

GIẢM PHÁT THẢI CO₂ TRONG CHUỖI GIÁ TRỊ CÀ PHÊ HƯỚNG TỚI NÔNG NGHIỆP BỀN VỮNG

THÁI PHƯƠNG VŨ¹, NGUYỄN THỊ MỘNG QUỲNH¹, NGUYỄN KHƯƠNG DUYÊN¹,
TRẦN THỊ QUẾ TRÂN¹, NGUYỄN THỊ CẨM TIÊN¹

¹ Khoa Môi trường, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh

Tóm tắt

Nghiên cứu đánh giá lượng phát thải khí nhà kính (KNK - CO₂) trong toàn bộ chuỗi giá trị cà phê tại Lâm Đồng - từ canh tác, thu hoạch, chế biến đến tiêu thụ, áp dụng hướng dẫn của IPCC 2006. Kết quả cho thấy, phát thải CO₂ từ chuỗi cà phê là 14.300 kg CO₂/ha/năm, chủ yếu đến từ phân bón hóa học (42%), nhiên liệu hóa thạch (36%) và điện năng (22%). Đồng thời, cây cà phê hữu cơ cũng có khả năng hấp thụ đáng kể CO₂, với mức trung bình 17.249 kg CO₂/ha/năm. Các giải pháp đề xuất gồm sử dụng phân hữu cơ, biochar từ vỏ cà phê, hệ thống tưới tiết kiệm, năng lượng tái tạo và công nghệ số. Việc phối hợp các giải pháp kỹ thuật, công nghệ, chính sách có thể giảm một lượng lớn phát thải CO₂, góp phần phát triển cà phê bền vững.

Từ khóa: CO₂, phát thải khí nhà kính, cà phê bền vững, IPCC 2006, chuỗi giá trị.

Ngày nhận bài: 8/10/2025; Ngày sửa chữa: 17/10/2025; Ngày duyệt đăng: 10/11/2025.

Reducing CO₂ emissions from the coffee value chain towards sustainable agriculture

Abstract

The study assessed the amount of greenhouse gas emissions (CO₂) across the entire coffee value chain in Lam Dong province from cultivation, harvesting, and processing to consumption applying the 2006 IPCC Guidelines. The results showed that CO₂ emissions from the coffee chain are 14,300 kg CO₂/ha-year-1, mainly originating from chemical fertilizers (42%), fossil fuels (36%), and electricity (22%). Concurrently, organic coffee cultivation also demonstrated significant CO₂ absorption capacity, averaging 17,249 kg CO₂/ha-year-1. Proposed solutions included using organic fertilizers, biochar from coffee husks, water-saving irrigation systems, renewable energy, and digital technology. The combination of technical, technological, and policy solutions can significantly reduced CO₂ emissions, contributing to sustainable coffee development.

Keywords: CO₂, greenhouse gas emissions, sustainable coffee, IPCC 2006, value chain.

JEL Classifications: O13, Q56, R22.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành cà phê là một trong những ngành hàng xuất khẩu nông sản chủ lực của Việt Nam, đóng vai trò quan trọng trong tăng trưởng kinh tế nông nghiệp và sinh kế địa phương. Tuy nhiên, chuỗi giá trị cà phê: từ canh tác, thu hoạch, chế biến đến tiêu thụ, lại phát thải đáng kể khí CO₂, góp phần vào biến đổi khí hậu toàn cầu. Một nghiên cứu đã chỉ ra rằng việc sử dụng phân bón hóa học, nhiên liệu hóa thạch trong sản xuất và chế biến nông sản là nguồn phát thải chính KNK (Niguse et al., 2022).

Một nghiên cứu ở Brazil cho thấy, các trang trại cà phê Robusta có thể hấp thụ trung bình 4 tấn C/ha/năm, cao hơn lượng phát thải 2,3 lần (Brazilian Portuguese, 2025). Các hệ thống nông lâm kết hợp (trồng cà phê xen cây che bóng) ở Trung Mỹ có thể tăng thêm khả năng hấp thụ các-bon từ 1 đến 3,1 tấn C/ha/năm (Arellano and Hernández, 2023).

Tại Việt Nam, nghiên cứu chỉ ra hệ thống cà phê Robusta ở Đắk Lắk phát thải trung bình trên 10.000

kg CO₂/ha/năm nếu không áp dụng kỹ thuật canh tác tiết kiệm năng lượng và vật tư (Ngô Kim Chi và cs., 2019). Kuit et al. (2019) báo cáo cà phê Robusta ở Việt Nam ước tính lượng phát thải trung bình là 2 kg CO₂e/tấn cà phê; các trang trại đa canh mức độ cao với tỉ lệ trung bình > 30% cây trồng không phải cà phê sẽ trở thành bể chứa các-bon và hàng năm cô lập 0,16 tấn CO₂e/tấn cà phê thu hoạch. Với các trang trại độc canh, phát thải 0,37 tấn CO₂e/tấn cà phê thu hoạch/năm.

Trong bối cảnh Việt Nam cam kết đạt mức phát thải ròng bằng “0” vào năm 2050, việc lượng giá chi tiết phát thải CO₂ trong từng giai đoạn của chuỗi cà phê là hết sức cần thiết. Nghiên cứu này áp dụng hướng dẫn IPCC 2006 để xác định các điểm nóng phát thải, tính toán khả năng hấp thụ CO₂ của cây cà phê, từ đó đề xuất giải pháp giảm phát thải phù hợp với điều kiện canh tác thực tế tại các khu vực trồng cà phê Việt Nam.



2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phạm vi và đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu thực địa 3 trang trại cà phê 25 năm trồng hữu cơ tại xã Tân Hà, huyện Lâm Hà, tỉnh Lâm Đồng (nay là xã Tân Hà, tỉnh Lâm Đồng) có diện tích tổng cộng là 4 ha, một trong những khu vực sản xuất cà phê Robusta trọng điểm của Việt Nam. Mật độ trồng cây là 3m x 1,5-3m (1.050 cây/ha). Nghiên cứu này không khảo sát vườn cà phê trồng bằng phân hóa học vì tuổi thọ cây cà phê khoảng 12-15 năm, nên tính bền vững chỉ bằng ½ so với cây cà phê trồng bằng phân hữu cơ.

Nghiên cứu quá trình chế biến cà phê sau thu hoạch được thực hiện tại nhà máy chế biến cà phê Olam, Lâm Đồng.

Các điểm tiêu thụ cà phê được thực hiện tại 10 quán cà phê quy mô hộ gia đình.

2.2. Phương pháp thu thập và xử lý dữ liệu

Thông tin được thu thập thông qua khảo sát thực địa, phỏng vấn trang trại trồng cà phê, cơ sở chế biến và hộ kinh doanh quán cà phê. Các thông số chính bao gồm: Khối lượng phân bón sử dụng, lượng nhiên liệu (xăng, dầu DO), tiêu thụ điện năng cho tưới tiêu, chế biến, rang xay, bảo quản và các hoạt động thương mại (vận chuyển, tiêu thụ). Dữ liệu đầu vào được chuẩn hóa về đơn vị (kg hoặc lít vật tư tiêu thụ/ha/năm hoặc tấn cà phê nhân) để tính toán lượng phát thải CO₂ (GHG Protocol, 2021).

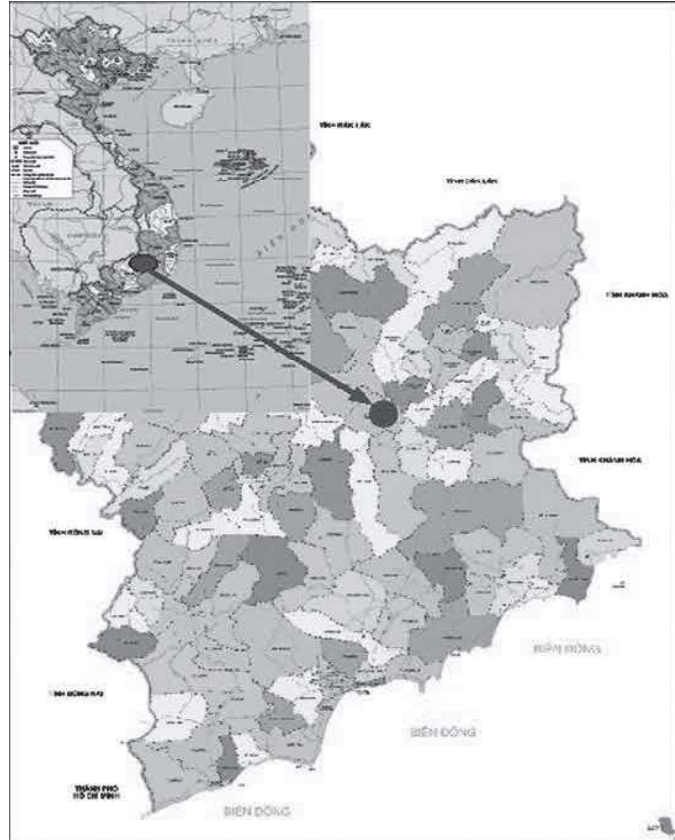
2.3. Phương pháp tính phát thải CO₂

Phát thải khí CO₂ từ các hoạt động trong chuỗi cà phê được tính toán theo hướng dẫn của IPCC (2006):

$$CO_2 = \text{Activity Data} \times \text{Emission Factor}$$

Trong đó: Activity Data là lượng vật tư, năng lượng sử dụng (kg, lít, kWh, tấn...); Emission Factor là hệ số phát thải CO₂ (kg CO₂/kg hoặc kg CO₂/lít...), được tham khảo từ bộ hướng dẫn IPCC 2006 và tài liệu khoa học liên quan. Hệ số phát thải đối với urê: 1,59 kg CO₂/kg; dầu DO: 2,68 kg CO₂/lít; xăng: 2,31 kg CO₂/lít và điện năng: 0,876 kg CO₂/kWh (theo hệ số lưới điện Việt Nam).

Các hoạt động được phân chia theo giai đoạn chuỗi giá trị để tính toán riêng bao gồm: (1) Canh tác bao gồm phân bón, nhiên liệu vận hành máy móc, điện năng tưới tiêu; (2) Thu hoạch bao gồm xăng, dầu cho hái, máy vận chuyển tại trang trại; (3) Chế biến bao gồm điện năng bóc vỏ, sấy, xay, nước rửa; nhiên liệu đốt cho lò sấy; (4) Thương mại bao gồm nhiên liệu cho vận chuyển, điện cho bảo quản, phát thải gián tiếp từ tiêu dùng.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu

2.4. Tính toán khả năng hấp thụ CO₂

Lượng CO₂ hấp thụ bởi cây cà phê được ước tính thông qua sinh khối tích lũy trên mặt đất (AGB), sử dụng công thức chuyển đổi các-bon sinh học:

$$C = \text{AGB} \times \text{CF} \text{ với } CO_2 = C \times 3,67.$$

Trong đó: Sinh khối trên mặt đất của các cây tiêu chuẩn theo phương trình của Brown S., 1997

$$\text{AGB} = V \times \text{WD} \times \text{BEF}$$

Trong đó: V: là thể tích gỗ của cây, được tính

$$V = \frac{D_{0,15}^2}{4} \times \frac{H}{1,2} \times \pi \times f$$

Với D_{0,15} là đường kính thân cây từ mặt đất đến vị trí 15 cm; f là hình số của cây lấy = 0,5 cho cây ở châu Á; H là chiều cao cây cà phê (lấy trung bình chiều cao cây trong vườn cà phê khảo sát), hệ số 1,2 được quy đổi từ vị trí đo gốc cây và chiều cao bình quân của cây và đoạn giữa cây để tính thể tích gỗ).

WD: tỷ trọng gỗ cây cà phê = 680 kg/m³ (Cassens, 2007).

BEF: hệ số chuyển đổi theo sinh khối tính theo D_{0,15}; Nếu D_{0,15} < 20cm thì BEF = 1,40; Nếu 20cm < D_{0,15} < 40cm thì BEF = 1,38; Nếu 40cm < D_{0,15} < 80cm thì BEF = 1,33; Nếu D_{0,15} > 80cm thì BEF = 1,25.

Sinh khối dưới mặt đất (BGB) được xác định sinh khối dưới mặt đất gián tiếp qua AGB.

$$\text{BGB} = 0,2 \times \text{AGB}$$

AGB được khảo sát dựa theo ô tiêu chuẩn có diện tích 10 x 10m được thiết lập tại mỗi vườn cà phê. Cây cà phê đo đường kính thân cây tại vị trí 15cm tính từ mặt đất và đo chiều cao cây, sau đó áp dụng công thức tính toán để được sinh khối trên mặt đất; CF là hệ số chuyển đổi sinh khối sang các-bon (0,47); 3,67 là hệ số chuyển đổi các-bon sang CO₂. Kết quả được tổng hợp theo từng giai đoạn của chuỗi cà phê và đánh giá theo đơn vị kg CO₂ phát thải hoặc hấp thụ mỗi ha hoặc mỗi tấn cà phê nhân.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phát thải CO₂ trong chuỗi giá trị cà phê

Giống cây cà phê do công ty sản xuất giống Lâm Đồng cung cấp, được xác định là giống cà phê phù hợp để trồng tại huyện Lâm Hà. Phân bón được sử dụng kết hợp giữa phân hữu cơ và vô cơ. Tháng 1 và tháng 2 sử dụng khoảng 250 kg P/ha để cho ra bông. Tháng 4 bón phân hữu cơ kết hợp với phân chuồng (phân bò) là 10 tấn/ha (2 năm bón 1 lần). Tháng 3 bón khoảng 0,75 tấn urê/ha, tháng 6 bón 10 tấn kali/ha để nuôi nhân, tháng 9 bón 3 tấn NPK/ha để dưỡng trái. Vườn cà phê được cắt cỏ 2 lần/năm với lượng nhiên liệu sử dụng là 2,5 L xăng A95/năm/ha.

Nước tưới chủ yếu tập trung vào tháng 3 và 4 với lượng tưới khoảng 200 lít nước/gốc (20m³/ha/lần tưới), tưới trực tiếp vào hố trồng cây. Các tháng khác (11 đến tháng 2) trong mùa nắng sẽ tưới ít hơn, tùy thuộc vào thời tiết hàng năm, lượng nước tưới trung bình khoảng 100-200 lít/cây. Nước tưới được bơm (công suất 15 KW, 3 pha) từ hồ chứa hoặc giếng nước tại vườn cà phê. Mùa mưa không tưới (tháng 5-10).

Thu hoạch vào giữa tháng 11 đến tháng 1 năm sau. Phương tiện vận chuyển trái cà phê từ vườn về kho chứa bằng phương tiện xe máy 2 bánh (khoảng 8,6 km/ha/năm). Tại kho, hạt cà phê được xay sát với lượng nhiên liệu sử dụng là 6 L dầu DO/tấn (tương đương 30 L dầu DO/ha/năm đối với các vườn cà phê được khảo sát).

Từ dữ liệu khảo sát thực địa tại ba trang trại cà phê, một cơ sở chế biến và

Bảng 1. Lượng phát thải CO₂ trung bình theo từng giai đoạn trong chuỗi cà phê

Giai đoạn	Phát thải CO ₂				Tỷ lệ, %
	Phân bón	Nhiên liệu	Điện năng	Tổng	
Canh tác	6.000	2.200	1.600	9.800	68,53
Thu hoạch	0	1.200	100	1.300	9,09
Chế biến	0	1.000	1.100	2.100	14,69
Thương mại	0	800	300	1.100	7,69
Tổng cộng	6.000	5.200	3.100	14.300	100,00

10 hộ, lượng phát thải CO₂ được tính toán cho từng giai đoạn chính trong chuỗi giá trị cà phê bao gồm: canh tác, thu hoạch, chế biến và tiêu thụ. Kết quả tổng hợp được trình bày trong Bảng 1.

Phát thải từ hoạt động canh tác

Kết quả khảo sát cho thấy, lượng phát thải lớn nhất đến từ phân bón hóa học (6.000 kg CO₂/năm), tiếp theo là sử dụng nhiên liệu máy móc (5.200 kg CO₂/năm) và điện năng phục vụ tưới tiêu (3.100 kg CO₂/năm). Trung bình, tổng phát thải CO₂ trong giai đoạn canh tác dao động từ 9.000-12.000 kg CO₂/ha/năm với mức trung bình là 9.800 kg CO₂/ha/năm, trong đó 41,96% đến từ phân bón, 15,38% từ nhiên liệu và 11,19% từ điện năng (Bảng 1). Kết quả nghiên cứu cho thấy, giai đoạn canh tác là nguồn phát thải chính, chiếm khoảng 68,5% tổng phát thải, trong đó phân bón chiếm tỷ lệ lớn nhất. So sánh với kết quả nghiên cứu trước thì tỷ lệ phát thải CO₂ dao động 65-100% (IDH, 2000). Giai đoạn chế biến cũng đóng góp đáng kể với hơn 2.000 kg CO₂/ha/năm, chủ yếu đến từ tiêu thụ điện cho sấy và xay cà phê.

Phát thải trong chế biến và tiêu thụ

Phân tích tại cơ sở chế biến cho thấy, các hoạt động như sấy, xay, vận chuyển và tiêu dùng cũng đóng góp đáng kể vào tổng phát thải (Bảng 1). Trong đó, chế biến ướt sử dụng nhiều điện và nhiên liệu, phát sinh khoảng 1.100-2.100 kg CO₂/tấn cà phê nhân. Tiêu thụ cà phê ở cấp độ quán và hộ gia đình, nếu không áp dụng tiết kiệm năng lượng, có thể chiếm đến 8,0% tổng phát thải.

3.2. Khả năng hấp thụ CO₂ của cây cà phê

Từ dữ liệu sinh khối trung bình (AGB) đo được từ khảo sát và điều tra thực tế: Đường kính trung bình của cây tại vị trí 15cm tính từ mặt đất là 40,7cm; (D_{0,15} = 0,1297m); Chiều cao trung bình của cây là 2,8m. Từ các số liệu khảo sát và thực địa, phát thải và hấp thụ CO₂ thể hiện tại Bảng 2.

3.3. Điểm nóng phát thải và đề xuất giải pháp

Ba nguồn phát thải chính trong canh tác và tiêu thụ cà phê là phân bón, nhiên liệu và điện năng. Việc xác định rõ điểm nóng giúp ưu

Bảng 2. Cân bằng CO₂ của cây cà phê tại các vườn cà phê

Hộ dân	Diện tích (ha)	Phát thải CO ₂ (tấn CO ₂ /năm)	Hấp thụ CO ₂ (tấn CO ₂)	Cân bằng CO ₂ (tấn CO ₂ /năm)
Vườn cà phê 1	2	8,1	390	382,8
Vườn cà phê 2	1	1,6	83	81,4
Vườn cà phê 3	1	3,2	195	191,8



Kết hợp canh tác hợp lý với năng lượng sạch, ngành cà phê có thể chuyển đổi thành chuỗi giá trị các-bon thấp, đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững và cam kết khí hậu quốc tế

tiền áp dụng các giải pháp giảm phát thải đúng trọng tâm, như thay thế phân hóa học bằng phân hữu cơ từ phụ phẩm cà phê, sử dụng năng lượng sinh học hoặc năng lượng mặt trời và cải tiến thiết bị tiết kiệm điện trong chế biến. Đồng thời, cần có chính sách hỗ trợ tài chính và tập huấn kỹ thuật cho nông hộ chuyển đổi mô hình sản xuất sang hướng nông nghiệp các-bon thấp.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy, chuỗi giá trị cà phê phát thải CO₂ đáng kể nhưng hoàn toàn có thể cân bằng hoặc giảm mạnh nhờ áp dụng đồng bộ giải pháp kỹ thuật và công nghệ. Đặc biệt, cây cà phê có tiềm năng hấp thụ CO₂ cao, nếu kết hợp với canh tác hợp lý và năng lượng sạch, ngành cà phê có thể chuyển đổi thành chuỗi giá trị các-bon thấp, đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững và cam kết khí hậu quốc tế.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả chân thành cảm ơn ông Nguyễn Văn Phước và PGS.TS. Nguyễn Công Nguyên đã hỗ trợ và góp ý cho nghiên cứu này■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. GHG Protocol (2021). *Agricultural Guidance for Value Chains*. WRI.
2. IPCC. (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
3. Ngô Kim Chi, Phạm Thế Trinh, Đặng Ngọc Phương, Phí Hoàng Thúy Quỳnh, Nguyễn Thị Hằng, Ngô Trọng Cường, Chu Quang Truyền (2019). *Phát thải KNK*

trong sản xuất cà phê tại Đắk Lắk. Tạp chí Khoa học Việt Nam, 57(2), 44-50.

4. Niguse G., Iticha B., Kebede G., Chimdi A. (2022). *Contribution of coffee plants to carbon sequestration in agroforestry systems of Southwestern Ethiopia*, *The Journal of Agricultural Science*, 160(6), 440 - 447. <https://doi.org/10.1017/S0021859622000624>.
5. Brazilian Portuguese, 2025. *Coffee plantations in the forests of Rondônia sequester 2.3 times more carbon than they emit*. <https://portal.datagro.com/en/3/coffee/984693/coffee-plantations-in-the-forests-of-rondonia-sequester-23-times-more-carbon-than-they-emit>, truy cập tháng 6/2025.
6. Kuit M., Lieke Guinée, Don Jansen, Claudia Schlangen (2019). *Nguồn phát hay nguồn thu? Dấu chân các-bon của cà phê Robusta Việt Nam*, IDP (Tổ chức Sáng kiến thương mại bền vững).
7. Arellano C., Christian Hernández (2023). *Carbon footprint and carbon storing capacity of arabica coffee plantations of Central America: A review*, *Coffee Science* 18:1-9, <https://doi.org/10.25186/v18i.2072>.
8. Cassens D.L. (2007). *Coffeetree, Hardwood lumber and veneer series*, Purdue University, IN 47907.
9. Fransen B. (2024). *How to calculate CO2 sequestration*, EcoMatcher, GHG Vietnam, <https://ghgvietnam.vn/en/how-to-calculate-co2-sequestration/>.
10. IDH (2020). *Scaling up sustainable robusta coffee production in Vietnam: reducing carbon footprints while improving farm profitability*, Full technical report, 72 pp.