phân bón và Nghị định số 94/2019/NĐ-CP về giống cây trồng. Truy cập từ <https://vanban.chinhphu.vn/?pageid=27160&docid=207115>. ngày 15/9/2025.
- Dickey David A. & Fuller Wayne A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*. 74(366a): 427-431. <https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531>.
- FAO (2025). Cereal area harvested (hectares) - Vietnam Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> on Sep 10, 2025.
- Food Agriculture Organization of the United Nations (2010). "Climate-smart" agriculture: Policies, practices and financing for food security, adaptation and mitigation. Retrieved from <https://www.fao.org/4/i1881e/i1881e00.htm>. on Sep 16, 2025.
- Food Agriculture Organization of the United Nation. (2023). Regional Technical Platform on Green Agriculture. Retrieved from <https://www.fao.org/platforms/green-agriculture/about/en>. on Sep 16, 2025.
- Fusuo Zhang, Zhenling Cui, Xinping Chen, Xiaotang Ju, Jianbo Shen, Qing Chen, Xuejun Liu, Weifeng Zhang, Guohua Mi, Mingsheng Fan & Rongfeng Jiang (2012). Chapter one - Integrated Nutrient Management for Food Security and Environmental Quality in China. In Donald L. Sparks (Ed.): *Advances in Agronomy*. Academic Press. 116: 1-40. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394277-7.00001-4>.
- Hashem M. Pesaran, Yongcheol Shin & Richard J. Smith. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Applied Econometrics*. 16(3): 289-326. <https://doi.org/10.1002/jae.616>.
- Hiroko Akiyama, Xiaoyuan Yan & Kazuyuki Yagi. (2006). Estimations of emission factors for fertilizer-induced direct N₂O emissions from agricultural soils in Japan: Summary of available data. *Soil Science and Plant Nutrition*. 52(6): 774-787. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2006.00097.x>.
- Hoàng Thị Huê, Nguyễn Thị Hồng Hạnh, Bùi Thị Thu Trang, Nguyễn Thị Hoài Thương, & Nguyễn Văn Hiếu (2024). Hiện trạng phát thải khí nhà kính từ hoạt động sản xuất lúa trên địa bàn thành phố Hà

- Nội. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam. (10B): 69-75.
- Hoàng Tú Linh & Bùi Thị Thu Trang (2024). Đánh giá mức độ phát thải khí nhà kính từ hoạt động canh tác lúa trên địa bàn tỉnh Bắc Giang và đề xuất giải pháp quản lý. Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường. (51): 132-143.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2019). Climate Change and Land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/srcl/>.
- Jules N. Pretty (1995). Participatory learning for sustainable agriculture. *World Development*. 23(8): 1247-1263. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(95\)00046-F](https://doi.org/10.1016/0305-750X(95)00046-F).
- Lal R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*. 123(1): 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.032>.
- Lê Nguyễn Diệu Anh (2024). Chính sách phát triển nông nghiệp xanh ở Việt Nam. Tạp chí điện tử Lý luận chính trị. Truy cập từ <https://lyluanchinhtri.vn/chinh-sach-phat-trien-nong-nghiep-xanh-o-viet-nam-6577.html>. ngày 16/4/2025.
- Lidong Li, Tala Awada, Yeyin Shi, Virginia L. Jin & Michael Kaiser (2025). Global Greenhouse Gas Emissions From Agriculture: Pathways to Sustainable Reductions. *Glob Chang Biol*. 31(1): e70015. <https://doi.org/10.1111/gcb.70015>.
- Lin Siyuan, Zhou Ning, Jahangir Junaid & Sohail Sidra (2022). Analyzing dynamic impacts of deagrulturalization on CO₂ emissions in selected Asian economies: a tale of two shocks. *Environmental Science and Pollution Research*. 29(48): 72957-72967. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20773-2>.
- Lương Quang Huy (2025). Giảm phát thải khí nhà kính trong hoạt động trồng trọt ở Việt Nam. Tạp chí Môi trường (09): 14-17. Truy cập từ <https://vjol.info.vn/vea/article/view/120817/100465> ngày 16/4/2026.
- Miguel A Altieri (2002). Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 93(1): 1-24. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00085-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00085-3).
- Mordor Intelligence (2024). Seed Sector Analysis: Vietnam Industry Report. Retrieved from <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/seed-sector-analysis-vietnam-industry>. on Sep 25, 2025.
- Nguyễn Nhật Minh (2023). Đánh giá mức độ phát thải khí nhà kính và đề xuất giải pháp giảm thiểu từ hoạt động canh tác lúa và chăn nuôi tại tỉnh Quảng Ninh. Tạp chí Môi trường - Chuyên đề Khoa học - Công nghệ. (04): 65-68. Truy cập từ <https://vjol.info.vn/mt/article/view/88837/75445>. ngày 10/4/2026.
- Parviz Koochafkan, Miguel A. Altieri & Eric Holt Gimenez (2012). Green Agriculture: foundations for biodiverse, resilient and productive agricultural systems. *International Journal of Agricultural Sustainability*. 10(1): 61-75. <https://doi.org/10.1080/14735903.2011.610206>
- Pete Smith, Mercedes Bustamante, Helal Ahammad, Harry Clark, Hongmin Dong, Elnour A. Elsidig, Helmut Haberl, Richard Harper, Joanna House, Mostafa Jafari, Omar Masera, Cheikh Mbow, Nijavalli H. Ravindranath, Charles W. Rice, Carmenza Robledo Abad, Anna Romanovskaya, Frank Sperling & Francesco N. Tubiello (2014). Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In Oliver Edenhofer, Ramón Pichs-Madruga, Youba Sokona, Susanne Kadner, Kristin Seyboth, Steven Adler, Ingo Baum, Paul Brunner, Barbara Eickemeier, Jochen Kriemann, Joseph Savolainen, Stefan Schlömer, Christoph von Stechow & Till Zwicker (Eds.). *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. Retrieved from https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf. on Sep 25, 2025.
- Phan Thị Hải Luyên & Nguyễn Xuân Hoà (2024). Đánh giá hiệu quả sử dụng phân đạm hướng tới giảm thiểu phát thải khí N₂O trong sản xuất lúa tại Đồng bằng sông Hồng: trường hợp nghiên cứu tại Thuận Thành, Bắc Ninh. Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam. (08): 1050-1058. <https://doi.org/10.1234/865stg19>.
- Phillips Peter C.B. & Perron Pierre (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*. 75(2): 335-346. <https://doi.org/10.1093/biomet/75.2.335>.
- Rauf Usama Abdul, Ali Amanat, Ahmad Sareer & Shil Nikhil (2025). Greening Agriculture: Exploring the Asymmetric Impact of Agriculture on Carbon Emissions in SCO Countries. *Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID)*. 119(1): 43-64. <https://doi.org/10.36253/jaeid-15885>.
- Sajjad Ali, Ashfaq Ahmad Shah, Amogh Ghimire & Muhammad Atiq Ur Rehman Tariq (2022). Investigation the nexus between CO₂ emissions, agricultural land, crop, and livestock production in Pakistan [Original Research]. *Frontiers in Environmental Science*. Vol. 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1014660>.

- Thủ tướng Chính phủ (2013). Quyết định số 899/QĐ-TTg phê duyệt Đề án tái cơ cấu ngành nông nghiệp theo hướng nâng cao giá trị gia tăng và phát triển bền vững. Truy cập từ <https://vanban.chinhphu.vn/default.aspx?pageid=27160&docid=168000>. ngày 23/12/2025.
- Thủ tướng Chính phủ (2022). Quyết định số 150/QĐ-TTg phê duyệt Chiến lược phát triển nông nghiệp và nông thôn bền vững giai đoạn 2021–2030, tầm nhìn đến năm 2050. Truy cập từ <https://vanban.chinhphu.vn/?pageid=27160&docid=205277>. ngày 23/12/2025.
- Tim Searchinger, Richard Waite, Craig Hanson & Janet Ranganathan (2018). Creating a sustainable food future: A menu of solutions to feed nearly 10 billion people by 2050. Retrieved from https://research.wri.org/sites/default/files/2019-07/creating-sustainable-food-future_2_5.pdf. on Dec 23, 2025.
- Trịnh Việt Tiến (2023). Phát triển nông nghiệp xanh: Thực trạng và một số giải pháp. Tạp chí Kinh tế và Dự báo (17). Truy cập từ <https://kinhtevadubao.vn/phat-trien-nong-nghiep-xanh-thuc-trang-va-mot-so-giai-phap-28049.html>. ngày 23/12/2025.
- van Loon, Marloes P., Hijbeek, Renske, ten Berge, Hein F.M., De Sy, Veronique, ten Broeke, Guus A., Solomon, Dawit & van Ittersum Martin K. (2019). Impacts of intensifying or expanding cereal cropping in sub-Saharan Africa on greenhouse gas emissions and food security. *Global Change Biology*. 25(11): 3720-3730. <https://doi.org/10.1111/gcb.14783>.
- World Bank (2025a). Carbon dioxide (CO₂) emissions from agriculture (Mt CO₂e) World Bank. Retrieved from <https://data.worldbank.org/indicator/EN.GHG.CO2.AG.MT.CE.AR5?locations=VN> on Dec 23, 2025.
- World Bank. (2025b). Fertilizer consumption (kilograms per hectare of arable land) - Vietnam World Bank. Retrieved from <https://data.worldbank.org/indicator/AG.CON.FERT.ZS?locations=VN> on Dec 23, 2025.
- Xin Zhang, Eric A. Davidson, Denise L. Mauzerall, Timothy D. Searchinger, Patrice Dumas & Ye Shen. (2015). Managing nitrogen for sustainable development. *Nature*. 528(7580): 51-59. <https://doi.org/10.1038/nature15743>.
- Yongcheol Shin, Byungchul Yu & Matthew Greenwood-Nimmo (2014). Modelling Asymmetric Cointegration and Dynamic Multipliers in a Nonlinear ARDL Framework. In Robin C. Sickles & William C. Horrace (Eds.). *Festschrift in Honor of Peter Schmidt: Econometric Methods and Applications* Springer New York. pp. 281-314. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-8008-3_9.