



SỔ TAY MÔ HÌNH KINH TẾ TUẦN HOÀN TRONG SẢN XUẤT CÀ PHÊ



ISPAE

INSTITUTE OF STRATEGY AND POLICY
ON AGRICULTURE AND ENVIRONMENT

Liên hệ

Tiến sĩ Nguyễn Anh Phong, Giám đốc Trung tâm Thông tin và Dịch vụ Nông nghiệp và Môi trường (AGREINFOS), Viện Chiến lược, Chính sách Nông nghiệp và Môi trường (ISPAE), phong.nguyen@ipsard.gov.vn

Ông Hoàng Thành Vĩnh, Chuyên gia Chương trình Kinh tế Tuần hoàn, Chất thải và Hóa chất, UNDP, hoang.thanh.vinh@undp.org

Bà Morgane Rivoal, Chuyên gia Biến đổi Khí hậu và Kinh tế Tuần hoàn, UNDP, morgane.rivoal@undp.org

Tuyên bố miễn trừ trách nhiệm

Các quan điểm được thể hiện trong ấn phẩm này là của nhóm các tác giả và không nhất thiết phản ánh quan điểm chính thức của Chương trình Phát triển Liên Hợp Quốc (UNDP) và Viện Chiến lược, Chính sách Nông nghiệp và Môi trường (ISPAE). Các thiết kế được sử dụng trong ấn phẩm này không hàm ý bất kỳ quan điểm nào của Liên Hợp Quốc hoặc UNDP về tính pháp lý của bất kỳ quốc gia, vùng lãnh thổ, tỉnh/thành phố, khu vực, đơn vị hành chính, hoặc về đường biên giới hoặc ranh giới liên quan.



SỔ TAY MÔ HÌNH KINH TẾ TUẦN HOÀN TRONG SẢN XUẤT CÀ PHÊ



ISPAC

INSTITUTE OF STRATEGY AND POLICY
ON AGRICULTURE AND ENVIRONMENT

MỤC LỤC

DANH MỤC BẢNG	III
DANH MỤC HÌNH	III
DANH MỤC ẢNH	IV
DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT	V
THUẬT NGỮ	VI
LỜI CẢM ƠN	VII
TÓM TẮT: KẾT QUẢ CHÍNH CỦA NDC 3.0	VIII
CHƯƠNG 1. BỐI CẢNH	X
1.1 Bối cảnh và tình hình sản xuất cà phê ở Việt Nam.....	1
1.1.1 Nông dân chủ yếu là những nhà sản xuất quy mô nhỏ.....	2
1.1.2 Các đại lý thu mua và thương lái địa phương đóng vai trò quan trọng trong việc kết nối nông dân và doanh nghiệp.....	2
1.1.3 Nhà chế biến và nhà xuất khẩu chủ yếu áp dụng công nghệ trung bình.....	3
1.1.4 Thương mại là động lực thúc đẩy các thực hành xanh và tuần hoàn.....	4
1.1.5 Tăng nhu cầu sản phẩm cà phê bền vững được chứng nhận.....	5
1.1.6 Kinh tế tuần hoàn trong các hiệp định thương mại.....	5
1.2 Thách thức môi trường và khí hậu trong sản xuất cà phê.....	5
1.2.1 Phát sinh chất thải.....	6
1.2.2 Suy thoái đất.....	7
1.2.3 Sử dụng nước quá mức và ô nhiễm nước.....	7
1.2.4 Mất đa dạng sinh học.....	7
1.2.5 Phát thải carbon.....	7
1.3 Kinh tế tuần hoàn trong sản xuất cà phê tại Việt Nam.....	8
1.3.1 Hỗ trợ chính sách.....	9
1.3.2 Áp dụng các thực hành tuần hoàn.....	10
CHƯƠNG 2. PHƯƠNG PHÁP LUẬN	13
2.1 Lựa chọn các mô hình tuần hoàn để đưa vào Sổ tay.....	15
2.2 Khảo sát thực địa và xác thực.....	16
CHƯƠNG 3 HƯỚNG DẪN KỸ THUẬT TRIỂN KHAI MÔ HÌNH TUẦN HOÀN TRONG SẢN XUẤT CÀ PHÊ	17
3.1 Mô hình 1: Xen canh trong canh tác cà phê.....	18
3.1.1 Tổng quan.....	18
3.1.2 Lợi ích.....	20
3.1.3 Các bước kỹ thuật trồng xen canh cây cà phê robusta và cây bơ.....	22
3.1.4 Các bước kỹ thuật trồng xen canh cây cà phê arabica và cây hồng.....	26
3.1.5 Các bước kỹ thuật để tích hợp cây che bóng vào vườn cà phê.....	27
3.2 Mô hình 2: Sản xuất phân hữu cơ từ vỏ cà phê.....	28
3.2.1 Tổng quan.....	28

3.2.2 Lợi ích	29
3.2.3 Các bước kỹ thuật sản xuất phân hữu cơ từ vỏ cà phê	30
3.2.4 Các bước kỹ thuật bón phân làm từ vỏ cà phê	34
3.3 Mô hình 3A: Xử lý nước thải tại các cơ sở chế biến cà phê quy mô nhỏ	34
3.3.1 Tổng quan.....	34
3.3.2 Lợi ích	35
3.3.3 Các bước kỹ thuật để xử lý nước thải tại các cơ sở cà phê quy mô nhỏ	36
3.4 Mô hình 3B: Xử lý nước thải ở các cơ sở chế biến cà phê quy mô lớn.....	39
3.4.1 Tổng quan.....	39
3.4.2 Lợi ích	40
3.4.3 Các bước kỹ thuật xử lý nước thải tại các cơ sở cà phê quy mô lớn.....	41
CHƯƠNG 4. LỢI ÍCH KINH TẾ VÀ MÔI TRƯỜNG CỦA MÔ HÌNH TUẦN HOÀN TRONG SẢN XUẤT CÀ PHÊ	46
4.1 Phân tích chi phí-lợi ích	47
4.1.1 Mô hình 1: Xen canh trong canh tác cà phê	47
4.1.2 Mô hình 2: Sản xuất phân hữu cơ từ vỏ cà phê.....	47
4.1.3 Mô hình 3A & 3B: Xử lý nước thải trong quá trình chế biến cà phê tại các cơ sở quy mô nhỏ và lớn	48
4.2 Phân tích dấu chân carbon	50
4.2.1 Dấu chân carbon của sản xuất cà phê thông thường và tuần hoàn tại Việt Nam.....	50
4.2.2 Dấu chân carbon của chuỗi cung ứng cà phê	51
4.2.3 Dấu chân carbon từ nước thải của quá trình chế biến cà phê.....	52
KẾT LUẬN	53
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	55
PHỤ LỤC 1: PHÂN TÍCH CHI PHÍ - LỢI ÍCH CỦA MÔ HÌNH XEN CANH CÀ PHÊ - BƠ SO VỚI ĐỘC CANH.....	59
PHỤ LỤC 2: PHÂN TÍCH CHI PHÍ - LỢI ÍCH TRÊN MỖI TẤN HẠT CÀ PHÊ CHO MÔ HÌNH XỬ LÝ NƯỚC THẢI	60

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1. Các tiêu chuẩn chứng nhận cà phê bền vững phổ biến.....	3
Bảng 2. Danh sách các chuyên gia chủ chốt được tham vấn	14
Bảng 3. Tiêu chí lựa chọn mô hình KTTH	15
Bảng 4. So sánh các loại cây trồng xen canh với cà phê.....	19
Bảng 5. Các loại cây trồng xen canh với cây cà phê phổ biến.....	20
Bảng 6. Tiêu chí lựa chọn loài xen canh	20
Bảng 7. Chi tiết về liều lượng và lịch bón phân đối với cây cà phê và cây bơ.....	23
Bảng 8. Thời điểm bón và loại phân bón cho 1 ha cà phê trồng xen canh cây bơ.....	24
Bảng 9. Lượng nước tưới và chu kỳ tưới cho cây cà phê và cây bơ.....	24
Bảng 10. Lịch tưới nước theo tháng cho cây cà phê và cây bơ.....	24
Bảng 11. Chi phí sản xuất 1 ha cà phê robusta tại tỉnh Lâm Đồng	47

DANH MỤC HÌNH

Hình 1. Diện tích canh tác và sản lượng cà phê tại Việt Nam (2005 - 2023).....	2
Hình 2. Chuỗi giá trị cà phê ở Việt Nam	3
Hình 3. Khối lượng và giá trị xuất khẩu cà phê của Việt Nam (2015 - 2023)	4
Hình 4. Các giai đoạn sản xuất cà phê và chất thải	6
Hình 5. Dấu chân carbon theo tỉnh, theo nguồn phát thải, Tây Nguyên (kg CO ₂ tđ/kg GBE).....	8
Hình 6. 4 bước kỹ thuật sản xuất phân hữu cơ từ vỏ cà phê.....	30
Hình 7. 5 bước xử lý nước thải trong chế biến cà phê tại các cơ sở quy mô nhỏ	36
Hình 8. Xử lý nước thải tại các cơ sở quy mô nhỏ.....	39
Hình 9. 5 bước xử lý nước thải trong chế biến cà phê.....	41
Hình 10. Xử lý nước thải tại các cơ sở quy mô lớn	43

DANH MỤC ẢNH

Ảnh 1. Vật liệu được sử dụng để ủ phân compost từ cà phê.....	31
Ảnh 2. Hòa tan chế phẩm vi sinh với nước sạch.....	31
Ảnh 3. Lăn lượt cho phân (phân chuồng, phân urê, phân lân, vôi) lên vỏ trấu.....	32
Ảnh 4. Che phủ bạt lên đống phân ủ trong 3 - 4 tuần.....	32
Ảnh 5. Đóng bao phân compost	33
Ảnh 6. Chế phẩm sinh học (EM1).....	37
Ảnh 7. Yêu cầu về bình chứa	37
Ảnh 8. Bóc tách vỏ cà phê.....	38
Ảnh 9. Khu vực ngâm, lên men và rửa.....	38
Ảnh 10. Bể chứa để phân hủy.....	38
Ảnh 11. Sử dụng nước thải đã qua xử lý để tưới cây cà phê.....	38
Ảnh 12. Bể phân hủy kỵ khí biogas	42
Ảnh 13. Biến nước thải thành nhiên liệu sinh học để sấy cà phê hoặc phát điện	42
Ảnh 14. Dùng biogas tạo ra từ quá trình xử lý nước thải để sấy cà phê.....	43
Ảnh 15. Hệ thống xử lý nước thải bằng công nghệ hóa sinh và hóa lý	44

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

AGREINFOS	Trung tâm Thông tin và Dịch vụ Nông nghiệp và Môi trường
ARP	Kế hoạch tái cơ cấu ngành nông nghiệp
BOD	Nhu cầu oxy sinh hóa
KTTH	Kinh tế tuần hoàn
CF	Dấu chân carbon
CGIAR	Nhóm tư vấn nghiên cứu nông nghiệp quốc tế
CIRAD	Trung tâm Hợp tác Quốc tế về Nghiên cứu Phát triển Nông nghiệp của Pháp
COD	Nhu cầu oxy hóa học
CPTPP	Hiệp định Đối tác Toàn diện và Tiến bộ xuyên Thái Bình Dương
SỞ NN&PTNT	Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn
EUDR	Quy định không gây mất rừng của Liên minh Châu Âu
EVFTA	Hiệp định thương mại tự do Việt Nam - EU
FDI	Đầu tư trực tiếp nước ngoài
GBE	Hạt xanh tương đương
GDP	Tổng sản phẩm quốc nội
KNK	Khí nhà kính
GWP	Tiềm năng nóng lên toàn cầu
HRT	Thời gian lưu thủy lực
IPSAE	Viện Chiến lược, Chính sách Nông nghiệp và Môi trường
IRR	Tỷ suất hoàn vốn nội bộ
LPG	Khí dầu mỏ hóa lỏng
BNMT	Bộ Nông nghiệp và Môi trường
BỘ NN&PTNT	Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn
NDC	Đóng góp do quốc gia tự quyết định
NPK	Nitơ, photpho và kali/Đạm, lân, kali
NPV	Giá trị hiện tại ròng
TSS	Tổng chất rắn lơ lửng
UKVFTA	Hiệp định Thương mại Tự do Việt Nam - Vương quốc Anh và Bắc Ailen
UNDP	Chương trình Phát triển Liên Hợp Quốc
VAC	Vườn - ao - chuồng

THUẬT NGỮ

Dấu chân carbon	Dấu chân carbon trong nông nghiệp đề cập đến tổng lượng phát thải trong suốt vòng đời sản xuất, bao gồm phát thải từ sản xuất hóa chất, năng lượng, máy móc, trang thiết bị, v.v. Dấu chân carbon được đo lường bằng đơn vị giống đơn vị của phát thải khí nhà kính và được tính trên mỗi đơn vị sản phẩm (kgCO ₂ tđ/kg sản phẩm).
Xen canh cà phê và nông lâm kết hợp	Xen canh cà phê và nông lâm kết hợp đề cập đến các hệ thống canh tác trong đó cà phê được trồng cùng với các loại cây khác để tăng năng suất, đa dạng sinh học và hiệu suất sử dụng tài nguyên. Các hệ thống này sẽ có các loại cây trồng/các loài cây bổ sung không cạnh tranh với cà phê được chọn để tạo ra tài nguyên thiết yếu và/hoặc cung cấp các chức năng sinh thái. Các loại cây trồng xen canh phổ biến gồm cây ăn quả, cây họ đậu và cây bóng mát, để góp phần cải thiện độ phì nhiêu của đất, tác động đến vi khí hậu, và có tiềm năng cung cấp các dịch vụ hệ sinh thái khác (ví dụ: phòng tránh và quản lý sâu bệnh), từ đó nâng cao tính bền vững và khả năng chống chịu của toàn bộ hệ thống.
Phương pháp chế biến khô (tự nhiên)	Chế biến khô là một trong những quy trình chế biến cà phê lâu đời và cơ bản nhất trong lịch sử, thường được sử dụng để chế biến cà phê với (cà phê robusta). Quy trình này giúp giảm độ ẩm của cà phê xuống còn 10 - 12% bằng cách phơi nắng hoặc dùng máy sấy cơ học.
Phát thải khí nhà kính (KNK)	Lượng phát thải KNK thường được đo bằng tấn carbon dioxide tương đương tCO ₂ tđ), được tính toán dựa trên tiềm năng làm nóng lên toàn cầu (GWP) của lượng khí thải mê-tan và nitơ oxit trên một đơn vị diện tích (hécta/ha) hoặc tấn sản phẩm.
Phương pháp chế biến bán ướt (Pulped natural) (mật ong)	Chế biến bán ướt gồm việc loại bỏ lớp vỏ bên ngoài quả cà phê (tách bỏ cùi vỏ) trước khi sấy khô hạt/nhân. Phương pháp này còn được gọi là “chế biến mật ong” do lượng chất nhầy được giữ lại bên ngoài hạt trước khi sấy. Tuy nhiên, cần sấy khô kỹ sau khi tách bỏ cùi vỏ để đảm bảo chất lượng và tránh nhiễm nấm.
Phương pháp chế biến ướt (washed)	Chế biến ướt là phương pháp chế biến cà phê trong đó tách bỏ cùi vỏ quả cà phê trước, sau đó loại bỏ phần chất nhầy còn lại bằng bước lên men trong các bồn nước. Do đó, phương pháp này đòi hỏi phải sử dụng một lượng nước đáng kể, và nước này cần được xử lý đúng cách trước khi xả ra môi trường để tránh ô nhiễm. Tuy nhiên, phương pháp này thường được ưa chuộng đối với cà phê chèn (cà phê arabica) ở những vùng có nguồn nước dồi dào, vì giúp giảm nguy cơ nhiễm bẩn và cà phê hồng, tạo ra hương vị đồng đều hơn.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả biên soạn cuốn Sổ tay này gồm: TS. Nguyễn Anh Phong, ThS. Tạ Thu Trang, ThS. Nguyễn Thị Hồng Thanh và ông Nguyễn Mạnh Sơn từ Trung tâm Thông tin và Dịch vụ Nông nghiệp và Môi trường (AGREINFOS) thuộc Viện Chiến lược, Chính sách Nông nghiệp và Môi trường (IPSAE), Bộ Nông nghiệp và Môi trường (BNNMT). Cuốn sổ tay cũng tích hợp các ý kiến đóng góp kỹ thuật quan trọng từ bà Morgane Rivoal, ông Đỗ Trọng Hoàn, ông Bùi Văn Minh và bà Hoàng Thị Diệu Linh (UNDP Việt Nam). Các tác giả đặc biệt gửi lời cảm ơn các chuyên gia bình duyệt, Tiến sĩ Benoit Duong (CIRAD) và Tiến sĩ Tosin Somorin (CGIAR). Sổ tay này do Merran Eby (Chuyên gia tư vấn) và Madelyn Rawlyk (UNDP Việt Nam) biên tập, Nguyễn Thị Thái Hòa (UNDP Việt Nam) dàn trang.

Quá trình xây dựng cuốn Sổ tay này dựa trên Bộ công cụ Thực hành - Xây dựng Tính tuần hoàn trong Đóng góp do Quốc gia Tự quyết định (Bộ công cụ CE-NDC), do UNDP, Mạng lưới Một Hành tinh (One Planet Network) của UNEP và Ban Thư ký UNFCCC đồng phát triển. Việt Nam là một trong bảy quốc gia trên toàn thế giới đang triển khai Bộ công cụ CE-NDC. Sổ tay này chủ yếu liên quan đến Giai đoạn 2 trong Bộ công cụ CE-NDC nhằm giúp xác định và lựa chọn các can thiệp tuần hoàn, đồng thời đánh giá tác động giảm nhẹ tiềm năng của các can thiệp đó để cung cấp thông tin đầu vào cho Đánh giá do quốc gia tự quyết định 3.0 (NDC 3.0).

Mục tiêu và Đối tượng sử dụng Sổ tay

Sổ tay này được xây dựng nhằm mục đích trình bày các bằng chứng về các thực hành tốt về các mô hình tuần hoàn và các khuyến nghị có thể áp dụng, để góp phần chuyển đổi ngành cà phê và phù hợp với các mục tiêu khí hậu quốc gia cũng như các cam kết quốc tế về tính bền vững, qua đó hỗ trợ Việt Nam đạt được các mục tiêu về khí hậu của ngành nông nghiệp. Sổ tay này giới thiệu cách áp dụng các nguyên tắc kinh tế tuần hoàn (KTTH) trong sản xuất cà phê, giúp giải quyết những khoảng trống hiện tại bằng cách cung cấp hướng dẫn thực hành và các khuyến nghị dựa trên bằng chứng để triển khai và mở rộng quy mô áp dụng các thực hành tuần hoàn nhằm giảm chất thải, sử dụng tài nguyên tối ưu, và giảm thiểu tác động môi trường trong ngành cà phê.

Đối tượng mục tiêu mà cuốn Sổ tay này hướng đến là các nhà sản xuất, chế biến, xuất khẩu cà phê, hiệp hội doanh nghiệp, Hội Nông dân, hợp tác xã cà phê, tổ chức phi chính phủ, các trường/viện nghiên cứu, trung tâm khuyến nông và các tổ chức cộng đồng, các nhà hoạch định chính sách và các bên liên quan khác trong ngành hàng cà phê có tham gia các hoạt động nông nghiệp bền vững và bảo vệ môi trường. Sổ tay cũng là nguồn tài liệu quý giá cho các nhà nghiên cứu nông nghiệp, các chuyên gia trong ngành, và các tổ chức đang nỗ lực thúc đẩy áp dụng các mô hình kinh tế tuần hoàn trên toàn bộ chuỗi cung ứng nông nghiệp. Sổ tay này cũng được thiết kế để hỗ trợ Bộ Nông nghiệp và Môi trường (BNNMT), chính quyền địa phương và các nhà hoạch định chính sách khác đang nỗ lực tích hợp KTTH vào các chiến lược nông nghiệp.

Về Bộ công cụ CE-NDC

Tính đến năm 2023, chỉ có 28% các bản Đóng góp do Quốc gia Tự quyết định (NDC) đề cập rõ ràng KTTH như một phần trong các biện pháp giảm nhẹ. Tuy nhiên, các cách tiếp cận KTTH có thể góp phần giảm phát thải khí nhà kính (KNK) trong một số tiểu ngành của NDC, tạo ra các cơ hội quan trọng để thúc đẩy tham vọng về khí hậu.

Bộ công cụ CE-NDC được xây dựng để hỗ trợ các quốc gia xác định, thiết lập ưu tiên, triển khai và theo dõi các can thiệp KTTH trong NDC của mình để nâng cao tham vọng và thúc đẩy thực hiện như một phần của quá trình chuyển đổi công bằng và bao trùm. Bộ công cụ có cấu trúc gồm 4 giai đoạn để tận dụng chu trình chính sách của một quốc gia, từ đánh giá lượng phát thải KNK liên quan đến việc sử dụng vật liệu và ưu tiên các ngành/tiểu ngành cho NDC, đến xác định các biện pháp ứng phó chính sách KTTH, xác định các công cụ chính sách, và theo dõi và báo cáo tiến độ trong các Báo cáo Minh bạch Hai năm một lần (BTR) của quốc gia như một phần trong quá trình NDC. Mỗi giai đoạn có một tập hợp các bước và các câu hỏi chính cần xem xét, cũng như các công cụ, nghiên cứu điển hình và bảng kiểm. Ngoài ra tài liệu còn có các ví dụ về cách áp dụng bộ công cụ trong 2 ngành có tác động cao (chất thải thực phẩm và xây dựng).

TÓM TẮT: KẾT QUẢ CHÍNH CỦA NDC 3.0

Sản xuất cà phê giữ vai trò quan trọng trong quá trình phát triển kinh tế - xã hội của Việt Nam, tạo việc làm trực tiếp cho hơn 600.000 nông dân và hỗ trợ hơn 2,6 triệu việc làm. Tuy nhiên, sản xuất cà phê cũng là lĩnh vực thâm dụng tài nguyên và phát thải cao, góp phần đáng kể gây ra phát thải khí nhà kính (KNK) của ngành nông nghiệp.

Năm 2024, tổng diện tích canh tác cà phê tại Việt Nam là 718.000 ha, với sản lượng hơn 1,95 triệu tấn mỗi năm (BNNMT, 2025). Do hầu hết sản lượng cà phê của Việt Nam được chế biến khô, và giả định mỗi kg cà phê nhân xanh tạo ra một lượng vỏ khô gần tương đương, ước tính mỗi năm sẽ tạo ra 1,6 triệu tấn vỏ khô, đây là một nguồn tài nguyên quý giá để làm phân bón chất lượng cao.

Các mô hình kinh tế tuần hoàn (KTTH) trong ngành cà phê có thể đồng thời giảm phát thải, tái chế chất thải, cải thiện sức khỏe đất, và tăng cường khả năng chống chịu với biến đổi khí hậu, như đã được minh chứng tại Tây Nguyên và các tỉnh phía Bắc của Việt Nam. Đã có những ví dụ và các thực hành tốt nhất và cần nhân rộng các ví dụ và thực hành này.

Do đó, Sổ tay này giới thiệu 4 mô hình KTTH tác động cao cho sản xuất cà phê, đã được xác thực qua các cuộc phỏng vấn chuyên gia và các chuyến điều tra thực địa, bao gồm: xen canh cây cà phê với cây bơ, sầu riêng, hồng, tiêu và mắc ca; sản xuất phân hữu cơ từ vỏ cà phê; xử lý nước thải quy mô nhỏ; và xử lý nước thải biogas quy mô lớn. Sổ tay này cung cấp hướng dẫn kỹ thuật thực hiện, và các bước chi tiết cùng hình ảnh minh họa để hướng dẫn người dân và hợp tác xã áp dụng các thực hành này.

Việc áp dụng các mô hình này có thể giảm dấu chân carbon trong quá trình sản xuất cà phê và giảm thiểu ô nhiễm từ chất thải và nước thải, trực tiếp hỗ trợ thực hiện các cam kết khí hậu của Việt Nam. Hơn nữa, các mô hình này có thể nâng cao lợi nhuận của các trang trại nhờ giảm sử dụng phân bón hóa học, tăng năng suất và đa dạng hóa nguồn thu nhập, tăng cường các lợi ích xã hội và môi trường, khuyến khích cộng đồng tham gia tích cực hơn vào quản lý tài nguyên và hệ thống canh tác chống chịu tốt hơn.

Tất cả các mô hình đều mang lại lợi ích kinh tế và môi trường đã được kiểm chứng, ví dụ như:

- **Xen canh cây cà phê với cây bơ, sầu riêng, tiêu, hồng và mắc ca:** Đa dạng hóa thu nhập, tăng khả năng lưu giữ carbon, và tăng giá trị hiện tại ròng (NPV) thêm 57% so với độc canh.
- **Sản xuất phân hữu cơ từ vỏ cà phê:** Biến 45% chất thải từ quả cà phê khô thành phân trộn giàu dinh dưỡng, giảm phụ thuộc vào phân bón hóa học và giảm chi phí.
- **Xử lý nước thải quy mô nhỏ:** Hệ thống sinh học chi phí thấp giúp giảm ô nhiễm từ quá trình chế biến ướt cà phê arabica.
- **Xử lý nước thải biogas quy mô lớn:** Mang lại lợi nhuận cho các nhà máy chế biến, với tỷ suất hoàn vốn nội bộ (IRR) 28 - 34% và NPV lên tới 983 triệu VNĐ trong 15 năm.

Các đánh giá gần đây đã xác định 3 điểm nóng phát thải chính trong sản xuất cà phê xanh của Việt Nam: bón phân đạm trên đất (gây phát thải N_2O), sản xuất phân bón công nghiệp và sử dụng năng lượng từ nhiên liệu hóa thạch trong quá trình canh tác, chế biến và vận chuyển.

Do đó, các ưu tiên giảm nhẹ trong sản xuất cà phê nên gồm:

- Sử dụng tối ưu phân bón bằng công thức dinh dưỡng cải tiến và điều chỉnh tỷ lệ bón để giảm phát thải N_2O .
- Nâng cao hiệu suất năng lượng trên toàn bộ chuỗi cung ứng, từ cơ giới hóa đến chế biến và hậu cần, để giảm phát thải CO_2 .
- Thúc đẩy các mô hình sản xuất bền vững, gồm cả nông lâm kết hợp, năng lượng tái tạo và công nghệ chế biến tác động thấp.

Để giảm nhẹ tác động môi trường do nước thải từ chế biến cà phê gây ra, Sổ tay cũng nêu bật 3 giải pháp thiết thực cho các cơ sở quy mô nhỏ và lớn:

- Xử lý kỵ khí để thu khí mê-tan và chuyển hóa thành khí sinh học (biogas) để dùng làm năng lượng;
- Xử lý sinh học bằng các vi sinh vật hoặc enzyme để giảm nhu cầu oxy sinh hóa (BOD) và nhu cầu oxy hóa học (COD), do đó làm giảm phát thải mê-tan; và
- Hệ thống tái chế nước để giảm lượng nước thải, giảm tải lượng chất hữu cơ, và tăng hiệu suất chế biến.

Các biện pháp này kết hợp lại sẽ giúp giảm ô nhiễm, hạn chế phát thải KNK và cải thiện hiệu suất sử dụng tài nguyên trong quá trình chế biến cà phê.

Các biện pháp này khi được áp dụng sẽ giúp trang trại tăng lợi nhuận nhờ cải thiện hiệu suất sử dụng tài nguyên, giảm chi phí đầu vào và chi phí vận hành trong quá trình chế biến và phân phối, tăng sức hấp dẫn đầu tư và khả năng mở rộng quy mô trồng cà phê thông minh thích ứng với khí hậu, đồng thời góp phần thúc đẩy nông nghiệp phát thải thấp (carbon thấp), có khả năng chống chịu với biến đổi khí hậu, phù hợp với NDC và các cam kết khí hậu toàn cầu của Việt Nam.

Khi kết hợp các lợi ích môi trường với lợi thế kinh tế và xã hội, các mô hình KTTH trong ngành cà phê cho thấy lộ trình thiết thực để thúc đẩy nông nghiệp bền vững và các tham vọng NDC của Việt Nam, đồng thời phù hợp với các động lực thương mại và thị trường. Hơn nữa, các thực hành tuần hoàn trong sản xuất cà phê sẽ hỗ trợ trực tiếp mục tiêu NDC của Việt Nam về giảm phát thải 15,8% không điều kiện và 43,5% nếu có hỗ trợ từ quốc tế vào năm 2030. Sổ tay này cũng góp phần đạt được các mục tiêu trong Quyết định số 540/QĐ-TTg ngày 19 tháng 6 năm 2024 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Chương trình phát triển ứng dụng và chuyển giao khoa học công nghệ nhằm thúc đẩy kinh tế tuần hoàn trong nông nghiệp; và tương thích với các yêu cầu theo Quy định không gây mất rừng của Liên minh Châu Âu (EUDR).



Chương 1

BỒI CẢNH

1.1 Bối cảnh và tình hình sản xuất cà phê ở Việt Nam

Phát triển nông nghiệp đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo nguồn cung lương thực ổn định khi dân số toàn cầu ngày càng gia tăng, việc xóa nghèo cùng cực và thúc đẩy thịnh vượng chung. Nông nghiệp chiếm khoảng 4% tổng sản phẩm quốc nội (GDP) toàn cầu, trong đó một số quốc gia kém phát triển nhất phụ thuộc vào nông nghiệp, và nông nghiệp chiếm hơn 25% GDP của các quốc gia này (Ngân hàng Thế giới, 2020). Tính đến năm 2024, ngành nông, lâm, thủy sản của Việt Nam đóng góp khoảng 11,9% GDP cả nước (Ngân hàng Thế giới, 2024). Tuy nhiên, nông nghiệp là ngành phát thải KNK lớn thứ hai ở Việt Nam, chiếm khoảng 19% tổng lượng phát thải vào năm 2020 (Ngân hàng Thế giới, 2022).

Đóng góp do Quốc gia Tự quyết định (NDC) gần đây nhất của Việt Nam nêu cam kết giảm tổng lượng phát thải KNK 15,8% vô điều kiện và giảm tới 43,5% nếu có hỗ trợ của cộng đồng quốc tế vào năm 2030, so với kịch bản phát triển thông thường (Cộng hòa Xã hội Chủ nghĩa Việt Nam, 2022). Với tỷ trọng đáng kể trong tổng lượng phát thải toàn quốc, ngành nông nghiệp đóng vai trò thiết yếu để đạt được các mục tiêu này. Việc áp dụng các thực hành KTTH (như sử dụng tối ưu sinh khối, tái chế chất thải nông nghiệp và áp dụng các kỹ thuật canh tác bền vững) có thể đóng vai trò then chốt trong việc giảm phát thải, đồng thời tăng cường khả năng chống chịu của ngành trước các tác động của biến đổi khí hậu.

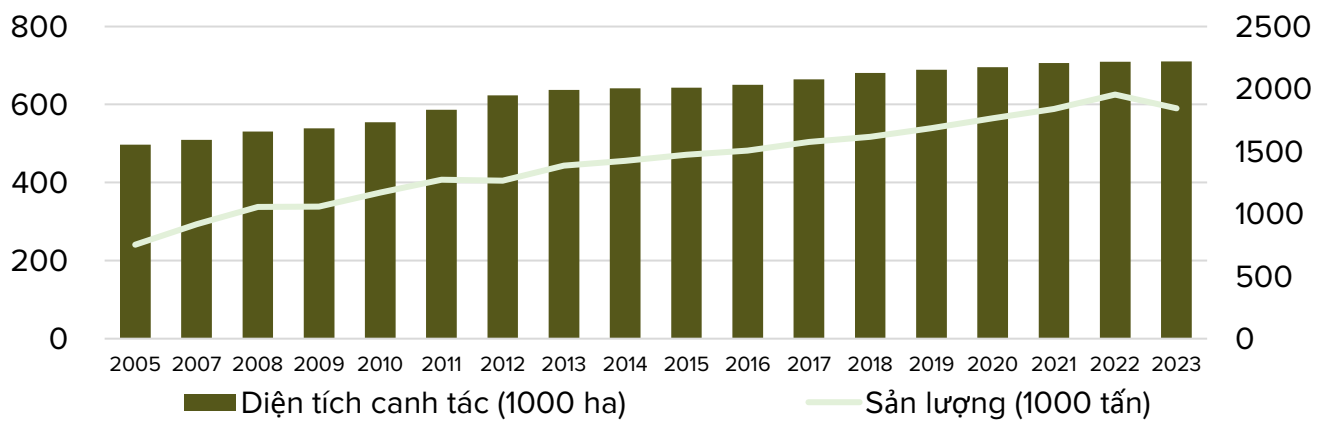
Là một bộ phận của nông nghiệp Việt Nam, ngành hàng cà phê sử dụng 600.000 - 700.000 lao động trực tiếp (Duc và cộng sự, 2021) và khoảng 2 triệu việc làm về chế biến cà phê và dịch vụ hỗ trợ, đóng góp đáng kể và ngày càng nhiều vào quá trình phát triển kinh tế - xã hội của đất nước và chuỗi giá trị cà phê toàn cầu. Mặc dù ngành này có vai trò quan trọng đối với sinh kế và xuất khẩu, nhưng cũng gắn liền với việc sử dụng nhiều phân bón, các thực hành canh tác thâm dụng nước, nguy cơ phá rừng, tạo ra lượng lớn chất thải hữu cơ và nước thải, từ đó dẫn đến thoái hóa đất, ô nhiễm nguồn nước và phát thải KNK.

Việt Nam là quốc gia sản xuất cà phê lớn thứ hai trên thế giới và là quốc gia xuất khẩu cà phê robusta hàng đầu, chiếm 17% sản lượng toàn cầu (USDA, 2025). Chỉ trong niên vụ 2023 - 2024, riêng Việt Nam đã sản xuất khoảng 1,95 triệu tấn cà phê (tương đương 32,6 triệu bao), với kim ngạch xuất khẩu vượt 5 tỷ USD, mức cao nhất từng được ghi nhận (VNS, 2024). Cà phê Việt Nam đã được xuất khẩu sang hơn 80 quốc gia và vùng lãnh thổ, mang về 4,18 tỷ USD vào năm 2023 (BNNMT, 2024). Liên minh châu Âu (EU) là thị trường xuất khẩu cà phê lớn nhất của Việt Nam, chiếm khoảng 41% tổng giá trị xuất khẩu, tiếp theo là Nhật Bản (7,5%), Hoa Kỳ (khoảng 7%), Vương quốc Anh (2,7%) và Hàn Quốc (2,2%) (Cục Hải quan Việt Nam, 2024). Trong tổng sản lượng cà phê của Việt Nam, robusta chiếm 90% và arabica chỉ chiếm 10% (BNNMT, 2024).

Tây Nguyên là vùng sản xuất cà phê robusta lớn nhất Việt Nam, chiếm hơn 95% sản lượng cà phê. Ở miền Bắc, tổng diện tích trồng cà phê của tỉnh Sơn La năm 2023 là 18,8 nghìn ha, chỉ chiếm 2,8% tổng diện tích cà phê nhưng chiếm khoảng 50,3% tổng diện tích cà phê arabica (BNNMT, 2024).

Nhìn chung, chuỗi giá trị cà phê Việt Nam gồm nhiều bên liên quan như nông dân, nhà thu mua, nhà chế biến và nhà xuất khẩu, với đặc trưng là các nhà sản xuất quy mô nhỏ, đại lý thu mua và thương lái địa phương đóng vai trò quan trọng trong việc kết nối nông dân và doanh nghiệp, và áp dụng công nghệ trung bình (medium). Các nội dung này được trình bày chi tiết hơn ở phần sau.

Hình 1. Diện tích canh tác và sản lượng cà phê tại Việt Nam (2005 - 2023)



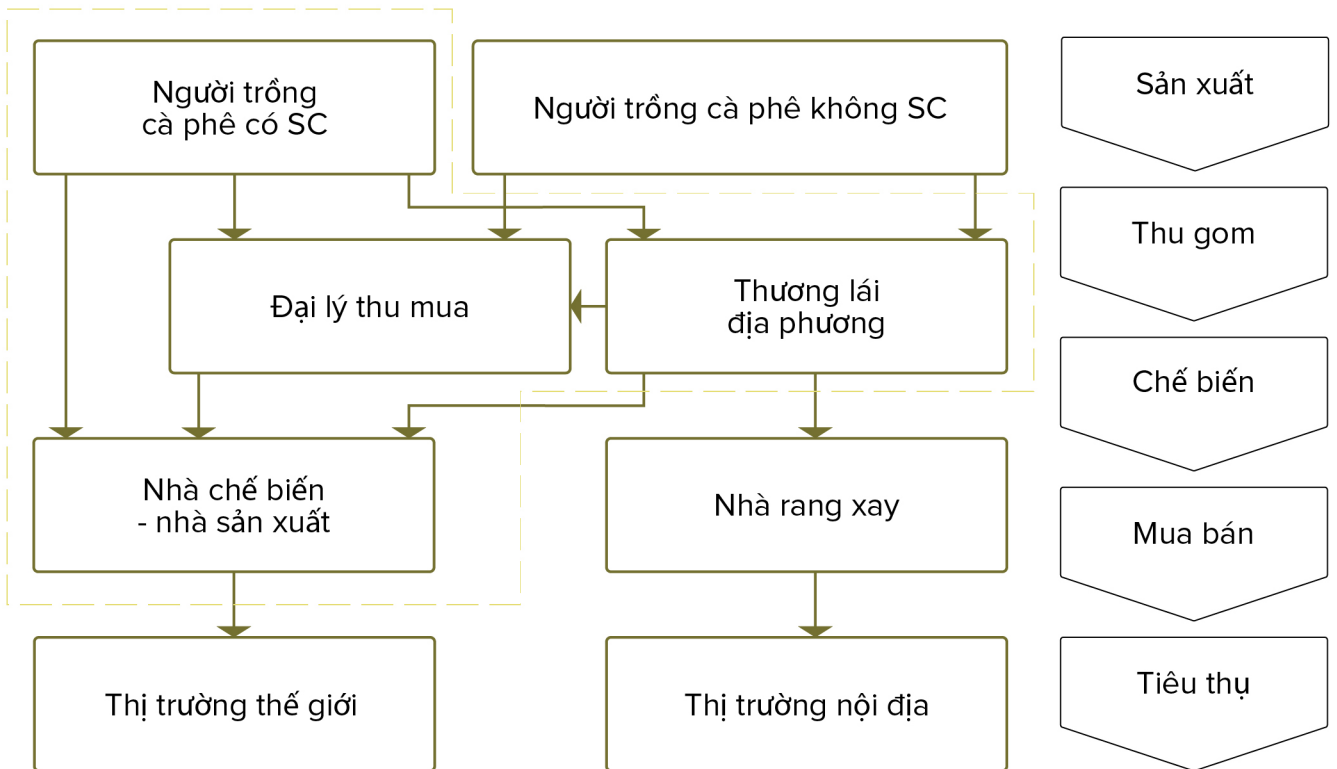
Nguồn: Cơ quan Thống kê quốc gia và BNNMT, 2024

1.1.1 Nông dân chủ yếu là những nhà sản xuất quy mô nhỏ

Ngành cà phê Việt Nam chủ yếu gồm những nông hộ nhỏ trồng cà phê trong các vườn/trang trại có diện tích từ 0,5 - 3,5 ha (IDH, 2021). Hầu hết các hộ đều phơi cà phê sau khi thu hoạch ngoài trời rồi bán cho người thu gom. Mức độ cơ giới hóa của các hộ rất thấp: ít hộ có thể sấy khô cà phê bằng máy, vì máy móc, thiết bị chế biến tại các cơ sở chế biến nhỏ lẻ và trong các hộ thường không ổn định và không phổ biến, nên cà phê sau thu hoạch chủ yếu được phơi ngoài sân. Tuy nhiên, diện tích sân phơi thường không đủ, dẫn đến cà phê phơi quá dày hoặc bị chất đống, gây rủi ro cho quá trình phơi và sơ chế cà phê trong vòng 24 giờ đầu sau thu hoạch. Ngoài ra, công nhân chế biến thường thiếu kinh nghiệm, trình độ tay nghề thấp, ảnh hưởng lớn đến chất lượng cà phê thành phẩm (Hùng Anh & Bokelmann, 2019; IPSARD, 2020).

1.1.2 Các đại lý thu mua và thương lái địa phương đóng vai trò quan trọng trong việc kết nối nông dân và doanh nghiệp

Các đại lý thu mua và thương lái địa phương thu mua và vận chuyển cà phê, bao gồm cả quả và hạt tươi và khô, từ người trồng cà phê đến các doanh nghiệp chế biến và xuất khẩu. Một số người thu mua tư nhân cũng tham gia chế biến, nhưng chỉ ở dạng chế biến khô đơn giản như làm sạch, sấy khô và bóc vỏ/đánh bóng. Các nhà thu gom thường ký hợp đồng với các doanh nghiệp chế biến và xuất khẩu để thu mua hạt cà phê, nhưng rất ít nhà thu gom ký hợp đồng với nông dân trồng cà phê (trừ những người tham gia các chương trình cà phê bền vững). Do đó, nông dân có thể lựa chọn bán cho các đại lý trả giá cao hơn và các đại lý này đôi khi cung cấp vật tư và phân bón cho họ (IPSARD, 2020).

Hình 2. Chuỗi giá trị cà phê ở Việt Nam

Lưu ý: Cà phê SC = cà phê có chứng nhận bền vững
 Nguồn: Hùng Anh & Bokelmann, 2019

1.1.3 Nhà chế biến và nhà xuất khẩu chủ yếu áp dụng công nghệ trung bình

Các doanh nghiệp chế biến và xuất khẩu chủ yếu mua quả và hạt cà phê từ người thu gom để chế biến và bán cho các nhà rang xay lớn. Các doanh nghiệp chế biến chủ yếu áp dụng phương pháp chế biến khô. Họ thường đầu tư hệ thống sấy, máy xay và máy sàng để phân loại hạt theo kích cỡ, tách hạt, sàng lọc tạp chất và đánh bóng hạt. Trong những năm gần đây, các doanh nghiệp đã bắt đầu hợp tác với các đại lý và nông dân để sản xuất và thu mua cà phê theo tiêu chuẩn 4C, UTZ và Rainforest Alliance (xem thêm chi tiết tại Bảng 1). Các doanh nghiệp này tổ chức các khóa đào tạo cho nông dân với sự hỗ trợ của các công ty lớn như Nestlé và Olam Group.

Hiện Việt Nam có khoảng 113 doanh nghiệp chế biến và xuất khẩu cà phê, trong đó 13 doanh nghiệp có vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI). Chỉ có 1/3 số doanh nghiệp có nhà máy chế biến cà phê xanh để xuất khẩu, số còn lại vẫn phải mua cà phê thông qua hệ thống các nhà thu gom và đại lý. Công nghệ trung bình được khoảng 21 doanh nghiệp nhỏ sử dụng, công nghệ trung bình - tiên tiến chiếm 54%, tương đương với 34 doanh nghiệp sử dụng, chủ yếu là công ty nhà nước và công ty trách nhiệm hữu hạn. Tỷ lệ áp dụng công nghệ chế biến tiên tiến là khoảng 12,7%, tương đương với 8 doanh nghiệp. Một số ít doanh nghiệp cũng đã đầu tư vào công nghệ chế biến sâu như Vinacafe, Trung Nguyên và Nescafé (Nhưng, 2022).

Bảng 1. Các tiêu chuẩn chứng nhận cà phê bền vững phổ biến

Tiêu chuẩn	Nguồn gốc	Yêu cầu chứng nhận
4C (Quy tắc chung của Cộng đồng Cà phê)	Công ty 4C Services GmbH (4C).	Tuân thủ “Bộ quy tắc ứng xử” 4C, gồm các khía cạnh kinh tế, xã hội và môi trường nhằm thúc đẩy quyền lao động và các thực hành bền vững.
UTZ (Được chứng nhận UTZ)	Quỹ Utz Foundation	Tuân thủ “Bộ quy tắc ứng xử” UTZ bao gồm quyền lao động, bảo vệ môi trường và quản lý chất lượng.

Rainforest Alliance (Liên minh Rừng mưa)	Rainforest Alliance and the Sustainable Action Network (SAN)	Must meet standards for protecting wildlife, water and ecosystem conservation, soil and integrated pest management, and fair treatment of workers.
	Liên minh Rainforest Alliance và Mạng lưới Hành động Bền vững (SAN)	Phải đáp ứng các tiêu chuẩn về bảo vệ động thực vật hoang dã, bảo tồn nước và hệ sinh thái, quản lý đất và dịch hại tổng hợp, và đối xử công bằng với người lao động.
Fair Trade (Thương mại công bằng)	Quỹ Fair Trade	Xác nhận mức giá công bằng cho người sản xuất cà phê quy mô nhỏ và các hợp tác xã của họ, gồm các tiêu chuẩn về quyền con người và bảo vệ môi trường để giảm thiểu ô nhiễm và đảm bảo an toàn cho người lao động.

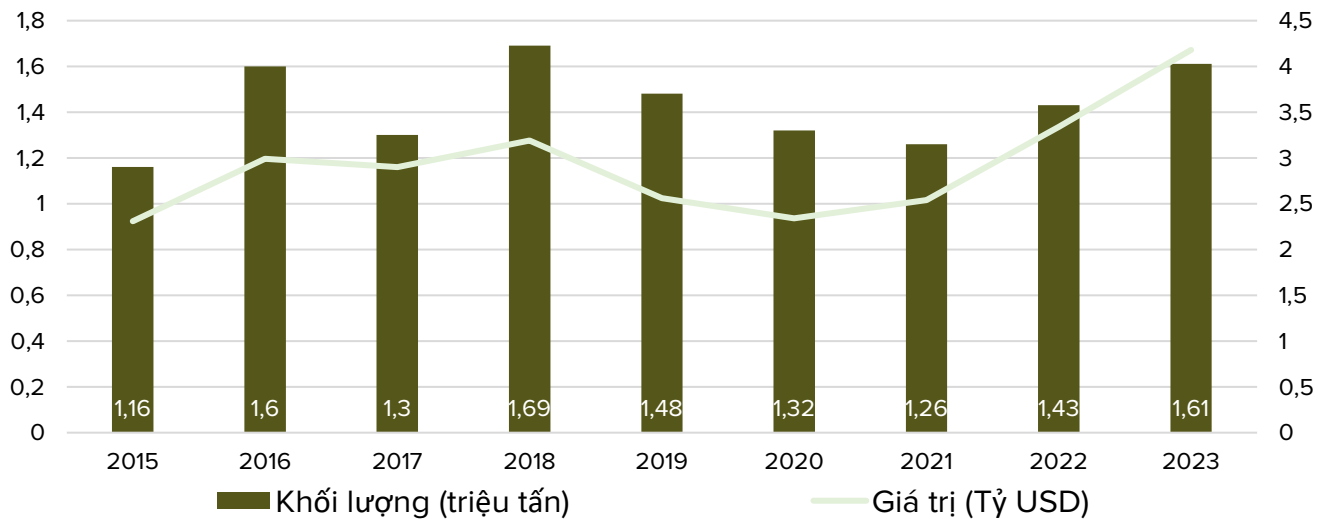
Nguồn: Lazaro và cộng sự, (2008); 4C Services GmbH (2020); Fair Trade International (2025)

Kênh phổ biến nhất của chuỗi giá trị cà phê tại Việt Nam là từ nông dân đến các đại lý thu mua và thương lái địa phương, sau đó đến các doanh nghiệp chế biến và xuất khẩu, chiếm khoảng 60% tổng sản lượng cà phê. Việc liên hệ, kể nối trực tiếp giữa nông dân và doanh nghiệp vẫn còn hạn chế. Với lợi thế gần vùng canh tác, nguồn lực sẵn có, và có thể trả tiền mặt hoặc tạm ứng trước tiền vật tư cho nông dân, các đại lý thu mua hầu hết hạt cà phê của người dân. Ngoài ra, các đại lý thu mua này còn giúp tổ chức các đợt tập huấn về kỹ thuật trồng trọt và theo dõi cà phê, đồng thời hỗ trợ kỹ thuật để giúp nông dân tuân thủ các tiêu chuẩn bền vững. Do đó, nhiều nông dân trồng cà phê bán hạt cà phê của họ qua đại lý thu mua. Chỉ một tỷ lệ nhỏ nông hộ bán trực tiếp cho các doanh nghiệp: thường là những hộ có sản lượng lớn, chất lượng cà phê đồng đều, và tuân thủ các tiêu chuẩn kỹ thuật và an toàn bắt buộc.

1.1.4 Thương mại là động lực thúc đẩy các thực hành xanh và tuần hoàn

Thương mại cà phê phát triển sẽ dẫn tới tăng áp lực về áp dụng các thực hành bền vững và thân thiện với môi trường, đặc biệt là trong bối cảnh tác động của biến đổi khí hậu và nhu cầu phát triển nông nghiệp bền vững (BNNMT, 2023). Trong những năm gần đây, các thực hành canh tác xanh, tuần hoàn, tập trung giảm chất thải, tái sử dụng tài nguyên, và giảm thiểu tác động môi trường, đã nổi lên như những động lực chính để phát triển nông nghiệp bền vững trong ngành cà phê Việt Nam.

Hình 3. Khối lượng và giá trị xuất khẩu cà phê của Việt Nam (2015 - 2023)



Source: BNNMT và Cục Hải quan Việt Nam, 2024

1.1.5 Tăng nhu cầu sản phẩm cà phê bền vững được chứng nhận

Với nhận thức ngày càng tăng về vai trò quan trọng của an toàn thực phẩm và suy thoái môi trường, nhu cầu cà phê sản xuất bền vững trên toàn cầu đang gia tăng. Người mua, nhà rang xay và người tiêu dùng cà phê quốc tế đang ngày càng quan tâm đến tính bền vững của chuỗi cung ứng. Các chứng nhận như 4C, Fair Trade (Thương mại công bằng), UTZ, Rainforest Alliance (Liên minh rừng mưa) và chứng nhận hữu cơ đã thúc đẩy các nhà sản xuất cà phê Việt Nam áp dụng các thực hành canh tác xanh hơn để đáp ứng nhu cầu thị trường. Người tiêu dùng trong nước và quốc tế sẵn sàng trả giá cao hơn cho các sản phẩm cà phê được chứng nhận sản xuất theo phương pháp bền vững, việc này đang tạo động lực khuyến khích các nhà sản xuất áp dụng các thực hành canh tác xanh, tuần hoàn, tác động đến việc áp dụng nông nghiệp bền vững tại Việt Nam.

1.1.6 Kinh tế tuần hoàn trong các hiệp định thương mại

KTTH đã trở thành một con đường quan trọng để phát triển kinh tế dựa vào nông nghiệp và cân bằng giữa tăng trưởng kinh tế với môi trường bền vững, và sự phù hợp của KTTH ngày càng được phản ánh nhiều hơn trong các chính sách thương mại toàn cầu. Nhiều hiệp định thương mại hiện đại có nêu các cam kết về phát triển bền vững, bảo vệ môi trường và thích ứng với biến đổi khí hậu, đây là những nguyên tắc cốt lõi phù hợp với các thực hành KTTH. Đối với ngành hàng cà phê của Việt Nam, Hiệp định Thương mại Tự do Việt Nam - EU (EVFTA) năm 2019 có ý nghĩa đặc biệt quan trọng. EVFTA mang lại các ưu đãi về tiếp cận thị trường, đồng thời cũng buộc Việt Nam phải đáp ứng các tiêu chuẩn cao hơn về môi trường và tính bền vững. Những yêu cầu này vừa là thách thức, vừa là cơ hội để các nhà sản xuất cà phê Việt Nam áp dụng các mô hình KTTH (như tái chế chất thải, sử dụng bao bì bền vững và năng lượng tái tạo) để duy trì sức cạnh tranh trên thị trường. Ngoài EVFTA, các hiệp định thương mại khác như Hiệp định Đối tác Toàn diện và Tiến bộ xuyên Thái Bình Dương (CPTPP) năm 2016 và Hiệp định Thương mại Tự do Việt Nam - Vương quốc Anh và Bắc Ailen (UKVFTA) năm 2019 tiếp tục nhấn mạnh việc chuyển dịch thương mại quốc tế theo hướng bền vững.

Các hiệp định này có các điều khoản khuyến khích hợp tác về môi trường, thúc đẩy nông nghiệp bền vững và ngăn chặn các thực hành có hại như phá rừng và sử dụng hóa chất quá mức. Khi các nhà nhập khẩu lớn ngày càng coi trọng tính minh bạch, khả năng truy xuất nguồn gốc và trách nhiệm giải trình về môi trường, thì việc tích hợp các nguyên tắc KTTH vào toàn bộ chuỗi giá trị cà phê không chỉ là một sáng kiến chính sách, mà còn là một yêu cầu cần thiết từ thị trường.

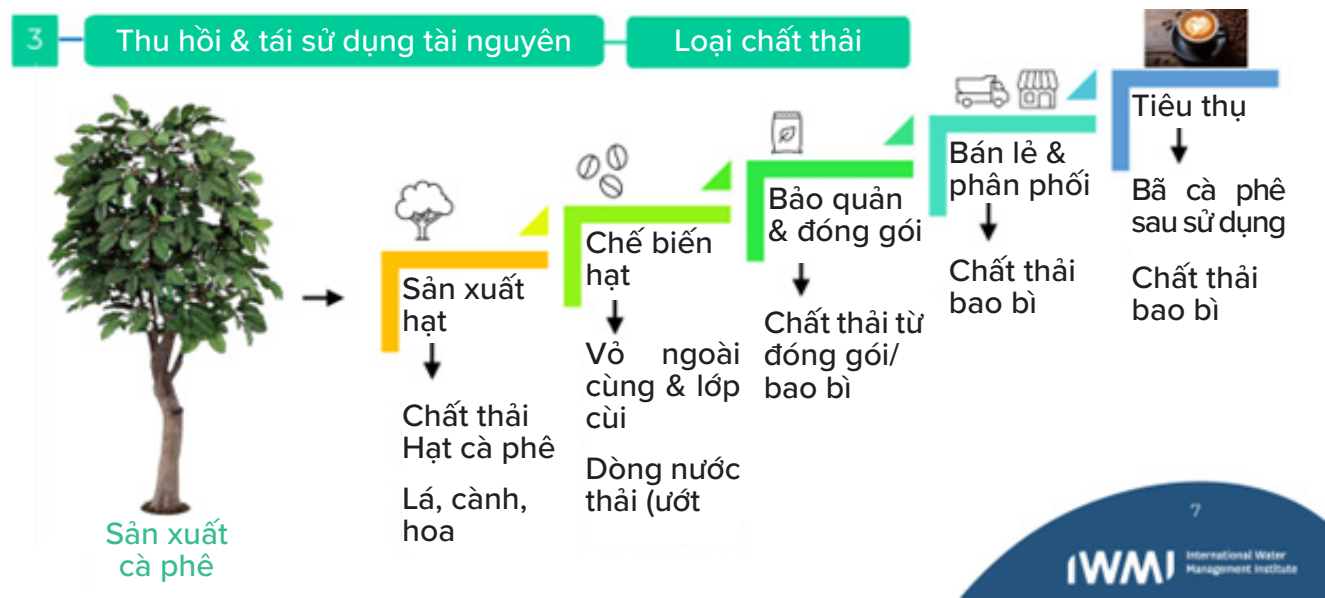
Năm 2023, Liên minh châu Âu (EU), thị trường lớn nhất của cà phê Việt Nam, đã ban hành Quy định không gây mất rừng (EUDR), nhằm hạn chế nạn phá rừng toàn cầu. EUDR cấm đưa một số mặt hàng nhất định, trong đó có cà phê, vào thị trường EU trừ khi việc sản xuất các sản phẩm này không góp phần gây ra nạn phá rừng hoặc suy thoái rừng (ví dụ: sản phẩm và nguyên liệu đầu vào làm ra các sản phẩm đó không được sản xuất trên đất đã bị phá rừng kể từ năm 2020) (Ủy ban Châu Âu, 2025). Mặc dù EUDR không yêu cầu rõ về các thực hành KTTH, nhưng việc nhấn mạnh vào khả năng truy xuất nguồn gốc và các thực hành tìm nguồn cung ứng bền vững của quy định này có liên hệ mật thiết với các mục tiêu của KTTH. Để tiếp cận tốt nhất thị trường này, các nhà sản xuất cà phê tại Việt Nam cần cải thiện tác động môi trường của họ, tập trung ngăn chặn nạn phá rừng, nâng cao hiệu suất sử dụng đầu vào, tăng cường đa dạng sinh học và cải thiện quản lý đất.

1.2 Thách thức môi trường và khí hậu trong sản xuất cà phê

Canh tác cà phê tại Việt Nam hiện đang gây tác hại môi trường nghiêm trọng, gồm suy thoái

đất, khan hiếm nước, phá rừng và mất đa dạng sinh học. Tại nhiều vùng trồng cà phê, việc lạm dụng phân hóa học và thuốc trừ sâu đã làm mất độ phì nhiêu của đất, gia tăng xói mòn đất, cũng như ô nhiễm đất và nước (Hồng, T 2024). Ngoài ra, phương pháp sản xuất thâm canh và biến đổi khí hậu đã dẫn đến tình trạng thiếu nước trầm trọng ở các vùng trồng cà phê chính như Tây Nguyên và một số tỉnh Tây Bắc, gây ảnh hưởng tiêu cực trực tiếp đến năng suất cà phê và làm tăng chi phí sản xuất. Hơn nữa, việc mở rộng diện tích trồng cà phê tại Việt Nam đang góp phần phá hủy môi trường sống và mất đa dạng sinh học.

Hình 4. Các giai đoạn sản xuất cà phê và chất thải



Nguồn: IWM, 2023 (trích dẫn từ Bài trình bày tại Hội thảo)

1.2.1 Phát sinh chất thải

Ở Việt Nam, quá trình chế biến nhân cà phê tạo ra một lượng lớn phụ phẩm, chủ yếu là vỏ cà phê (husk), chiếm 45% trọng lượng quả khô (quy trình sấy khô), tương đương 0,9 tấn vỏ trên 1 tấn hạt khô. Ngược lại, quy trình chế biến ướt (chủ yếu dùng cho arabica) có thể tạo ra tới 2,5 - 3,5 tấn cùi (pulp) tươi và chất nhầy, cùng với 40 - 45 m³ nước thải trên 1 tấn hạt cà phê khô (Gil-Gómez và cộng sự, 2024; Santos và cộng sự, 2021; Serna-Jiménez và cộng sự, 2022). Quá trình canh tác cà phê tại các trang trại cũng tạo ra một lượng chất thải đáng kể, gồm cả lá, cành và nhánh cây cắt tỉa (Gil-Gómez và cộng sự, 2024; Mendoza Martinez và cộng sự, 2019).

Nhận thức về bảo vệ môi trường của các nhà sản xuất và cơ sở chế biến cà phê còn hạn chế, vì vậy họ thường xả chất thải trực tiếp ra môi trường, gây ô nhiễm nguồn nước và các tài nguyên tự nhiên khác (Nguyễn Thị Hồng Minh và cộng sự, 2021). Tuy nhiên, lượng chất thải có thể được coi là sinh khối chưa được sử dụng hết. Ước tính một tấn quả cà phê tươi sẽ lần lượt tạo ra khoảng 200 và 220 kg hạt cà phê xanh arabica và robusta (Wintgens, 2004). Quá trình chế biến cà phê tạo ra hơn 40 triệu tấn sinh khối mỗi năm (C4CEC, 2023), đây là một nguồn tài nguyên khá lớn để áp dụng các giải pháp KTTH. Các phụ phẩm này giàu vật liệu hợp chất hữu cơ lignocellulose và các hợp chất hoạt tính sinh học, mang lại cơ hội đáng kể cho các sáng kiến KTTH, gồm ủ phân compost và tạo ra các sản phẩm có giá trị gia tăng như nhiên liệu sinh học, than sinh học và trà cà phê (trà cascara) (Hoseini và cộng sự, 2021; Heeger và cộng sự, 2017).

Mặc dù có tiềm năng, nhưng phần lớn lượng sinh khối này vẫn chưa được sử dụng hết, điều này nhấn mạnh sự cần thiết phải cải thiện quản lý chất thải và các chiến lược định giá trong ngành cà phê của Việt Nam.

1.2.2 Suy thoái đất

Quá trình thâm canh cà phê trong nhiều năm, đặc biệt là ở Tây Nguyên, đã dẫn đến suy thoái đất. Người dân thường phụ thuộc nhiều vào phân bón hóa học và thuốc trừ sâu, làm suy giảm chất lượng đất theo thời gian và làm giảm sức khỏe của đất thông qua quá trình axit hóa và gia tăng tỷ lệ sâu bệnh (Nguyễn, 2017; Wiryadiputra & Trần, 2008). Xói mòn đất cũng là một mối quan ngại, đặc biệt đối với các diện tích đất đồi trồng cà phê, vì việc loại bỏ thảm thực vật để canh tác và các thực hành quản lý đất kém đã làm mất lớp đất mặt. Hơn nữa, việc canh tác độc canh cây cà phê (chỉ một loại cây trồng trên một cánh đồng) cũng có thể làm cạn kiệt chất dinh dưỡng trong đất, làm đất giảm độ phì nhiêu. Nhìn chung, đất giảm độ phì nhiêu và mất lớp đất mặt có thể dẫn đến giảm năng suất nông nghiệp, tăng ô nhiễm nước từ dòng chảy trầm tích, tăng nguy cơ sạt lở đất và lũ lụt, và theo thời gian dẫn tới sa mạc hóa, khiến suy thoái đất trở thành một quan ngại môi trường đáng kể đối với sản xuất cà phê (Somorin, 2023).

1.2.3 Sử dụng nước quá mức và ô nhiễm nước

Tăng diện tích trồng cà phê gây hại đến việc bảo tồn nước do cả quá trình sản xuất và chế biến cà phê sử dụng một lượng lớn nước. Cây cà phê cần từ 300 - 400 lít nước cho mỗi cây/vòng tưới (khoảng 600 - 1.200 m³/ha). Nhiều nông dân trồng cà phê khoan giếng để lấy nước tưới cà phê, tạo ra các dòng chảy ổn định vào các giếng, và làm cạn kiệt nước ngầm do khai thác quá mức (D'haeze, 2020, 2019; Riddell, 2019). Công đoạn chế biến cà phê cũng cần rất nhiều nước, đặc biệt là chế biến ướt, khá tốn kém và thường chỉ được sử dụng với hạt cà phê arabica chất lượng cao. Vào mùa thu hoạch, việc chế biến cà phê gây ô nhiễm nguồn nước, cả nước mặt và nước ngầm (Đức và cộng sự, 2021).

1.2.4 Mất đa dạng sinh học

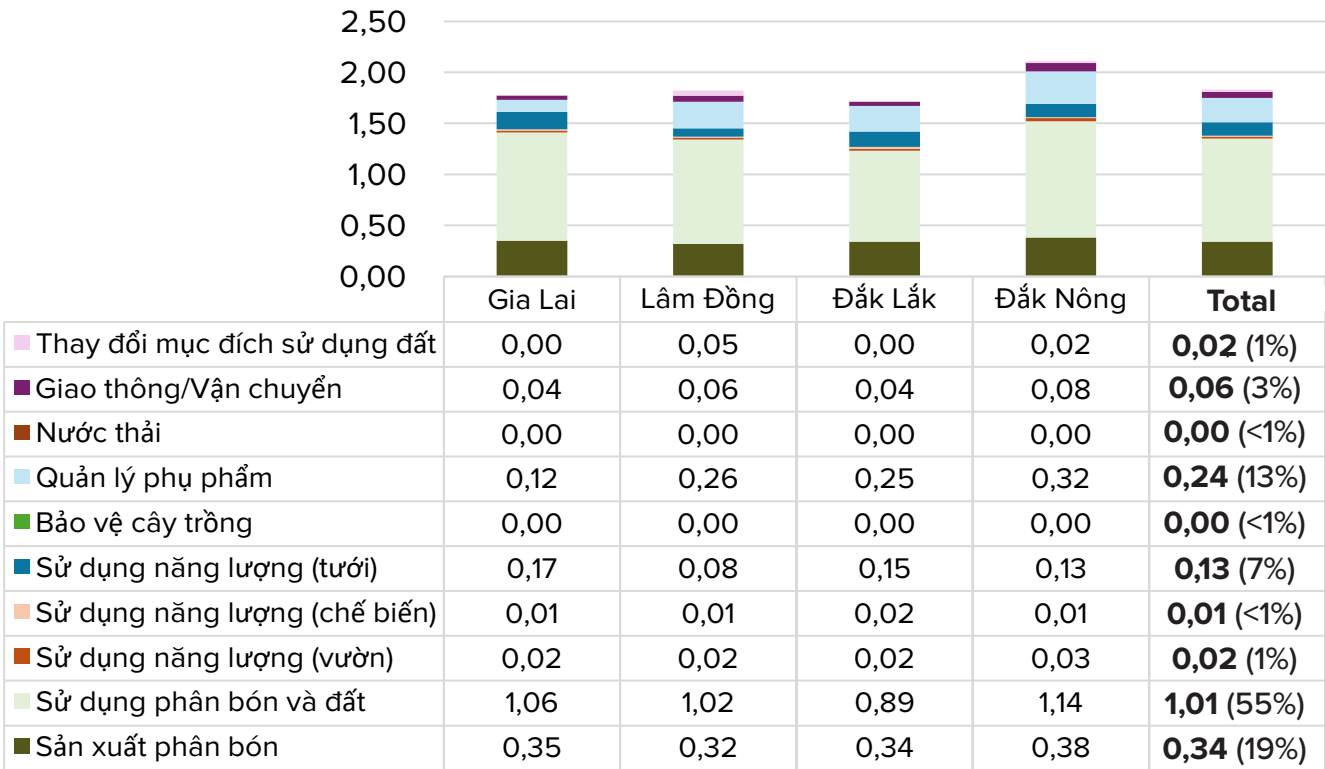
Nhu cầu cà phê tăng lên sẽ tạo ra áp lực mở rộng diện tích đồn điền cà phê, dẫn đến nạn phá rừng, đặc biệt là ở Tây Nguyên – thủ phủ của hầu hết các trang trại cà phê. Trước năm 2010, một trong những lý do chính dẫn đến suy giảm rừng ở Việt Nam là việc khai hoang đất để trồng cây công nghiệp như cà phê (Nguyễn Thị Hồng Minh và cộng sự, 2021). Điều này không chỉ làm giảm đa dạng sinh học, mà còn góp phần gây ra biến đổi khí hậu khi giải phóng carbon được lưu giữ trong cây. Hơn nữa, khi chuyển sang trồng cà phê, các hệ sinh thái đa dạng thường sẽ bị thay thế bằng các loại cây trồng đơn loài (tức là độc canh), làm giảm đa dạng sinh học của khu vực, khiến cây trồng dễ bị sâu bệnh hơn, điều này có thể đe dọa sức khỏe của cây cà phê. Theo Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (Sở NN&PTNT) (nay là Sở Nông nghiệp và Môi trường) tỉnh Lâm Đồng, trong những năm gần đây, tình trạng phá rừng để làm đồn điền cà phê ở Tây Nguyên hiếm khi xảy ra, nhưng diện tích đã bị thay thế thành cây cà phê trước đây vẫn chưa được phục hồi lại thành rừng.

1.2.5 Phát thải carbon

Việc trồng và sản xuất cà phê cũng có thể gây hại cho môi trường do thải ra một lượng lớn KNK, như mê-tan, carbon dioxide và chlorofluorocarbon. Quá trình này xảy ra trong tất cả các công đoạn sản xuất và chế biến cà phê. Theo khảo sát năm 2019 của Tổ chức Sáng kiến Thương mại Bền vững (IDH), tổng lượng phát thải từ hoạt động sản xuất cà phê robusta ở cấp độ trang trại tại tỉnh Lâm Đồng và Đắk Lắk là xấp xỉ 1,39 tCO₂đ trên một tấn hạt cà phê khô (sau khi trừ đi lượng lưu giữ carbon). Trong các nghiên cứu gần đây hơn, lượng phát thải carbon (chưa trừ lượng lưu giữ carbon) ước tính là 1,83 tCO₂đ trên một tấn hạt xanh tương đương (GBE) ở tỉnh Lâm Đồng, và 3,85, 2,65 và 2,58 tCO₂đ trên một tấn Hạt xanh tương đương (GBE) lần lượt từ các hệ thống độc canh, xen canh với mức độ đa dạng trung bình và xen canh với mức độ đa dạng cao ở tỉnh Đắk Lắk (Enveritas, 2023; Kuit và cộng sự, 2020).

Trong sản xuất cà phê ở Việt Nam, phân bón là tác nhân lớn nhất gây phát thải carbon, tiếp theo là sử dụng năng lượng. Trung bình, 73 - 83% tổng lượng phát thải là do sử dụng phân bón, 8 - 27% do sử dụng năng lượng và 13% do quản lý phụ phẩm (Enveritas, 2023; Kuit và cộng sự, 2020; IDH, 2025). Mức độ sử dụng phân bón khá ổn định từ năm này sang năm khác, nhưng mức tiêu thụ năng lượng thay đổi theo lượng mưa trong giai đoạn cà phê ra hoa. Khi lượng mưa thấp hơn bình thường, mức sử dụng năng lượng tăng lên do nông dân tăng lượng nước tưới tiêu. Các nguồn phát thải khác, như thuốc trừ sâu, không đáng kể và tạo ra khoảng 2 kg CO₂td trên mỗi tấn cà phê. Dấu chân carbon từ sản xuất cà phê thay đổi đáng kể khi áp dụng các thực hành thông thường và thực hành bền vững, nội dung này được mô tả chi tiết hơn trong Phần 4.2.

Hình 5. Dấu chân carbon theo tỉnh, theo nguồn phát thải, Tây Nguyên (kg CO₂td/kg GBE)



Nguồn: Enveritas, 2023

1.3 Kinh tế tuần hoàn trong sản xuất cà phê tại Việt Nam

Khái niệm KTTH được Pearce và Turner chính thức giới thiệu lần đầu tiên vào năm 1990, họ đã chỉ trích mô hình kinh tế tuyến tính vì coi môi trường chỉ là nơi chứa chất thải. Họ đề xuất một hệ thống tuần hoàn khép kín, coi Trái Đất như một hệ thống kết nối, nơi dòng vật chất phải tuần hoàn, hỗ trợ cả tăng trưởng kinh tế và môi trường bền vững. Dựa trên nền tảng này, vào năm 2013, Quỹ Ellen MacArthur Foundation đã định nghĩa KTTH là “là một hệ thống có tính khôi phục và tái tạo thông qua các kế hoạch và thiết kế chủ động”. Cách tiếp cận này thay thế khái niệm “kết thúc vòng đời” truyền thống bằng khái niệm “phục hồi (restoration)”, nhấn mạnh năng lượng tái tạo, và hướng tới loại bỏ các vật tư đầu vào độc hại, đồng thời giảm thiểu chất thải qua việc thiết kế thông minh hơn về nguyên vật liệu, sản phẩm, hệ thống và mô hình kinh doanh. KTTH gồm khái niệm 3R (giảm thiểu, tái sử dụng và tái chế) với việc biến chất thải thành tài nguyên có giá trị, đối lập với mô hình tuyến tính “khai thác - sản xuất - tiêu thụ - thải bỏ” và thúc đẩy hệ thống sản xuất có thể biến chất thải thành đầu vào để sử dụng tiếp. Những tiến bộ công nghệ hiện tại đã đẩy nhanh việc áp dụng các thực hành KTTH, và khiến chúng phù hợp hơn trong các lĩnh vực kinh tế và xã hội.

Trong những năm gần đây, nhiều mô hình và thực hành tuần hoàn đã được áp dụng trong ngành cà phê trên toàn cầu, gồm cả các cách tiếp cận cảnh quan và mô hình nông lâm kết hợp

- tích hợp canh tác cà phê với các loại cây trồng khác (ví dụ: cây ăn quả hoặc cây lấy gỗ); mô hình canh tác hữu cơ và ủ phân compost - tránh/giảm sử dụng phân bón tổng hợp và thuốc trừ sâu đồng thời tái chế chất thải hữu cơ; hệ thống tái sử dụng nước và quản lý nước thải trong chế biến cà phê; sản xuất năng lượng sinh học từ các phụ phẩm cà phê như vỏ và cùi; và sử dụng năng lượng tái tạo trong chế biến và rang cà phê, gồm cả năng lượng mặt trời, gió và các nguồn năng lượng tái tạo khác. Cần tổng hợp, biên soạn và phổ biến các thực hành tốt này để nâng cao nhận thức, nâng cao năng lực và mở rộng quy mô các mô hình KTTH trên khắp Việt Nam.

1.3.1 Hỗ trợ chính sách

Mặc dù KTTH mới phát triển trong những thập kỷ gần đây, điều đáng chú ý là tính tuần hoàn trong nông nghiệp không phải là một khái niệm mới ở Việt Nam. Một ví dụ đã có từ lâu là mô hình vườn - ao - chuồng (VAC): một hệ thống canh tác tích hợp thể hiện các nguyên tắc tuần hoàn bằng cách liên kết trồng trọt, nuôi trồng thủy sản và chăn nuôi trong một chu trình khép kín. Chất thải hữu cơ từ một hoạt động thành phần của mô hình này là vật liệu đầu vào cho một hoạt động thành phần khác, từ đó nâng cao hiệu suất sử dụng tài nguyên, giảm ô nhiễm môi trường và thúc đẩy sinh kế bền vững. Mô hình VAC là tri thức truyền thống của Việt Nam, mang lại những thông tin giá trị rằng các nguyên tắc KTTH vốn đã đang được áp dụng từ trước khi được chính thức khái niệm trên toàn cầu.

Ngày nay, tại Việt Nam, khái niệm KTTH được định nghĩa chính thức tại Điều 142 của Luật Bảo vệ Môi trường (sửa đổi) số 72/2020/QH14: Kinh tế tuần hoàn là mô hình kinh tế “trong đó các hoạt động thiết kế, sản xuất, tiêu dùng và dịch vụ nhằm giảm khai thác nguyên liệu, vật liệu, kéo dài vòng đời sản phẩm, hạn chế chất thải phát sinh và giảm thiểu tác động xấu đến môi trường.” (Điều 142.1).

Chính phủ Việt Nam đang khuyến khích các thực hành tuần hoàn nhằm thúc đẩy quá trình chuyển đổi theo hướng nông nghiệp bền vững, được thể hiện trong các khuôn khổ chính sách cập nhật gần đây. Ví dụ:

- Để chính thức hóa quá trình chuyển dịch sang KTTH, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 687/QĐ-TTg ngày 7 tháng 6 năm 2022, phê duyệt Đề án Phát triển kinh tế tuần hoàn ở Việt Nam. Bộ Nông nghiệp và Môi trường (BNNMT), trước đây là Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (NN&PTNT), được giao nhiệm vụ xây dựng khung pháp lý và thể chế hỗ trợ triển khai các mô hình KTTH trong nông nghiệp và phát triển nông thôn, các mô hình này ngày càng được lồng ghép nhiều hơn vào các chiến lược phát triển kinh tế - xã hội quốc gia, chính sách ngành và kế hoạch hành động địa phương.
- Chiến lược phát triển nông nghiệp và nông thôn bền vững giai đoạn 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 (Quyết định số 150/QĐ-TTg) xác định KTTH là giải pháp then chốt để nâng cao giá trị gia tăng và nông nghiệp bền vững. Chiến lược này tích hợp các mục tiêu kinh tế, môi trường và xã hội, đồng thời thúc đẩy khả năng chống chịu với biến đổi khí hậu.
- Quyết định số 540/QĐ-TTg (ngày 19 tháng 6 năm 2024) đã phê duyệt Đề án Phát triển khoa học ứng dụng, chuyển giao công nghệ thúc đẩy kinh tế tuần hoàn trong nông nghiệp đến năm 2030, tập trung tăng cường tái chế và tái sử dụng phụ phẩm nông nghiệp, thúc đẩy đổi mới sáng tạo và tạo điều kiện nhân rộng các thực hành KTTH trên toàn ngành. Môi trường chính sách đang phát triển này tạo nền tảng vững chắc và giao nhiệm vụ tích hợp các hướng dẫn KTTH trong ngành hàng cà phê để phù hợp với thực tiễn và tạo sự hỗ trợ về thể chế để triển khai.

Điều quan trọng là các thực hành KTTH trong ngành cà phê Việt Nam rất phù hợp với NDC của quốc gia, đặc biệt là các mục tiêu về giảm phát thải KNK, thúc đẩy nông nghiệp carbon thấp và chống chịu với biến đổi khí hậu. Việc tích hợp các mô hình nông nghiệp tuần hoàn như tái chế

chất thải, nông lâm kết hợp và sử dụng năng lượng tái tạo vào chuỗi giá trị cà phê không chỉ góp phần trực tiếp giảm phát thải mà còn tăng cường năng lực thích ứng ở các vùng dễ bị tổn thương do biến đổi khí hậu như Tây Nguyên. Những thực hành này, nếu được nhân rộng, có thể được theo dõi và báo cáo một cách có hệ thống qua hệ thống quốc gia về đo lường, báo cáo và xác minh nhằm hỗ trợ việc thực hiện NDC của Việt Nam.

Tuy nhiên, vẫn còn khoảng trống lớn trong việc mở rộng quy mô áp dụng các mô hình đã được kiểm chứng, tạo điều kiện cho người dân tiếp cận tài chính và công nghệ, kết nối các sáng kiến địa phương với các khung báo cáo quốc gia. Sổ tay này góp phần giải quyết những khoảng trống này bằng cách cung cấp bằng chứng thực tiễn về các thực hành tuần hoàn, và đưa ra các khuyến nghị có thể hành động được để điều chỉnh quá trình chuyển đổi ngành cà phê phù hợp với các mục tiêu khí hậu quốc gia và các cam kết quốc tế về tính bền vững.

1.3.2 Áp dụng các thực hành tuần hoàn

Tại Việt Nam, chất thải chính từ quá trình sản xuất cà phê gồm vỏ ngoài (husk) (quả khô (dry fruit) và vỏ giữa/vỏ trấu (parchment) từ quá trình chế biến khô, cũng như lớp cùi/thịt quả (pulp), chất nhầy và nước thải từ quá trình chế biến ướt. Những phụ phẩm này có thể được chuyển đổi thành phân ủ compost hoặc phân hữu cơ, than sinh học, khí sinh học và nhiên liệu sinh học; còn nước thải, nếu được xử lý đúng cách, có thể được tái sử dụng để tưới tiêu hoặc tạo ra khí sinh học.

Việc triển khai các mô hình tuần hoàn trong chuỗi giá trị cà phê của Việt Nam có thể giúp giảm phát thải KNK và ngăn ngừa suy thoái môi trường, đồng thời khôi phục hệ sinh thái, giảm thiểu chất thải và tạo điều kiện tái sử dụng các phụ phẩm tạo ra trong toàn bộ chuỗi giá trị.

Một số nông dân và công ty đang áp dụng các thực hành xanh, tuần hoàn để tăng khả năng chống chịu với biến đổi khí hậu, cải thiện sức khỏe đất và đảm bảo sản xuất cà phê bền vững, nhưng việc áp dụng các mô hình tuần hoàn vẫn còn hạn chế. Tuy nhiên, các thực hành như nông lâm kết hợp, xen canh, canh tác hữu cơ và quản lý tổng hợp dịch hại/độ phì nhiêu của đất đang ngày càng phổ biến hơn.

Để nâng cao tính bền vững, giá trị gia tăng và chất lượng cà phê, trong những năm gần đây, BNNMT, chính quyền địa phương và khối tư nhân đã hỗ trợ các nhà sản xuất cà phê tham gia vào các chương trình để được cấp chứng nhận như 4C, UTZ, Rainforest Alliance và các chứng nhận hữu cơ khác nhằm thúc đẩy thực hành bền vững. Năm 2022, diện tích cà phê được chứng nhận (gồm VietGAP, 4C, Rainforest và UTZ) là khoảng 185.800 ha, chiếm khoảng 26% tổng diện tích cà phê (Anh, 2023). Diện tích cà phê được chứng nhận chủ yếu ở các vùng sản xuất cà phê chuyên canh quy mô lớn như Lâm Đồng (khoảng 76.000 ha), Đắk Lắk (khoảng 45.600 ha), Đắk Nông (23.500 ha) và các tỉnh khác ở khu vực Tây Nguyên. Khu vực Tây Nguyên, vùng sản xuất cà phê chủ lực, đã tăng số giấy chứng nhận canh tác bền vững, nhưng sản lượng cà phê đạt chứng nhận vẫn chỉ chiếm một phần nhỏ trong tổng sản lượng.

Các doanh nghiệp chế biến và xuất khẩu cà phê quy mô lớn đang chủ động hỗ trợ, hướng dẫn nông dân áp dụng các phương pháp canh tác bền vững, đáp ứng yêu cầu của thị trường xuất khẩu. Ví dụ, Nestlé Việt Nam đang hỗ trợ hướng dẫn nông dân đáp ứng tiêu chuẩn 4C thông qua Chương trình Nescafé Plan, còn IDH và các đối tác đang triển khai Chương trình Sáng kiến Cảnh quan Bền vững (ISLA) cho sản xuất cà phê.

- **Chương trình Nescafé Plan:** Sau 12 năm triển khai Nescafé Plan ở các tỉnh Tây Nguyên, Nestlé Việt Nam đã tập huấn cho hơn 330.000 nông hộ sản xuất cà phê bền vững theo tiêu chuẩn 4C và cấp phát hơn 73,5 triệu cây giống kháng bệnh cao sản để tái canh. Sau khi tham gia chương trình, nông dân đã giảm 40 - 60% lượng nước tưới, giảm 20% lượng thuốc trừ sâu và phân bón hóa học, đồng thời xen canh cà phê với tiêu đen, giúp tăng hiệu suất sử dụng đất, cải thiện đa dạng sinh thái và giảm phát thải (Nescafé, 2025).

- **Chương trình Sáng kiến Cảnh quan Bền vững (ISLA):** Từ năm 2014, ISLA đã được IDH, các cơ quan Nhà nước và các công ty tư nhân (ví dụ: LDC, JDE, Olam và các công ty khác) giới thiệu và triển khai tại Việt Nam. Từ năm 2016 đến 2018, chương trình đã hỗ trợ hơn 11.000 nông dân tại 65 xã thuộc 15 huyện sản xuất cà phê bền vững. Để giải quyết những thách thức phức tạp về tính bền vững mà một chuỗi cung ứng hoặc một bên đơn lẻ không thể giải quyết, từ năm 2019, IDH cũng đã quy tụ các liên minh đa bên để triển khai cách tiếp cận Sản xuất - Bảo vệ - Bao trùm tại 4 huyện, đó là huyện Cư M'gar và Krông Năng ở Đắk Lắk, huyện Di Linh và Lạc Dương ở Lâm Đồng — từ đó đặt nền móng cho quản trị cảnh quan bền vững.

Người dân đã tăng cường áp dụng các kỹ thuật xen canh từ khi chương trình bắt đầu, tăng từ 15% vào năm 2015 lên 96% vào năm 2020. Lượng nước tưới tiêu trong canh tác cà phê đã giảm 20%, phân bón hóa học sử dụng giảm 14% và đã loại bỏ hoàn toàn các thuốc trừ sâu bị cấm. Lượng phát thải carbon từ sản xuất cà phê cũng giảm 60% trong giai đoạn 2019 - 2020 so với giai đoạn 2015 - 2016, chủ yếu là nhờ áp dụng mô hình nông lâm kết hợp và giảm sử dụng vật tư đầu vào.

Về mặt kinh tế, những người tham gia chương trình đã có thu nhập cao hơn 20% so với những người không tham gia trên diện tích hơn 10.000 ha cà phê và đất nông nghiệp xen canh. Ngoài ra, nông dân còn đa dạng hóa nguồn thu nhập của mình thông qua các hoạt động như trồng cây ăn quả, nuôi ong và sản xuất hàng thủ công (IDH, 2025). Theo Báo cáo thường niên ISLA năm 2022 của IDH, 2.064 giảng viên và 30.205 nông dân, trong đó 32% là phụ nữ, đã được tập huấn từ năm 2021 đến năm 2022. Các buổi tập huấn bao quát nhiều chủ đề khác nhau, gồm cả bảo vệ rừng, bảo tồn đất và nước, thực hành xen canh và nông lâm kết hợp, quản lý đầu vào nông nghiệp, an toàn lao động, các kỹ thuật thu hoạch và xử lý sau thu hoạch.

Để tăng phủ xanh trên đất nông nghiệp, 6.343 nông dân đã tăng cường đa dạng hóa cây trồng, trong đó 55% được hỗ trợ trực tiếp từ chương trình với khoảng 200.000 cây giống xen canh được cấp phát. Hơn nữa, chương trình còn tạo điều kiện phát triển một hệ thống bản đồ trang trại và rừng nhằm tăng cường các nỗ lực truy xuất nguồn gốc, hỗ trợ tuân thủ Quy định không gây mất rừng (EUDR), và kết nối khu vực này với SourceUp - một nền tảng kết nối các nhà sản xuất cà phê bền vững, carbon thấp với những bên mua quốc tế (KIT, 2023).

Trong chuỗi giá trị cà phê, nhiều mô hình nông nghiệp tuần hoàn thành công đã được triển khai tại nhiều địa phương bao gồm: tái sử dụng phụ phẩm và chất thải trong sản xuất cà phê, áp dụng các thực hành nông lâm kết hợp và xen canh. Những mô hình này vừa nâng cao hiệu suất kinh tế vừa gia tăng giá trị cho sản xuất cà phê.

Dưới đây là tổng quan ngắn gọn về các thực hành KTTH phổ biến trong sản xuất cà phê tại Việt Nam.

Nông lâm kết hợp và xen canh: cây cà phê được trồng xen với các loại cây che bóng và cây nông nghiệp khác, là một nội dung quan trọng của nông nghiệp tuần hoàn. Mô hình này giúp tạo ra một hệ thống canh tác đa dạng và khả năng chống chịu cao hơn, mang lại cả lợi ích về môi trường và sinh kế cho người dân.

- *Cây cà phê kết hợp cây che bóng:* Việc trồng xen che bóng trong các vườn cà phê có thể mang lại nhiều lợi ích, như cải thiện chất lượng và năng suất cà phê, bảo tồn đa dạng sinh học, cải thiện độ phì nhiêu của đất, tiết kiệm và bảo tồn nước, và ngăn ngừa xói mòn đất. Các cây này cũng có thể tạo ra gỗ có giá trị.
- *Xen canh cây cà phê với các loại cây nông nghiệp khác:* Hiện nay, tại các tỉnh Tây Nguyên như Lâm Đồng, Đắk Nông, Đắk Lắk, cây cà phê được trồng xen với các loại cây nông nghiệp khác như cây bơ, tiêu đen, sầu riêng, mắc ca, hồng, giúp người dân có thêm nguồn thu nhập.

Những mô hình này có tiềm năng cải thiện độ phì nhiêu của đất, giảm áp lực sâu bệnh, và tăng thu nhập, nâng cao khả năng chống chịu tổng thể về kinh tế và môi trường của trang trại nhờ đa dạng hóa các hệ thống canh tác.

Tái chế phụ phẩm và chất thải trong sản xuất cà phê (coffee waste): Quá trình sản xuất và chế biến cà phê tạo ra một lượng lớn phụ phẩm và chất thải hữu cơ (như lá, cành, vỏ, lớp cùi và bã cà phê) và nước thải. Sử dụng chất thải hữu cơ từ cà phê để sản xuất các sản phẩm có giá trị như phân compost, khí sinh học hoặc than sinh học, và tái sử dụng nước thải là những giải pháp sáng tạo để giảm ô nhiễm môi trường.

- *Ủ phân compost:* Vỏ và lớp cùi (pulp) cà phê có thể được ủ để làm giàu đất, giảm nhu cầu sử dụng phân bón hóa học, cải thiện sức khỏe đất và giảm phát thải carbon.
- *Khí sinh học (biogas):* Phế liệu cà phê, đặc biệt là lớp cùi và chất nhầy, có thể được sử dụng trong các bể biogas để tạo ra khí mê-tan – khí này sau đó có thể dùng làm năng lượng cho quá trình chế biến cà phê hoặc các hoạt động nông nghiệp khác; giúp giảm phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch và giảm thiểu tác động của chất thải đến môi trường.
- *Than sinh học:* Than sinh học, một dạng than củi được làm từ vật liệu hữu cơ như lá, cành, vỏ cà phê, có thể dùng để cải thiện sức khỏe đất, tăng cường khả năng lưu giữ carbon trong đất, và giảm phát thải KNK.
- *Tái sử dụng nước thải:* Nước thải từ quá trình chế biến cà phê có thể được chuyển đổi thành nước tưới tiêu bằng hệ thống lọc nước chi phí thấp và có khả năng nhân rộng. Giải pháp đơn giản nhưng hiệu quả này chỉ cần 2 bể chứa, môi trường nuôi cấy vi sinh vật, và mật mía, có thể giúp xử lý nước thải hiệu quả, đồng thời thúc đẩy cây trồng tăng trưởng và bảo tồn nước



Chương 2

PHƯƠNG PHÁP LUẬN

Để biên soạn và xác định thứ tự ưu tiên các thực hành KTTH trình bày trong Sổ tay này, các tác giả đã tiến hành nghiên cứu các tài liệu thứ cấp, tham vấn chuyên gia và khảo sát thực địa, trong quá trình đó có sử dụng các tiêu chí lựa chọn các mô hình dựa trên tính khả thi, khả năng mở rộng quy mô và mức độ phù hợp. Phương pháp này cho phép các nhà nghiên cứu đặt các thực hành KTTH vào bối cảnh môi trường chính sách hiện tại của Việt Nam dựa trên các nghiên cứu hiện có và kiến thức của chuyên gia địa phương, đồng thời tìm hiểu những yếu tố mới qua khảo sát thực tế. Sự kết hợp giữa nghiên cứu tại bàn và khảo sát thực địa đã tạo ra một bộ hướng dẫn hiệu quả, vừa dựa trên tổng hợp dữ liệu, vừa có thể áp dụng thực tiễn cho nông dân và các bên liên quan trong chuỗi giá trị cà phê. Sau đó nhóm nghiên cứu đã thảo luận và trình bày kết quả nghiên cứu các chuyên gia trong một hội thảo kết hợp trực tiếp và trực tuyến đồng chủ trì cùng với UNDP.

Nghiên cứu tại bàn

Nghiên cứu tại bàn gồm việc nghiên cứu kỹ lưỡng các tài liệu, báo cáo và nghiên cứu liên quan về thực hành KTTH và quản lý phụ phẩm nông nghiệp, tập trung vào khuôn khổ pháp lý hiện hành, nỗ lực của chính phủ nhằm giảm phát thải KNK, và những thách thức trong ngành cà phê, như biến đổi khí hậu và dấu chân carbon. Giai đoạn này cũng kết hợp những kết quả từ các nghiên cứu trước đây về chuỗi giá trị cà phê ở cấp quốc gia và quốc tế.

Tham vấn ý kiến chuyên gia

Nhóm nghiên cứu đã tham vấn các chuyên gia để hỗ trợ lựa chọn các mô hình điển hình, để hiểu chi tiết về các nút thắt và chia sẻ kinh nghiệm về các giải pháp thúc đẩy thực hành KTTH trong sản xuất cà phê. Nhóm đã tham vấn các chuyên gia KTTH đại diện cho các tổ chức khác nhau, bao gồm: Cục Trồng trọt và Bảo vệ thực vật thuộc Bộ NN&MT, IDH, Học viện Nông nghiệp Việt Nam, các viện nghiên cứu, các chuyên gia của UNDP, và các chuyên gia khác. Các chuyên gia đã nhận xét, phản hồi về những phát hiện chính và khuyến nghị để nhân rộng áp dụng các thực hành bền vững trong các cuộc phỏng vấn bán cấu trúc trực tiếp cũng như hội thảo do UNDP đồng chủ trì để thảo luận và xác thực các mô hình tuần hoàn được chọn cùng với các chuyên gia chủ chốt.

Bảng 2. Danh sách các chuyên gia chủ chốt được tham vấn

No	Tên	Tổ chức
1	Tiến sĩ Trần Đại Nghĩa	Nguyên Trưởng ban, Ban Kinh tế Tài nguyên và Môi trường, Viện Chính sách, Chiến lược Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (IPSARD)
2	PGS.TS Phạm Thị Mỹ Dung	Viện trưởng Viện Khoa học Phát triển Nông thôn (SIRD)
3	Ông Bùi Đức Hào	Điều phối viên, Chương trình Cảnh quan và Cà phê Việt Nam - Tổ chức IDH
4	Ông Hoàng Văn Thắng	Viện trưởng, Viện Nghiên cứu Lâm sinh
5	Ông Lê Văn Đức	Nguyên Phó Cục trưởng, Cục Trồng trọt, BNNMT
6	Ông Nguyễn Quang Trung	Viện phó Viện Khoa học Kỹ thuật Nông Lâm nghiệp miền núi phía Bắc (NOMAFSI)
7	PGS.TS. Mai Văn Trinh	Viện trưởng Viện Môi trường Nông nghiệp (IAE)
8	Ông Nguyễn Ngọc Sơn	Chuyên gia Nông nghiệp, GIZ Việt Nam
9	Bà Nguyễn Cẩm Thủy	Điều phối viên, Đối tác Phát triển Bền vững Nông nghiệp Việt Nam (PSAV) tại Grow Asia
10	Bà Đỗ Giang	Trung tâm Hợp tác Quốc tế về Nghiên cứu Phát triển Nông nghiệp (CIRAD) của Pháp
11	Bà Phan Thị Thu Lan	Cán bộ dự án, GIZ

2.1 Lựa chọn các mô hình tuần hoàn để đưa vào Sổ tay

Có nhiều mô hình KTTH được áp dụng trong sản xuất cà phê, gồm:

- kỹ thuật tưới thông minh để giảm lượng nước tiêu thụ;
- chuyển sang sử dụng năng lượng tái tạo tại các nhà máy chế biến cà phê để giảm phát thải KNK;
- tái sử dụng cành và nhánh cây cà phê đã cắt tỉa để sản xuất than sinh học nhằm cải tạo đất và tăng lưu giữ carbon;
- thực hiện các thực hành nông nghiệp tái tạo như trồng cây che phủ và xen canh để cải thiện sức khỏe đất và lưu giữ carbon; và
- sử dụng vỏ cà phê khô và lớp cùi (ví dụ, phụ gia phân trộn, thức ăn chăn nuôi, trà cascara, v.v.) để giảm phụ thuộc vào phân bón tổng hợp và tạo ra sản phẩm có giá trị gia tăng (ICO, 2023).

Tuy nhiên, sau khi tham vấn ý kiến chuyên gia và khảo sát thực địa, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn 3 mô hình KTTH để tìm hiểu sâu dựa trên 3 tiêu chí: mức độ phù hợp và tiềm năng áp dụng, tính khả thi và thực tiễn, và khả năng mở rộng quy mô và nhân rộng.

4 mô hình tuần hoàn đã được lựa chọn là:

1. Xen canh trong canh tác cà phê: Hệ thống xen canh và nông lâm kết hợp, trong đó cà phê trồng cùng với cây ăn quả/gia vị hoặc cây lấy gỗ như tiêu đen (thường được trồng với cây quế cassia), bơ, sầu riêng và hồng, là một cách để cải thiện đa dạng sinh học, sức khỏe đất và khả năng chống chịu về kinh tế.

2. Sản xuất phân hữu cơ từ vỏ cà phê: Sản xuất phân hữu cơ từ vỏ cà phê sẽ áp dụng các kỹ thuật ủ phân trộn để biến chất thải nông nghiệp thành chất cải tạo đất giàu dinh dưỡng.

3. Xử lý nước thải trong chế biến cà phê: Các mô hình xử lý nước thải sử dụng phương pháp lý - sinh học chi phí thấp đang được áp dụng để quản lý nước thải từ quá trình chế biến ướt. Nhóm này được chia thành 2 mô hình với các yêu cầu khác nhau:

A. cơ sở chế biến cà phê nhỏ và

B. cơ sở chế biến cà phê lớn.

Các mô hình này được lựa chọn vì đã mang lại hiệu quả thiết thực về tính bền vững và tuần hoàn cũng như tiềm năng cao về giảm phát thải, giải quyết trực tiếp các thách thức cấp bách nhất về môi trường, kinh tế và xã hội đặc thù đối với hệ thống sản xuất cà phê của Việt Nam (Bảng 3).

Bảng 3. Tiêu chí lựa chọn mô hình KTTH

Mô hình	Mức độ phù hợp và tiềm năng áp dụng	Tính khả thi và tính thực tiễn	Khả năng mở rộng quy mô và nhân rộng
1. Xen canh trong canh tác cà phê	Cải thiện chất lượng đất, giảm phụ thuộc vào 1 loại cây trồng đơn lẻ và tăng đa dạng sinh học, đồng thời hỗ trợ đạt các chứng nhận như 4C, Rain Forest Alliance - là yêu cầu bắt buộc để xuất khẩu cà phê sang các thị trường chính như Hoa Kỳ, EU, Nhật Bản, v.v.	Dựa trên các thực hành hiện tại ở Tây Nguyên; rào cản kỹ thuật tối thiểu.	Được áp dụng rộng rãi; cà phê trồng xen cùng bơ, sầu riêng, tiêu đen hoặc hồng.

Mô hình	Mức độ phù hợp và tiềm năng áp dụng	Tính khả thi và tính thực tiễn	Khả năng mở rộng quy mô và nhân rộng
2. Phân hữu cơ làm từ vỏ cà phê	Giải quyết vấn đề chính về chất thải (45% trọng lượng quả cà phê khô), giảm KNK và cải thiện sức khỏe đất.	Phương pháp ủ phân chi phí thấp; dễ áp dụng cho các nông hộ nhỏ; có tiềm năng áp dụng tại các hợp tác xã và cơ sở chế biến cà phê lớn hơn (cả chế biến ướt và khô).	Đã thí điểm tại Lâm Đồng; đã được chứng minh hiệu quả về tiết kiệm chi phí và thân thiện với môi trường.
3A. Xử lý nước thải tại các cơ sở chế biến cà phê nhỏ	Giảm ô nhiễm nước và giảm lượng nước sử dụng; giải quyết các quy định pháp luật và quan ngại chính về môi trường.	Cung cấp các phương pháp lý - sinh học đơn giản có thể áp dụng ở cấp độ hộ gia đình/ hợp tác xã.	Được chứng minh là thành công ở cấp độ nông hộ nhỏ; có nhiều tiềm năng mở rộng, đặc biệt là ở các khu vực chế biến ướt.
3B. Xử lý nước thải tại các cơ sở chế biến cà phê lớn			

2.2 Khảo sát thực địa và xác thực

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành các chuyến công tác thực địa tại 2 tỉnh Sơn La và Lâm Đồng, đây là những vùng sản xuất cà phê chính ở Việt Nam. Lâm Đồng là một trong những vùng sản xuất cà phê robusta lớn của cả nước ở Tây Nguyên, còn Sơn La là vùng canh tác cà phê arabica chính ở vùng núi phía Bắc. Các tỉnh này đã được chọn để khảo sát thực địa do đa dạng về sinh thái và chuỗi giá trị trong ngành cà phê của Việt Nam. Các cuộc khảo sát thực địa đã được tiến hành để xác định và kiểm tra 4 mô hình KTTH đã chọn. Các cuộc khảo sát tập trung vào các thực hành tuần hoàn và các bước kỹ thuật trong quá trình canh tác và chế biến tại trang trại, đây là những công đoạn sản xuất gây ra phần lớn dấu chân carbon của ngành cà phê (Chéron-Bessou và cộng sự, 2024).

Nghiên cứu này đã xác định các chủ thể chính tham gia sản xuất cà phê tại các tỉnh, đồng thời các cuộc phỏng vấn và tham vấn ý kiến nhằm tìm hiểu các quy trình kỹ thuật, tính khả thi về mặt kinh tế và các rào cản cản trở áp dụng. Nhóm nghiên cứu đã xây dựng một bộ bảng hỏi dành cho các bên liên quan chính cho từng mô hình KTTH để tìm hiểu thông tin chi tiết, cụ thể về các thực hành KTTH và thông tin về giảm phát thải KNK nhờ các hoạt động KTTH. Sổ tay này cũng cung cấp dữ liệu cụ thể về mức giảm phát thải KNK nhờ áp dụng các thực hành này.



Chương 3

HƯỚNG DẪN KỸ THUẬT TRIỂN KHAI MÔ HÌNH TUẦN HOÀN TRONG SẢN XUẤT CÀ PHÊ

Sổ tay này trình bày chi tiết các quy trình kỹ thuật cho từng mô hình, hướng dẫn từng bước kèm theo các ví dụ trực quan và hình ảnh minh họa để hỗ trợ người dân áp dụng và nhân rộng mô hình. Phân tích chi phí - lợi ích đi kèm đã nhấn mạnh nhiều lợi thế của các mô hình KTTH, và trình bày hướng dẫn rõ ràng để mở rộng quy mô các mô hình KTTH trong ngành cà phê Việt Nam, từ đó cho thấy tính khả thi về môi trường và thực tiễn của việc tích hợp các thực hành tuần hoàn vào hoạt động canh tác và chế biến cà phê hàng ngày.

3.1 Mô hình 1: Xen canh trong canh tác cà phê

3.1.1 Tổng quan

Trước những năm 1990, các đồn điền cà phê robusta còn lại do Pháp trồng luôn có cây muồng đen (*Senna siamea*) trồng xen kẽ trong vườn cà phê để chắn gió và tạo bóng mát. Trong giai đoạn năm 1983 - 1990, 70 - 80% diện tích trồng cà phê ở Tây Nguyên trồng cây che bóng (WASI, 2021).

Từ năm 1994 đến năm 1995, thị trường cà phê toàn cầu đã trải qua một đợt tăng giá đáng kể, với giá tăng hơn gấp đôi so với những năm trước (Dubois, 2006). Để tăng năng suất, người dân đã chặt bỏ tất cả các cây che bóng/cây chắn gió trong vườn cà phê, thay vào đó tập trung bón phân và tưới nước để đạt năng suất tối đa. Tuy nhiên, theo nhiều nông dân, sau khi cây che bóng và cây chắn gió bị chặt bỏ, sản lượng cà phê ban đầu rất cao nhưng đã giảm chỉ sau vài năm, rồi bắt đầu có dấu hiệu kiệt quệ do khai thác quá mức và xuất hiện sâu bệnh. Hơn nữa, ánh nắng gay gắt và gió mạnh của Tây Nguyên trong mùa khô đã khiến cây cà phê nhanh chóng bị suy yếu do không còn được cây che bóng bảo vệ như trước đây. Những nông hộ nhỏ, chiếm phần lớn lực lượng sản xuất cà phê ở Việt Nam, đã rất chật vật với những vấn đề này trong nhiều năm, từ đó thúc đẩy sự chuyển dịch sang các hệ thống canh tác đa dạng với sự hỗ trợ của các cơ quan quản lý và nghiên cứu nông nghiệp (ví dụ: Sở NN&PTNT, các dịch vụ khuyến nông, v.v.) và các tổ chức quốc tế. Việc chuyển dịch này được định hướng bởi các chính sách quốc gia như Quy hoạch phát triển ngành cà phê Việt Nam đến năm 2020 và tầm nhìn đến năm 2030, Kế hoạch tái cơ cấu ngành nông nghiệp, và Nghị quyết số 120/NQ-CP về Phát triển bền vững Đồng bằng sông Cửu Long.

Năm 2022, diện tích trồng cà phê ở Tây Nguyên ước đạt khoảng 614.000 ha. Trong đó, 163.100 ha được trồng xen canh với các loại cây khác, chiếm 25,1% tổng diện tích trồng cà phê. Các tỉnh có diện tích trồng xen canh lớn gồm Đắk Lắk với 81.400 ha (chiếm 38,1% tổng diện tích cà phê của tỉnh); Đắk Nông 51.200 ha (38%), Lâm Đồng 23.000 ha (13,1%), và Kon Tum 5.900 ha (20,5%).

Vườn cà phê được trồng xen canh với nhiều loại cây, nhưng phổ biến nhất là cây ăn quả với tổng diện tích 58.600 ha, bao gồm 28.500 ha sầu riêng, 28.100 ha bơ, 1.400 ha hồng và 600 ha cây ăn quả khác. Ngoài ra, cây công nghiệp được trồng xen canh trên diện tích 71.900 ha, trong đó có 49.800 ha tiêu đen, 7.300 ha điều, 5.000 ha mắc ca, 600 ha dâu tằm và 9.200 ha cây công nghiệp khác.

Bảng 4 tổng hợp một số yêu cầu nông nghiệp tương đối của các cây trồng xen canh với cây cà phê arabica và robusta.

Bảng 4. So sánh các loại cây trồng xen canh với cà phê

Tiêu chuẩn	Cà phê Arabica	Cà phê Robusta	Tiêu đen	Bơ	Mắc ca	Hồng	Sâu riêng
Yêu cầu về khí hậu	Mát, nhiệt đới (18 - 24°C)	Ấm, nhiệt đới (22 - 30°C)	Ấm, ẩm (25 - 30°C)	Ấm đến trung bình (15 - 28°C)	Trung bình (16 - 25°C)	Mát (15 - 22°C)	Ấm, ẩm (24 - 30°C)
Lượng mưa (mm/năm)	1.200 - 2.200	1.500 - 2.500	1.500 - 2.500	1.200 - 2.000	1.200 - 2.500	1.000 - 1.500	1.500 - 2.500
Độ ẩm	Trung bình (60 - 80%)	Cao (70 - 90%)	Cao (>75%)	Trung bình (60 - 70%)	Trung bình (60 - 80%)	Trung bình	Cao (75 - 85%)
Khoảng pH của đất	5,5 - 6,5	5,0 - 6,0	5,5 - 6,5	5,5 - 7,0	5,0 - 6,5	5,5 - 6,5	5,5 - 6,5
Độ cao (m)	800 - 2.000	200 - 800	200 - 700	400 - 1.500	300 - 1.200	> 800	< 1.000
Yêu cầu về ánh sáng mặt trời	Ưa bóng mát một phần	Ánh sáng mặt trời trung bình đến hoàn toàn (tùy chọn ưa bóng mát ít)	Ưa bóng mát ít đến trung bình	Tán rộng, bóng mát ít	Bóng mát ít	Ánh nắng trực tiếp, nhẹ	Ánh sáng mặt trời trung bình đến hoàn toàn
Quản lý nước	Bổ sung vào mùa khô	Tưới cơ bản	Tưới cơ bản trong mùa khô	Cần tưới nước thường xuyên	Cần tưới bổ sung vào mùa khô	Cần độ ẩm đất ổn định	Cần có nguồn nước dồi dào; cần tưới tiêu vào mùa khô
Khoảng cách	2 - 2,5 m giữa các hàng	2 - 2,5 m giữa các hàng	2,5 - 3 m giữa các cây	8 - 10 m giữa các cây	10 - 12 m giữa các cây	8 - 10 m giữa các cây	10 - 12 m giữa các cây
Nguy cơ sâu bệnh	Trung bình (bệnh gỉ sắt lá)	Cao (sâu đục thân, tuyến trùng)	Cao (nấm Phytophthora, thối rễ, rệp sáp)	Trung bình (thối rễ, rệp)	Thấp (sâu đục thân)	Trung bình (rệp vảy)	Cao (nấm Phytophthora, sâu đục quả)
Lợi nhuận kinh tế	Trung bình đến cao	Trung bình	Cao (ngắn hạn)	Cao (trung hạn)	Rất cao (dài hạn)	Trung bình (trung hạn)	Rất cao (trung đến dài hạn)
Thời điểm thu hoạch	4 - 5 năm	3 năm	2 - 3 năm	3 - 4 năm	5 - 7 năm	3 - 5 năm	5 - 7 năm
Lợi ích môi trường	Cây che bóng, lưu giữ carbon, cải thiện đa dạng sinh học	Lưu giữ carbon, cải thiện đa dạng sinh học	Kiểm soát xói mòn đất, cải thiện đa dạng sinh học	Cây che bóng cho cà phê, làm giàu chất hữu cơ	Cây che bóng, lưu giữ carbon, ổn định đất	Làm giàu chất hữu cơ, bóng mát trung bình	Bóng mát cho cà phê, đa dạng sinh học và đóng góp chất hữu cơ
Lợi ích tuần hoàn	Vỏ cà phê/lớp cùi và lá rụng được ủ hoặc sử dụng làm lớp phủ hữu cơ; hệ thống nông lâm kết hợp tái chế chất hữu cơ và cải thiện khả năng giữ nước của đất; cây bóng mát cải thiện vi khí hậu và giảm xói mòn	Vỏ cà phê/lớp cùi và lá rụng được ủ hoặc sử dụng làm lớp phủ hữu cơ; hệ thống nông lâm kết hợp tái chế chất hữu cơ và cải thiện khả năng giữ nước của đất; cây che bóng cải thiện vi khí hậu và giảm xói mòn	Dây cây tiêu đen tạo ra sinh khối dùng làm lớp phủ; vỏ hạt tiêu được ủ phân compost hoặc tái sử dụng; trụ tiêu sống cố định đạm có thể làm tăng chất hữu cơ trong đất và cải thiện chu trình dinh dưỡng	Chất thải từ bơ (vỏ/hạt) được ủ thành phân compost; cây bóng mát giúp bảo tồn nước	Vỏ được sử dụng làm nhiên liệu sinh khối hoặc phân compost; lá rụng làm giàu đất	Phụ phẩm từ trái cây và lá dùng ủ phân compost; hỗ trợ tích hợp với các loại cây trồng theo mùa	Sinh khối dày và phụ phẩm từ trái cây được ủ làm phân compost; lá rụng duy trì cacbon hữu cơ trong đất

Nguồn: Dữ liệu tổng hợp từ ICO (2021), FAO Ecocrop (2021), CIRAD (2020), VAAS (2022), Sở NN&PTNT Lâm Đồng (2022), Hiệp hội Mắc ca Úc (2021), Rainforest Alliance (2020), World Coffee Research (2021) và IDH (2022)

Bảng 5. Các loại cây trồng xen canh với cây cà phê phổ biến

Loài	Các giống phổ biến	Ghi chú
Cây hồng (<i>Diospyros kaki</i>)	Hồng Đà Lạt, Hồng giòn	Khí hậu mát, phổ biến ở Lâm Đồng
Cây bơ (<i>Persea americana</i>)	Bơ Booth 7, Bơ Hass, Bơ 034	Nhu cầu thị trường lớn, phù hợp với Đắk Lắk và Gia Lai
Cây sầu riêng (<i>Durio zibethinus</i>)	Ri6, Monthong (Mong Thong)	Giá trị cao nhưng cần nhiều nước
Cây mắc ca (<i>Macadamia integrifolia</i>)	246, 344, A4, A268	Thích nghi với các vùng trồng cà phê
Cây tiêu đen (<i>Piper nigrum</i>)	Vĩnh Linh, Lộc Ninh, Vườn Sim	Trồng xen canh truyền thống, cần kiểm soát sâu bệnh cẩn thận
Cây điều (<i>Anacardium occidentale</i>)	PN1, BH6, KS05, AB0508	Phù hợp với vùng khô hơn của Tây nguyên
Cây che bóng (một số cây che bóng còn được dùng làm trụ sống cho cây tiêu đen)	<i>Cassia siamea</i> , <i>Erythrina subumbrans</i> , <i>Gliricidia sepium</i> , <i>Leucaena leucocephala</i>	Được dùng để điều tiết bóng mát trong nông lâm kết hợp

Nguồn: Viện Khoa học Kỹ thuật Nông Lâm nghiệp Tây Nguyên (WASI), Bộ Nông nghiệp và Môi trường (BNNMT) và Dự án Thúc đẩy sản xuất và thương mại bền vững hồ tiêu Việt Nam của IDH và Rainforest Alliance (2022 - 2023)

Bảng 6. Tiêu chí lựa chọn loài xen canh

Hạng mục	Điểm đánh giá chính
Khả năng tương thích sinh thái	Khí hậu (nhiệt độ, lượng mưa), khoảng cao độ sinh sống, độ pH của đất và nhu cầu thoát nước
Hình thái học	Chiều cao cây và chiều rộng tán cây; khả năng tương thích của hệ thống rễ sâu so với nông
Nhu cầu nước	Mức độ phù hợp giữa nhu cầu nước của loại cây trồng với khả năng tưới tiêu; tránh cạnh tranh cao
Khả năng chịu bóng mát	Chịu được bóng mát một phần hoặc cung cấp bóng mát trung bình, mà không làm ảnh hưởng đến cây cà phê
Nguy cơ sâu bệnh	Tránh các loài dễ bị sâu bệnh có thể lây sang cây cà phê
Tiềm năng kinh tế	Nhu cầu thị trường, giá cả ổn định, và lợi nhuận so với chi phí chăm sóc
Khả năng tương thích thời điểm thu hoạch	Các mùa thu hoạch so le sẽ giúp giảm thiểu lao động và đảm bảo thu nhập liên tục
Được pháp luật cho phép	Các loài/giống được Bộ Nông nghiệp và Môi trường hoặc chính quyền địa phương chấp thuận
Đóng góp về môi trường	Lá rụng/mục, lưu giữ carbon và cải thiện đa dạng sinh học
Khả năng tương thích về quản lý	Dễ cắt tỉa, tích hợp tưới tiêu và quản lý sâu bệnh

Nguồn: FAO (2013), ICRAF (2017), CIRAD (2020), IDH & Rainforest Alliance (2022), BNNMT, 2021

3.1.2 Lợi ích

- Lợi ích kinh tế:** Trồng xen canh trong các vườn cà phê có thể tăng thu nhập cho nông dân nhờ nâng cao hiệu suất sử dụng đất, đa dạng hóa sản phẩm thu hoạch và tạo thêm

nguồn thu bổ sung, giảm rủi ro do biến động giá cả và năng suất cây trồng. Trồng xen canh cũng giúp giảm chi phí đầu vào bằng cách cải thiện độ phì nhiêu tự nhiên của đất và giảm nhu cầu sử dụng thuốc trừ sâu và phân bón tổng hợp. Phương pháp xen canh này giúp nâng cao khả năng chống chịu về kinh tế và khí hậu, đồng thời tăng năng suất canh tác tổng thể của trang trại/vườn.

- **KTTH và lợi ích môi trường:** Trồng xen canh hỗ trợ các nguyên tắc của KTTH nhờ sử dụng tối ưu chất dinh dưỡng, giảm phụ phẩm nông nghiệp, và tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên. Về mặt môi trường, xen canh giúp tăng đa dạng sinh học, cải thiện cấu trúc đất và giảm xói mòn, góp phần tạo ra các hệ thống sản xuất cà phê tái tạo (regenerative) và có khả năng chống chịu khí hậu tốt hơn.
- **Lợi ích xã hội:** Trồng xen canh cũng mang lại lợi ích xã hội nhờ cải thiện an ninh lương thực cho các nông hộ thông qua đa dạng hóa cây canh tác, từ đó giảm phụ thuộc vào một nguồn thu nhập duy nhất. Trồng xen khuyến khích chia sẻ kiến thức và các thực hành canh tác dựa vào cộng đồng, tăng cường gắn kết xã hội và khả năng chống chịu của các cộng đồng nông thôn. Ngoài ra, trồng xen có thể tạo ra thêm cơ hội việc làm quanh năm và giảm tình trạng mùa cao điểm lao động (để thu hoạch), đồng thời hỗ trợ sinh kế, và có tiềm năng giảm thất nghiệp ở nông thôn.

Trong Sổ tay này, chúng tôi sẽ xem xét 2 mô hình: (i) xen canh cây cà phê Arabica với cây hồng, và (ii) xen canh cây cà phê Robusta với cây bơ. 2 mô hình xen canh này được lựa chọn sau khi cân nhắc tổng hợp các yếu tố về nông học, kinh tế và môi trường, cùng với góp ý của các chuyên gia chủ chốt đề cập ở trên.

a. Trồng xen canh cây cà phê Arabica với cây hồng

Cây cà phê Arabica và cây hồng đều rất thích hợp với khí hậu vùng cao mát mẻ ở các tỉnh miền Bắc và miền Trung Việt Nam, đặc biệt là ở Sơn La và Lâm Đồng. Cây hồng phát triển mạnh trong điều kiện sinh thái hoàn toàn phù hợp với nhu cầu môi trường của cây cà phê arabica: nhiệt độ mát (15 - 22°C), độ cao (>800 m) và đất đai màu mỡ, thoát nước tốt.

Cây hồng có cấu trúc tán trung bình và hệ thống rễ ăn sâu, do đó không cạnh tranh trực tiếp với cây cà phê Arabica có rễ nông hơn. Đặc tính rụng lá (rụng lá vào mùa đông) của cây hồng sẽ giúp cây cà phê nhận được nhiều ánh sáng hơn trong giai đoạn sinh trưởng quan trọng vào mùa khô, nhờ đó cân đối giữa lợi ích bóng mát mà không bị cản ánh sáng quanh năm.

Hồng là cây trồng có giá trị cao, thị trường tiêu thụ trong nước và xuất khẩu đang tăng trưởng, đặc biệt là các giống hồng chất lượng cao như Hồng Đà Lạt và Hồng Giòn. Việc kết hợp trồng hồng sẽ giúp đa dạng hóa thu nhập cho nông dân, mang lại nguồn thu bổ sung trong vụ thu hoạch tháng 9 - 11 và giúp nông dân giảm phụ thuộc vào giá cà phê vốn hay biến động.

Cây hồng giúp tăng đa dạng sinh học, cung cấp lượng chất hữu cơ đáng kể do quá trình rụng lá, và ổn định đất nhờ hệ thống rễ sâu. Điều này hỗ trợ khả năng chống chịu với khí hậu, giúp bảo tồn đất và nước, đồng thời phù hợp với các mục tiêu của Kế hoạch tái cơ cấu ngành nông nghiệp Việt Nam và các sáng kiến bền vững.

b. Trồng xen canh cây cà phê robusta với cây bơ

Cây cà phê Robusta và cây bơ đều thích nghi với khí hậu ẩm hơn của vùng trung du và đất thấp của Tây Nguyên, đặc biệt là ở các tỉnh như Đắk Lắk, Gia Lai và Đắk Nông. Các giống bơ như Booth 7 và 034 chịu được điều kiện ẩm hơn và tăng trưởng tốt trong các vùng trồng cà phê có độ cao thấp hơn (200 - 800 m) này.

Cây bơ có tán rộng, cung cấp bóng mát ở mức trung bình rất tốt cho cây cà phê robusta. Hệ thống rễ của cây bơ tuy rộng nhưng phát triển theo chiều dọc và chiều ngang mà không cạnh tranh quá mức với cây cà phê. Cây bơ khi được cắt tỉa phù hợp sẽ đảm bảo tán cây cân bằng, từ đó cải thiện vi khí hậu mà không gây vấn đề về che bóng quá mức.

Trồng bơ mang lại lợi nhuận kinh tế ngắn đến trung hạn tương đối cao, và bơ Việt Nam ngày càng được ưa chuộng trên cả thị trường trong nước và quốc tế. Mùa thu hoạch (tháng 6 - 9) không trùng với thời điểm thu hoạch cao điểm của cà phê Robusta (tháng 12 - 3), giúp người dân tận dụng tối ưu lao động và có thu nhập quanh năm. Trên thực tế, mô hình xen canh cây bơ đã được áp dụng ở Tây Nguyên. Những câu chuyện thành công đã cho thấy lợi nhuận trên mỗi hecta tăng lên và giảm tình trạng dễ bị tổn thương trước biến động của thị trường cà phê.

Cây bơ cải thiện khả năng giữ ẩm của đất qua việc che bóng mát và cung cấp chất hữu cơ. Lá cây rụng giúp tăng độ phì nhiêu của đất và giảm nguy cơ xói mòn, góp phần quản lý trang trại bền vững, đây là một nội dung quan trọng trong chiến lược phát triển nông nghiệp của Việt Nam.

3.1.3 Các bước kỹ thuật trồng xen canh cây cà phê robusta và cây bơ

Dưới đây là các bước trồng xen canh cây cà phê và cây bơ theo hướng dẫn của Trung tâm Khuyến nông Quốc gia (BNNMT, 2018).

Bước 1. Điều kiện trồng

- Diện tích trồng cà phê robusta phải đáp ứng các điều kiện sau:
 - › Độ dốc của vườn dưới 15 độ
 - › Điều kiện tưới tiêu thuận lợi
 - › Độ dày lớp đất hơn 70 cm, thoát nước tốt
 - › Mực nước ngầm sâu hơn 100 cm
 - › Độ pH đất trong khoảng 3,7 - 6,0
- Đối với trồng mới hoặc tái canh cà phê, khu vực đó phải có tỷ lệ nhiễm bệnh vàng lá hoặc thối rễ do tuyến trùng và/hoặc nấm đất dưới 5%. Đối với các vườn cà phê thương mại hiện có, tỷ lệ nhiễm bệnh không được quá 10%.
- Các giống bơ trồng xen canh phải được các cơ quan có thẩm quyền công nhận và phê duyệt chính thức.

Bước 2. Kỹ thuật trồng xen canh cây bơ trong vườn cà phê

- Cây bơ xen canh được trồng với mật độ 55 - 69 cây/ha, thay thế một số hố cà phê.
- Khoảng cách trồng khuyến nghị:
 - › 12 x 12 m (69 cây/ha), cây bơ trồng trong hố cà phê. Khoảng cách giữa các cây cà phê Robusta: 3 x 3 m, mật độ 1.041 cây/ha
 - › 12 x 15 m (55 cây/ha), cây bơ trồng trong hố cà phê. Khoảng cách giữa các cây cà phê Robusta: 3 x 3 m, mật độ 1.055 cây/ha

Lưu ý: Trồng cây con ở cùng độ cao với hố trồng để tránh bị úng nước.

- Trồng quanh năm nếu đủ nước tưới, nếu không thì trồng vào đầu mùa mưa (tháng 5 - tháng 8).
- Hố trồng: 60 x 60 x 60 cm. Trộn 10 - 15 kg phân chuồng hoai mục, 0,5 kg phân lân nung chảy và 0,5 kg vôi có lớp đất mặt.
- Xử lý đất hố trồng bằng Imidacloprid (0,5 lít/hố) hoặc Diazinon (50g/hố) trước khi trồng.
- Tiêu chuẩn cây bơ giống: Khỏe mạnh, cao 40 - 60 cm; đường kính thân >0,6 cm; không có sâu bệnh; mối ghép cách bầu rễ 15 - 20 cm; tuổi vườn ươm 3 - 4 tháng sau ghép.

Bước 3. Bón phân

Phân hữu cơ

- Cây cà phê Robusta: Bón 5 - 10 kg phân chuồng hoai mục cho mỗi cây trong mỗi 2 năm.

Bón phân dọc theo đường nhỏ giọt của tán cây.

- Cây bơ: Bón 20 - 30 kg phân chuồng hoai mục cho mỗi cây hàng năm vào đầu mùa mưa.
- Nếu không có phân chuồng, hãy sử dụng phân hữu cơ sinh học. Bổ sung thêm phân xanh hoặc phụ phẩm cây trồng.
- Sử dụng các sản phẩm sinh học để tiêu diệt tuyến trùng và mầm bệnh trong đất.

Bón vôi

- Dựa vào độ pH của đất (KCl):
 - › pH < 4,0: 1.000 kg/ha mỗi 2 năm
 - › pH 4,0 - 4,4: 800 kg/ha mỗi 2 năm
 - › pH 4,5 - 4,9: 600 kg/ha mỗi 2 năm
 - › pH 5,0 - 5,4: 400 kg/ha mỗi 2 năm
- Bón vôi vào đầu mùa mưa sau những trận mưa đầu tiên.
- Rải đều vôi lên bề mặt đất.

Phân hóa học

- Bón phân khi đất ẩm.
- Rải đều phân xung quanh đường nhỏ giọt của tán cây, xới nhẹ hoặc che phủ phân sau khi bón.

Bảng 7. Chi tiết về liều lượng và lịch bón phân đối với cây cà phê và cây bơ

Năm		Đạm, lân, kali (NPK)		Phân bón đơn		
		Loại	Tỷ lệ	Urê	Phân lân nung chảy	Kali clorua (KCl)
Trồng mới	Cà phê (kg/ha/năm)	NPK 2:2:1 (16 - 16 - 8)	400	130	600	50
	Bơ (kg/cây/năm)		0,8 - 1,0	-	-	-
Năm 2	Cà phê (kg/ha/năm)	NPK 2:2:1 (16 - 16 - 8)	750 - 800	260	600	160
	Bơ (kg/cây/năm)		1,5 - 2,0	-	-	-
Năm 3	Cà phê (kg/ha/năm)	NPK 2:2:1 (16 - 16 - 8)	950 - 1.000	330	600	220
	Bơ (kg/cây/năm)		2,2 - 2,5	-	-	-
Thương mại	Cà phê (kg/ha/năm)	NPK 2:2:1 (16 - 16 - 8)	1.400 - 1.600	480 - 550	600	330 - 420
Năm 4	Bơ (kg/cây/năm)	NPK 2:1:2 (16 - 8-16)	3, 0 - 3,5	-	-	-
Thương mại	Cà phê (kg/ha/năm)	NPK 2:2:1 (16 - 16 - 8) NPK 2:1:2 (16 - 8 - 16)	1.400 - 1.600	480 - 550	600	330 - 420
Thương mại	Bơ (kg/cây/năm)	NPK	6,0 - 7,0	-	-	-

Bảng 8. Thời điểm bón và loại phân bón cho 1 ha cà phê trồng xen canh cây bơ

	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5	Tháng 6	Tháng 7	Tháng 8	Tháng 9
Cà phê	Phân bón đơn							
	Lần 1		Lần 2		Lần 3		Lần 4	
	72 - 80 kg urê		120 - 140 kg urê		144 - 165 kg urê		144 - 165 kg urê	
			600 kg phân lân nung chảy		-		-	
			100 - 124 kg KCl		115 - 148 kg KCl		115 - 148 kg KCl	
	Phân bón hỗn hợp							
	Lần 1		Lần 2		Lần 3		Lần 4	
	210 - 240 kg NPK 4:01:01 (20 - 5 - 5)		350 - 400 kg NPK 2:02:01 (16 - 16 - 8)		420 - 480 kg NPK 2:1:2 (16 - 8 - 16)		420 - 480 kg NPK 2:01:02 (16 - 8 - 16)	
Bơ	Lần 1		Lần 2		Lần 3		Lần 4	
	1,0 - 1,5 kg/cây NPK 2:01:02 (16 - 8 - 16) (14 - 7 - 17) (16 - 6 - 19)		2,0 - 2,5 kg/cây NPK 2:01:02 (16 - 8 - 16) (14 - 7 - 17) (16 - 6 - 19)		2,0 - 2,5 kg/cây NPK 2:1:2 (16 - 8 - 16) (14 - 7 - 17) (16 - 6 - 19)		0,5 kg/cây Kali Sulphate	

Phân bón lá

- Sử dụng phân bón lá giàu lưu huỳnh (S), magie (Mg), kẽm (Zn), boron (B), chất hữu cơ và axit amin.
- Bón đều vào mặt dưới của lá khi thời tiết khô mát.
- Phun 2 - 3 lần mỗi năm trong giai đoạn từ tháng 5 đến tháng 9.

Bước 4. Tưới nước

- Sử dụng hệ thống tưới vùng rễ hoặc tưới nhỏ giọt; tránh tưới ngập úng.

Bảng 9. Lượng nước tưới và chu kỳ tưới cho cây cà phê và cây bơ

Cây trồng	Lượng tưới vùng rễ (lít/cây/lần)	Lượng tưới nhỏ giọt (lít/cây/lần)	Số lần tưới	Khoảng thời gian (ngày)
Cà phê	400 - 420	350 - 390	3	30 - 35
Bơ	200 - 250	200 - 220	1	30 - 35

Lưu ý: Điều chỉnh lịch tưới tùy theo lượng mưa (mưa 30 mm có thể thay thế cho một chu kỳ tưới).

Bảng 10. Lịch tưới nước theo tháng cho cây cà phê và cây bơ

Tháng	11	12	1	2	3	4
Cà phê	Không tưới		Tưới khi ra hoa (lần 1)		Tưới khi đậu quả (lần 2)	Tưới khi đậu quả (lần 3)
Bơ	Không tưới		Không tưới		Không tưới	Tưới khi đậu quả (lần 1)

Bước 5. Cắt tỉa và quản lý tán cây

Cắt tỉa cây cà phê

- Cắt tỉa cành: Tiến hành 2 lần mỗi năm.
 - › Cắt tỉa lần 1: Sau thu hoạch, loại bỏ các cành không hiệu quả (chết, bệnh, yếu), cắt ngắn các cành thứ cấp già cỗi và loại bỏ các cành chạm đất
 - › Cắt tỉa lần 2: Vào giữa mùa mưa; tỉa bớt các cành rậm rạp bên trong
- Loại bỏ chồi (sucker): Thường xuyên cắt bỏ chồi.
- Thay thế cây trồng:
 - › Loại bỏ những cây yếu và trồng lại bằng những cây giống khỏe mạnh
 - › Đối với những cây có năng suất thấp hoặc bị bệnh gỉ sắt, hãy cắt ngọn và ghép với các giống cây tốt

Cắt tỉa cây bơ

- Tiến hành cắt tỉa ngay sau khi thu hoạch (tháng 10 - tháng 11).
- Cắt bỏ những cành bệnh, chết và không hiệu quả.
- Đảm bảo cành đầu tiên bắt đầu mọc cao hơn tán cây cà phê từ 0,8 - 1,0 mét.
- Cắt tỉa ít nhất một lần mỗi năm. Loại bỏ những bộ phận đã cắt tỉa khỏi vườn để phòng bệnh.

Bước 6. Làm cỏ

- Nhổ cỏ 3 - 4 lần mỗi năm trên toàn bộ diện tích canh tác.
- Trên đất dốc: Nhổ cỏ theo từng dải; tránh nhổ cỏ toàn bộ bề mặt.
- Không khuyến nghị sử dụng thuốc diệt cỏ.

Bước 7. Thu hoạch và quản lý sau thu hoạch

Thu hoạch và bảo quản cà phê

- Thu hoạch:
 - › Thu hoạch quả cà phê chín ít nhất 2 đợt mỗi mùa
 - › Tránh hái quả xanh hoặc chưa chín; không tước nhánh hoặc bẻ cành
- Tiêu chuẩn thu hoạch:
 - › 80% quả chín (màu vàng hoặc đỏ) trong đợt thu hoạch đầu tiên của mùa thu hoạch thông thường
 - › Có ít nhất 70% quả chín trong đợt thu hoạch cuối
 - › Tỷ lệ tạp chất dưới 0,5%
- Bảo quản:
 - › Nhanh chóng vận chuyển trái cà phê đến cơ sở chế biến
 - › Đối với chế biến ướt: Chế biến trong vòng 24 giờ
 - › Đối với chế biến khô: Phơi khô trên sàn bê tông, bạt; độ dày ≤ 30 cm; lật/đảo thường xuyên
 - › Tránh mưa; tránh phơi dày >30 cm

Thu hoạch và bảo quản bơ

- Thu hoạch:
 - › Chỉ thu hoạch những trái đã già (màu vỏ sẫm lại, không còn độ bóng nữa)
 - › Sử dụng dụng cụ hái có đệm để tránh hư hỏng
 - › Loại bỏ những trái quá chín, bị sâu bệnh và nứt nẻ

- **Bảo quản:**
 - › Vận chuyển trái bơ ngay đến các cơ sở lưu trữ
 - › Thời gian bảo quản tốt nhất: Không quá 2 ngày
 - › Bảo quản ở nơi sạch sẽ, thoáng mát, khô ráo, không nhiễm hóa chất

3.1.4 Các bước kỹ thuật trồng xen canh cây cà phê arabica và cây hồng

Yêu cầu kỹ thuật chính

- Độ dốc: <15°.
- Nguồn nước: Có sẵn quanh năm.
- Độ sâu đất: >70 cm.
- Độ pH của đất: 5,0 - 6,0.
- Tình trạng pháp lý: Các giống cây xen canh phải là các giống đã được phê duyệt.
- Thời điểm trồng: Ưu tiên trồng vào đầu mùa mưa (tháng 5 - tháng 8) nếu không có nước tưới tiêu.
- Lựa chọn cây: Ưu tiên những cây có hệ thống rễ trung bình, cấu trúc tán cây tương thích, và lịch thu hoạch bổ sung cho nhau.

Bước 1. Thiết kế vườn xen canh

- Khoảng cách giữa các cây cà phê arabica: 2,5 m x 2,5 m hoặc 3 m x 3 m.
- Trồng cây hồng cách nhau 8 - 10 m trong các hàng cà phê hoặc giữa các hàng cà phê, tùy theo kích thước tán cây.
- Các hàng cây trồng theo hướng Đông - Tây để tận dụng tối đa ánh sáng mặt trời.
- Duy trì chênh lệch độ cao để đảm bảo tán cây hồng tạo ra bóng mát theo mùa mà không chặn quá nhiều ánh sáng.
- Thiết kế phải ưu tiên các lối để thu hoạch hiệu quả và dễ dàng tưới tiêu.

Bước 2. Chuẩn bị đất và bón phân

- Tiến hành cày cơ học và cày sâu đến 60 cm.
- Điều chỉnh độ pH đến mức tối ưu là 5,0 - 6,0, dùng vôi hoặc lưu huỳnh nếu cần.
- Làm giàu đất bằng:
 - › Phân trộn hữu cơ (10 - 20 kg/hố)
 - › Phân lân (0,5 - 1,0 kg/hố)
 - › Bổ sung kali cho cây ăn quả như cây bơ.
- Chuẩn bị hố trồng cây:
 - › Arabica: 50 x 50 x 50 cm
 - › Hồng: 60 x 60 x 60 cm
- Lấp hố bằng đất đã cải tạo 20 - 30 ngày trước khi trồng.

Bước 3. Xây dựng hệ thống tưới tiêu

- Cần tưới nước vừa phải, đặc biệt quan trọng trong giai đoạn ra quả.
- Bố trí các đường tưới chính và đường tưới bên ở khắp các vùng trồng.
- Xây dựng mương thoát nước để tránh tình trạng ứ đọng nước vào mùa mưa.

Bước 4. Quản lý cỏ dại, sâu bệnh

- Tiến hành phủ lớp phủ bằng vỏ cà phê, rơm, hoặc chất thải hữu cơ.
- Làm cỏ thủ công trong giai đoạn đầu; có thể bổ sung bằng phương pháp cơ học hoặc hóa học sau.
- Theo dõi có mục tiêu:
 - › Arabica: Bệnh gỉ sắt lá (*Hemileia vastatrix*)
 - › Hồng: Rệp vảy (*Coccus hesperidum*)
- Áp dụng biện pháp kiểm soát sinh học và phương pháp quản lý dịch hại tổng hợp khi có thể.

Bước 5. Cắt tỉa và quản lý tán cây

- Cây cà phê arabica:
 - › Sau thu hoạch (tháng 12 - tháng 1) và giữa mùa mưa (tháng 6 - tháng 7)
 - › Cắt bỏ các cành chết, bệnh hoặc cành mọc chéo nhau
- Cây hồng:
 - › Cắt tỉa sau thu hoạch (tháng 10 - tháng 11)
 - › Tạo hình cây, giữ lại 3 - 4 nhánh chính
 - › Khuyến khích thông gió và ánh sáng mặt trời chiếu vào tán cây

Bước 6. Thu hoạch và quản lý sau thu hoạch

- Cây cà phê arabica:
 - › Mùa thu hoạch thường kéo dài từ tháng 10 đến tháng 1
 - › Chỉ hái những trái cà phê đỏ chín hoàn toàn để đảm bảo chất lượng tốt nhất
- Cây hồng:
 - › Mùa thu hoạch kéo dài từ tháng 9 đến tháng 11
 - › Hái quả hồng khi đạt màu sắc và độ cứng hoàn hảo; tránh hư hỏng cơ học
 - › Đối với các giống hồng chất, có thể cần xử lý khử chất sau thu hoạch
- Phân loại và bảo quản ngay sau khi thu hoạch ở nơi râm mát, thông thoáng
- Chuẩn bị trái cây để bán tươi hoặc chế biến theo tiêu chuẩn chất lượng.

3.1.5 Các bước kỹ thuật để tích hợp cây che bóng vào vườn cà phê

Bước 1. Lựa chọn loài và giống cây bóng mát

- Loài được khuyến khích:
 - › Muồng đen (*Cassia siamea*)
 - › Vòng nem (*Erythrina subumbrans*)
 - › Muồng cua (*Muồng cua*)
 - › Keo dậu (*Leucaena leucocephala*)

Bước 2. Quy hoạch tại chỗ (Site planning) và khoảng cách

- Trồng cây che bóng dọc theo hoặc giữa các hàng cà phê tùy theo cường độ bóng mát mong muốn.
- Khoảng cách khuyến nghị:
 - › Muồng đen: 20 x 20 m
 - › Keo dậu: 10 x 10 m
 - › Vòng nem: 8 x 8 m
 - › Muồng cua: 6 x 8 m hoặc dùng như các hàng rào sống

- Hướng của các hàng cây nên theo hướng Đông - Tây để tối ưu hóa ánh sáng nhận được vào buổi sáng và buổi chiều.

Bước 3. Chuẩn bị vườn ươm và trồng cây

- Sản xuất cây giống:
 - › Sử dụng hạt giống hoặc giâm cành (đối với Muồng cua)
 - › Trồng trong túi polybag với hỗn hợp đất và phân trộn cân đối trong 45 - 60 ngày
- Hướng dẫn trồng:
 - › Chiều cao cây giống lý tưởng: 30 - 40 cm với hệ thống rễ khỏe mạnh
 - › Trồng vào đầu mùa mưa (tháng 5 - tháng 7)
 - › Đào hố trồng cây có kích thước 30 x 30 x 30 cm
 - › Bón 3kg phân compost + 0,5kg NPK (5 - 10 - 3) cho mỗi hố
 - › Lấp hố bằng hỗn hợp đất mặt và chất hữu cơ; nhẹ nhàng nén chắc đất quanh cây con

Bước 4. Tưới tiêu và quản lý độ ẩm đất

- Tưới nước cho cây che bóng giống ngay sau khi trồng và tưới 1 - 2 lần một tuần vào các đợt thời tiết khô trong năm đầu tiên.
- Sử dụng lớp phủ (vỏ cà phê, rơm, lá rụng) để giữ ẩm và ngăn cỏ phát triển quanh gốc cây.
- Đảm bảo thoát nước tốt để tránh ngập úng, đặc biệt là ở những khu bằng phẳng hoặc khu đất sét.

Bước 5. Cắt tỉa và quản lý tán cây

- Bắt đầu từ năm thứ 2 hoặc thứ 3 sau khi trồng.
- Giai đoạn đầu:
 - › Giữ lại thân chính khỏe nhất
 - › Loại bỏ các nhánh bên thấp hơn một nửa (1/2) tổng chiều cao của cây
- Giai đoạn trưởng thành:
 - › Duy trì tán cây cao hơn 2 - 3 m so với cây cà phê trong năm thứ 3 - 4
 - › Tăng dần lên 4+ m trong giai đoạn sản xuất cà phê
 - › Cắt tỉa 1 - 2 lần mỗi năm để làm mỏng tán và giảm cạnh tranh ánh sáng
 - › Thường xuyên loại bỏ các chồi và nhánh thấp

Bước 6. Tích hợp với quản lý cây cà phê

- Kết hợp việc cắt tỉa cây che bóng với các hoạt động trồng cà phê chính (ví dụ, sau thu hoạch hoặc mùa mưa).
- Sử dụng sinh khối sau cắt tỉa (cành cây, lá) làm vật liệu phủ hữu cơ hoặc phân trộn.
- Tránh che bóng quá mức: theo dõi màu lá cà phê và năng suất - các chỉ số về che bóng quá mức.
- Chỉ bổ sung thêm cây ăn quả (ví dụ: bơ, hồng) nếu điều kiện tài nguyên cho phép.

3.2 Mô hình 2: Sản xuất phân hữu cơ từ vỏ cà phê

3.2.1 Tổng quan

Trong bối cảnh suy giảm sức khỏe/độ phì nhiêu của đất do sử dụng đất không bền vững và quá phụ thuộc vào phân hóa học và thuốc trừ sâu, việc sử dụng phân hữu cơ có vai trò thiết yếu để duy trì sức khỏe đất và cải thiện năng suất cây trồng. Vỏ cà phê, một phụ phẩm tạo ra

trong quá trình chế biến khô, chiếm khoảng 45% trọng lượng trái cà phê khô và thường bị đốt hoặc thải trực tiếp ra môi trường, gây ô nhiễm không khí và đất.

Tuy nhiên, vỏ cà phê cũng là một nguồn nguyên liệu thô để sản xuất phân hữu cơ. Với hàm lượng dinh dưỡng cao, gồm 25 - 30% chất hữu cơ, 1,8 - 2% nitơ và các vi chất dinh dưỡng thiết yếu như canxi, magie, kẽm và boron, vỏ cà phê có tiềm năng sản xuất phân bón sử dụng trong nông nghiệp. Vỏ cà phê nếu được ủ compost đúng cách có thể nâng cao giá trị sử dụng của chúng, đồng thời giảm các vấn đề như lãng phí chất dinh dưỡng, ô nhiễm môi trường và lây lan mầm bệnh.

Năm 2024, tổng diện tích trồng cà phê tại Việt Nam là 718.000 ha, sản lượng hơn 1,95 triệu tấn (BNNMT, 2025). Do hầu hết cà phê của Việt Nam dùng phương pháp chế biến khô, và giả định mỗi kg cà phê nhân xanh tạo ra một lượng vỏ khô gần tương đương, ước tính mỗi năm sẽ tạo ra 1,6 triệu tấn vỏ khô, đây là một nguồn tài nguyên quý giá để sản xuất phân bón chất lượng cao.

3.2.2 Lợi ích

- **Lợi ích kinh tế:** Về mặt kinh tế, mô hình này giúp giảm chi phí phân bón và tăng năng suất cây trồng. Sử dụng phân hữu cơ từ vỏ cà phê giúp người nông dân giảm đáng kể chi phí phân bón hóa học. Trung bình, nếu bón phân hữu cơ từ vỏ cà phê thì có thể giảm chi phí phân bón từ 7 - 9 triệu VND/ha/mùa vụ. Hơn nữa, phân hữu cơ làm từ vỏ cà phê còn làm giàu đất với các chất dinh dưỡng thiết yếu, giúp cải thiện độ phì nhiêu của đất và giúp cây trồng tăng trưởng. Các nghiên cứu gần đây đã phát hiện ra rằng việc bón phân hữu cơ giúp tăng năng suất của các loại cây trồng như cà phê và tiêu đen, từ đó tạo ra sản lượng cao hơn (WASI, 2021; Nguyễn và cộng sự, 2013).
- **Lợi ích tuần hoàn và khí hậu:** Nhờ giảm ô nhiễm và cải thiện chất lượng đất, mô hình này cũng có thể giúp giảm nhu cầu phân bón vô cơ và các đầu vào khác, đồng thời cải thiện hiệu quả của phân bón hóa học đối với cây cà phê và các loại cây trồng khác. Tái chế vỏ cà phê thành phân hữu cơ giúp giảm thiểu chất thải nông nghiệp, giảm ô nhiễm môi trường do đốt hoặc xử lý vỏ cà phê không đúng cách như chôn lấp. Ủ vỏ cà phê làm phân compost cũng giúp giảm ô nhiễm môi trường, đồng thời nâng cao nhận thức của cộng đồng về các thực hành thân thiện với môi trường, và phân hữu cơ làm từ vỏ cà phê giúp cải thiện cấu trúc đất khi tăng độ thoáng khí và giữ nước, góp phần cải thiện độ phì nhiêu và phục hồi đất.

Hơn nữa, đây là một loại phân hữu cơ vi sinh, đưa các vi sinh vật có lợi vào đất, giúp cây trồng chống lại các bệnh truyền qua đất và nâng cao sức khỏe tổng thể của đất. Trong một nghiên cứu, Nguyễn và cộng sự (2013) phát hiện ra rằng sau 3 năm bón phân compost làm từ vỏ cà phê trên vườn cà phê, sau đó chỉ bón phân hóa học trong quá trình canh tác cà phê đã dẫn đến giảm độ pH, carbon hữu cơ trong đất (OC%), nitơ (N%), phốt pho (P%), kali (K%) và các chất dinh dưỡng khả dụng khác, từ đó làm tăng thoái hóa đất. Ngược lại, việc bón 80% phân hóa học và 2 kg phân compost đã cải thiện độ phì nhiêu của đất: độ pH, OC% và N% đã tăng lên. Cấu trúc vật lý của đất cũng được cải thiện khi không gian lỗ rỗng tăng lên, qua đó có thể giúp cây trồng tăng hấp thụ chất dinh dưỡng và thúc đẩy vi sinh vật phát triển; dẫn đến giảm nhu cầu phân bón hóa học và duy trì độ phì nhiêu của đất.

- **Lợi ích xã hội:** Sản xuất phân hữu cơ từ vỏ cà phê tạo cơ hội việc làm, đặc biệt là trong các hợp tác xã và doanh nghiệp nhỏ, đồng thời nâng cao nhận thức về môi trường. Các chương trình tập huấn về ủ vỏ cà phê làm phân compost đã được triển khai rộng rãi, giúp nông dân áp dụng mô hình này và khuyến khích nhiều người tham gia bảo tồn môi trường hơn. Tại Sơn La, Lâm Đồng và Đắk Lắk, các Trung tâm Khuyến nông tỉnh hướng dẫn kỹ thuật ủ phân hữu cơ từ vỏ cà phê. Các chương trình này thường được tổ chức hàng năm và lồng ghép vào các chương trình tập huấn kỹ thuật sản xuất đầu mùa.

3.2.3 Các bước kỹ thuật sản xuất phân hữu cơ từ vỏ cà phê

Hình 6. 4 bước kỹ thuật sản xuất phân hữu cơ từ vỏ cà phê



Bước 1. Chuẩn bị vật liệu

Chuẩn bị các vật liệu theo tỷ lệ cụ thể như sau:

- 1 tấn vỏ cà phê khô (khoảng 3 m³)
- 1 - 2 kg chế phẩm vi sinh (ưu tiên Trichoderma)
- 1 kg mật mía hoặc đường nâu
- 100 - 200 kg phân chuồng
- 10 kg urê

- 25 - 30 kg phân lân (Văn Điển)
- 10 - 15 kg bột vôi

Các bước chuẩn bị

- Gom vỏ cà phê sau chế biến (ướt hoặc khô).
- Trộn 1 lít dung dịch vi sinh Emina với 1 lít mật mía và 100 lít nước.
- Kiểm tra độ ẩm của vỏ cà phê: nếu quá ướt thì phơi nắng để giảm độ ẩm, hoặc nếu quá khô thì phun nước vào. Độ ẩm tối ưu là 50 - 60%.
- Chuẩn bị các dụng cụ cần thiết như cuốc, xẻng, cào và ống/vòi nước. Chuẩn bị thiết bị để kích hoạt dung dịch vi sinh, bao gồm thùng chứa nước và vòi phun nước.
- Dùng bạt hoặc vật liệu tương tự để che phủ và cố định đống phân ủ tránh gió thổi. Khuyến khích sử dụng vật liệu dẹt tự nhiên có nguồn gốc từ phế liệu để thay thế nhựa/ny lông.

Ảnh 1. Vật liệu được sử dụng để ủ phân compost từ cà phê



Bước 2. Trộn và ủ phân

a. Kích hoạt dung dịch vi sinh

- Hòa tan 1 - 2 kg chế phẩm vi sinh với 1 kg mật mía (hoặc đường nâu) trong 50 - 70 lít nước sạch. Khuấy đều hỗn hợp liên tục.
- Để dung dịch kích hoạt trong 2 - 3 giờ trước khi trộn vào đống phân compost.

Ảnh 2. Hòa tan chế phẩm vi sinh với nước sạch



b. Trộn vật liệu và ủ phân

- Trải 1 lớp vỏ cà phê dày khoảng 40 cm trên nền đất. Làm ẩm và trộn cho đến khi độ ẩm đạt 50 - 60% (bóp vắt 1 nắm vỏ cà phê; nước sẽ thấm ra các ngón tay mà không nhỏ giọt).
- Cho lần lượt các nguyên liệu đã chuẩn bị (phân chuồng, urê, lân, vôi) vào vỏ cà phê. Trộn đều kỹ và thêm nước để đảm bảo độ ẩm đồng nhất (độ ẩm: 55 - 60%). Sử dụng khoảng 700 lít nước cho mỗi tấn vỏ cà phê trong bước này và bước trước đó. Tránh tưới quá nhiều nước để tránh nước chảy tràn hoặc mất chất dinh dưỡng.

Ảnh 3. Lăn lượt cho phân (phân chuồng, phân urê, phân lân, vôi) lên vỏ trấu



- Tạo hình hỗn hợp thành các luống cao khoảng 20 cm và rộng 2 - 2,5 m. Chiều dài luống phụ thuộc vào lượng phân compost. Dùng dụng cụ tưới/phun để tưới dung dịch vi sinh đã hoạt hóa, sau đó trộn đều kỹ.
- Tạo hình đống phân ủ thành kích thước: cao 0,9 - 1,2 m, rộng 2,5 - 3 m và có chiều dài tùy theo lượng phân compost.
- Che phủ đống phân ủ bằng vật liệu hữu cơ (ví dụ: rơm, phân xanh, cây họ đậu) có độ dày khoảng 10 cm. Tưới nhẹ nước lên trên và phủ bạt trên đống ủ để giữ ẩm và nhiệt độ. Cố định bạt để tránh gió thổi bay.

Bước 3. Theo dõi và chăm sóc

Kiểm tra lần 1 (15 ngày)

- Kiểm tra đống phân ủ bằng cách đào vào giữa. Tìm chỗ nấm trắng tăng trưởng và đo nhiệt độ, nhiệt độ cần đạt 60 - 80°C để phân hủy vật liệu và tiêu diệt mầm bệnh.
- Thêm nước để duy trì độ ẩm ở mức 50 - 60% nếu thấy đống phân có vẻ khô.

Kiểm tra lần 2 (3 - 4 tuần)

- Đánh giá lại độ ẩm và trộn đều kỹ đống phân để đảm bảo phân hủy đều.
- Che phủ đống phân lại, và ủ thêm 2 tháng nữa. Thường xuyên theo dõi và bổ sung nước nếu cần để đảm bảo hoạt động vi sinh tiếp tục diễn ra hiệu quả.

Ảnh 4. Che phủ bạt lên đống phân ủ trong 3 - 4 tuần



Bước 4. Đóng bao và sử dụng

- Sau 3 - 4 tháng, kiểm tra đống phân. Phân compost đã phân hủy hoàn toàn sẽ có màu nâu sẫm, mềm và tơi/vụn, có mùi đất.
- Bón trực tiếp lên cây trồng như một loại phân bón.
- Để bảo quản, hãy đóng gói phân trộn vào bao, túi và bảo quản ở nơi khô ráo, thoáng mát và có mái che để giữ hàm lượng dinh dưỡng cho đến khi sử dụng.

Ảnh 5. Đóng bao phân compost



Yêu cầu kỹ thuật chính

- Yêu cầu số lượng vật liệu:
 - › Lượng vỏ cà phê cần thiết tùy thuộc vào quy mô mô hình. Để đảm bảo hiệu suất kinh tế, khuyến nghị sử dụng lượng vỏ cà phê tối thiểu vài tấn (tối đa vài chục tấn) để sản xuất phân bón.
 - › Vỏ cà phê nên được trộn với các vật liệu bổ sung như phân chuồng, phụ phẩm thực vật, hoặc các chất thải hữu cơ khác để cân bằng dinh dưỡng. Tỷ lệ điển hình là 50% vỏ cà phê, 20% phân chuồng và 30% phụ phẩm thực vật hoặc chất thải hữu cơ khác. Việc sử dụng phân chuồng làm nổi bật tiềm năng kết hợp trồng trọt - chăn nuôi, cũng như tính tuần hoàn chéo giữa ngành chăn nuôi và ngành cà phê.
- Yêu cầu chất lượng vật liệu:
 - › Vỏ cà phê phải không chứa chất bảo quản hoặc hóa chất độc hại. Nên ưu tiên sử dụng vỏ cà phê được canh tác hữu cơ để đảm bảo an toàn.
 - › Độ ẩm ban đầu của vật liệu phải nằm trong khoảng 50 - 60% để hỗ trợ vi sinh vật phát triển trong quá trình ủ phân.
 - › Trong giai đoạn ủ đầu tiên (2 - 4 tuần), nhiệt độ đống phân ủ phải được duy trì ở 50 - 65°C để loại bỏ mầm bệnh và đẩy nhanh quá trình phân hủy.
- Yêu cầu kỹ thuật cho quá trình ủ phân:
 - › Quá trình ủ phân thường mất 60 - 90 ngày. Để có phân bón chất lượng cao, quá trình ủ nên kéo dài ít nhất 2 - 3 tháng ở nhiệt độ tự nhiên.
 - › Khu vực ủ phân phải được che chắn để bảo vệ đống phân ủ khỏi mưa, đảm bảo thông gió tốt, và được xây dựng trên bề mặt cứng (ví dụ: xi măng hoặc gạch) để phòng tránh ô nhiễm đất hoặc nước ngầm.
 - › Đảo đống phân ủ thường xuyên (mỗi 1 - 2 tuần) để đảm bảo phân hủy đều và cung cấp oxy cho các vi sinh vật để phân hủy vật liệu hữu cơ.
- Yêu cầu quản lý chất lượng:
 - › Đo độ ẩm thường xuyên và bổ sung nước khi cần để duy trì độ ẩm lý tưởng là 50 - 60%.
 - › Theo dõi nhiệt độ hàng tuần để duy trì nhiệt độ trong khoảng tối ưu. Điều chỉnh nhiệt độ bằng cách thêm hoặc bớt vật liệu nếu cần.
 - › Phân hữu cơ đã phân hủy hoàn toàn phải có màu nâu sẫm (không có mùi khó chịu của vỏ cà phê) và có mùi đất dễ chịu.
- Yêu cầu về thời gian và nhân công:
 - › Quá trình ủ phân compost và quản lý tại chỗ cần được duy trì trong giai đoạn từ 2 - 3 tháng, tùy vào điều kiện thời tiết và quy mô sản xuất.
 - › Đối với quy mô vừa và nhỏ, cần 1 - 2 nhân công để đảo trộn, theo dõi và duy trì môi trường ủ phân. Đối với quy mô lớn hơn, có thể cần 5 - 10 nhân công.
 - › Cần có quy định về sức khỏe và an toàn.

3.2.4 Các bước kỹ thuật bón phân làm từ vỏ cà phê

Khi nào nên bón phân hữu cơ cho cây cà phê

1. Bón lót trước khi trồng

Bón phân hữu cơ 2 - 3 tuần trước khi trồng. Việc này giúp đất tơi xốp, tăng cường hoạt động của vi sinh vật và cung cấp dinh dưỡng ngay khi cây bắt đầu ra rễ (Hoàng, 2022).

2. Bón bổ sung

Việc bón bổ sung phân hữu cơ giúp duy trì độ phì nhiêu của đất và giúp cây trồng cải thiện hấp thụ dinh dưỡng.

- Đất màu mỡ có hàm lượng hữu cơ cao: bón 1 lần trong 3 - 4 năm.
- Đất bình thường: bón 1 lần trong 2 năm.

3. Lịch bón định kỳ

Phân hữu cơ thường được bón 3 lần mỗi năm như sau:

- *Bón lần 1:* Trong chu kỳ tuổi thứ 2 của mùa khô, giúp củng cố hệ thống rễ và tăng khả năng kháng tuyến trùng.
- *Bón lần 2:* Đây là lần bón chính, chiếm 60% tổng lượng phân hữu cơ được sử dụng. Bón vào đầu hoặc giữa mùa mưa, khi đất đủ ẩm, rễ cây cần nhiều dinh dưỡng hơn, và hệ vi sinh vật đất đang phát triển mạnh. Trong điều kiện này, phân hữu cơ và phân vi sinh phát huy tác dụng tối ưu, thúc đẩy hệ thống rễ khỏe mạnh và nâng cao hiệu quả của phân bón hóa học.
- *Bón lần 3:* Vào cuối mùa mưa (cuối tháng 8 đến đầu tháng 9). Trong thời gian này, nhiều vi sinh vật chết đi và chất hữu cơ nhanh chóng bị phân hủy do mưa kéo dài. Phân hữu cơ kết hợp với vi sinh vật có lợi giúp khôi phục hệ vi sinh trong đất. Độ ẩm thích hợp và tăng độ thoáng khí của đất khiến đây là thời điểm lý tưởng để bón phân hữu cơ vi sinh.

Cách bón phân hữu cơ

- Đối với cây cà phê non không có tán chồng lên nhau: Đào rãnh dọc theo đường kính tán cây, sâu 0,3 - 0,4 m, rộng 0,3 m và dài khoảng 1/4 đến 1/2 chiều dài rìa tán cây.
- Đối với cây cà phê trưởng thành có tán chồng lên nhau: Đào rãnh giữa 2 hàng cà phê có kích thước tương tự như trên.
 - › Nếu năm nay đào rãnh theo chiều ngang thì năm sau phải đào rãnh theo chiều dọc.
 - › Nếu có ít phân hữu cơ, có thể bỏ bón các hàng xen kẽ. Ở lần bón tiếp theo, đào rãnh ở các hàng còn lại.
- Luôn phủ đất sau khi bón phân hữu cơ để tạo môi trường thuận lợi cho hoạt động của vi sinh vật và ngăn ngừa mất chất dinh dưỡng do rửa trôi.

3.3 Mô hình 3A: Xử lý nước thải tại các cơ sở chế biến cà phê quy mô nhỏ

3.3.1 Tổng quan

Mặc dù về bản chất phương pháp chế biến không gắn với giống cà phê (ví dụ: robusta hay arabica), nhưng xu hướng tiêu thụ và cân nhắc thực tế thường ảnh hưởng đến việc lựa chọn phương pháp chế biến cho từng giống. Robusta thường được chế biến khô do hiệu quả về chi phí và phù hợp để sản xuất robusta quy mô lớn trong chế biến cà phê pha trộn và cà phê hòa tan. Chế biến ướt robusta ít phổ biến hơn nhưng có thể nâng cao chất lượng, tạo ra hương vị nhất quán hơn và sạch hơn, đồng thời giúp nâng cao sức cạnh tranh của cà phê robusta trên thị trường cao cấp.

Tuy nhiên, arabica thường được chế biến ướt vì nó làm tăng thêm những đặc điểm vốn có của arabica, chẳng hạn như độ chua (bright acidity), hương vị phức hợp, và ly cà phê sạch, vốn được đánh giá cao trên thị trường cà phê đặc sản. Hạt Arabica cũng thanh mảnh hơn và dễ bị lỗi, vì vậy môi trường được kiểm soát trong chế biến ướt giúp giảm nguy cơ chất lượng không đồng đều.

- **Chế biến ướt truyền thống:** Phương pháp này sử dụng nhiều nước. Chế biến ướt thông thường có thể sử dụng từ 20 - 100 m³ (20.000 - 100.000 L) nước với mỗi tấn cà phê xanh, và chỉ có thể đạt được mức sử dụng nước ở khoảng thấp nếu nước được tái chế. Xay ướt sinh thái cần dưới 10 m³ nước cho mỗi tấn cà phê xanh, lý tưởng nhất là dưới 5 m³ (Brando, 2004, tr. 647). Nếu tái chế, mức nước sử dụng có thể giảm xuống còn từ 9 - 13 m³ (9.000 - 13.000 L) cho mỗi tấn.
- **Máy nghiền ướt cải tiến:** Việc áp dụng thiết kế máy nghiền ướt cải tiến đã cho thấy mức tiêu thụ nước giảm tới 70%, đạt trung bình 0,67 lít nước cho mỗi kg quả cà phê, tương đương 670 lít mỗi tấn. Tuy nhiên, việc này cũng đòi hỏi phải đầu tư vào hệ thống bóc tách cùi theo phương pháp khô, thiết bị loại bỏ chất nhầy cơ học, và thiết kế lại máy nghiền để sử dụng ít nước nhất có thể.

Mặc dù công nghệ xử lý ướt đã cải thiện nhưng vẫn cần dùng một lượng nước đáng kể, đã gây áp lực lên tài nguyên thiên nhiên vào mùa khô, và phương pháp này tạo ra nước thải có chứa nitơ và photpho, có thể gây ô nhiễm môi trường nếu không được xử lý đúng cách.

Hiện nay, tại Việt Nam, ở quy mô hộ gia đình hoặc hợp tác xã, hoạt động chế biến cà phê có thể áp dụng công nghệ xử lý nước thải lý - sinh kết hợp, cho phép tái sử dụng nước thải để tưới tiêu. Điều này giúp giảm ô nhiễm môi trường và nâng cao hiệu suất sản xuất. Cần lưu ý rằng lớp cùi tươi (tạo ra từ bước đầu tiên trong chế biến ướt) có thể dùng làm nguyên liệu ủ phân, tương tự như phần chất nhầy ở đáy bể gạn/rót (decantation tank) đầu tiên.

Công nghệ xử lý nước thải lý - sinh kết hợp các quá trình vật lý, hóa học và sinh học để quản lý và xử lý nước thải hiệu quả. Nước thải cà phê chứa đường, caffeine và tannin, làm hàm lượng nhu cầu oxy sinh hóa (BOD) và nhu cầu oxy hóa học (COD) cao. Các phương pháp lý - sinh giúp giảm tải lượng các chất này hiệu quả. Các quá trình sinh học cũng loại bỏ nitơ và photpho, ngăn ngừa nước phú dưỡng - khi nước có quá nhiều dinh dưỡng và dẫn đến việc phát triển quá mức các loài thực vật và tảo, từ đó làm giảm chất lượng nước và gây hại cho hệ sinh thái thủy sinh. Nước thải sau xử lý có thể tái sử dụng để tưới tiêu hoặc các mục đích khác ngoài nước uống tại các vườn cà phê, đây là một giải pháp tuần hoàn để giải quyết các thách thức môi trường.

3.3.2 Lợi ích

- **Lợi ích kinh tế:** Nước thải từ quá trình chế biến cà phê sau khi xử lý chứa một lượng đáng kể nitơ, photpho và kali - đây là các chất thiết yếu cho sự phát triển của cây trồng. Tưới bằng nước thải này có thể làm giảm nhu cầu dùng phân bón tổng hợp. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng việc tưới bằng nước thải từ quá trình chế biến cà phê sau xử lý có thể giúp tăng sản lượng cây trồng nhờ bổ sung chất dinh dưỡng và cải thiện chất lượng đất (Alemayehu và cộng sự, 2020).
- **Lợi ích tuần hoàn và khí hậu:** Mô hình tuần hoàn xử lý và tái sử dụng nước thải cà phê làm nước tưới giúp giảm nguy cơ ô nhiễm nước ngầm và các dòng nước tự nhiên. Mô hình này cũng bảo vệ hệ sinh thái địa phương nhờ giảm thiểu các chất hữu cơ, vi sinh vật có hại trong nước thải và ngăn tác động tiêu cực đến đa dạng sinh học, do đó giảm ô nhiễm môi trường và bảo vệ hệ sinh thái. Hơn nữa, việc tái sử dụng nước thải đã xử lý giúp duy trì độ ẩm của đất và cải thiện cấu trúc đất nhờ các thành phần hữu cơ có lợi. Điều này cải thiện độ thoáng khí của đất, hàm lượng dinh dưỡng và năng suất cây trồng, đồng thời tăng khả năng chống xói mòn và thoái hóa, đảm bảo độ phì nhiêu của đất trồng cà phê trong dài hạn. Hàm lượng hữu cơ trong nước thải từ quá trình chế biến cà phê đã qua xử lý có thể làm tăng chất hữu cơ trong đất, cải thiện cấu trúc đất, tăng khả năng giữ nước và hoạt động của vi sinh vật, từ đó cải thiện độ phì nhiêu của đất.

- **Lợi ích xã hội:** Mô hình xử lý nước thải tuần hoàn từ chế biến cà phê tạo thêm cơ hội việc làm cho lao động địa phương với các việc như thu gom, xử lý nước thải, vận hành và bảo trì hệ thống. Hơn nữa, mô hình này còn nâng cao nhận thức cộng đồng về tầm quan trọng của việc bảo vệ môi trường và sử dụng tài nguyên bền vững. Khi áp dụng mô hình này, người dân có thể hiểu rõ hơn tác động tiêu cực của chất thải chưa qua xử lý và được khuyến khích chuyển đổi sang các thực hành sản xuất thân thiện với môi trường, từ đó thúc đẩy họ áp dụng các thực hành nông nghiệp bền vững.

3.3.3 Các bước kỹ thuật để xử lý nước thải tại các cơ sở cà phê quy mô nhỏ

Hình 7. 5 bước xử lý nước thải trong chế biến cà phê tại các cơ sở quy mô nhỏ



Bước 1. Nước sạch và chuẩn bị các chế phẩm sinh học thứ cấp

a. Nước sạch (7 - 10 ngày)

1 bể chứa nước sạch được xây dựng gần hệ thống chế biến cà phê. Tùy thuộc vào sản lượng cà phê của hộ gia đình, các bể chứa có kích thước khác nhau (10 - 15m³, lưu ý rằng 1 tấn hạt cà phê tươi đã tách lớp cùi chiếm thể tích 0,95 - 1,05 m³ khi thêm nước). Nước sạch được bơm vào bể chứa 7 - 10 ngày trước khi thu hoạch cà phê. Khu vực này được trang bị hệ thống bơm để truyền nước đến bể nhiên liệu (bể chứa cà phê), máy tách lớp cùi, bể lên men và bể rửa, cùng các thiết bị làm sạch và chế biến khác.

b. Chuẩn bị các sản phẩm sinh học thứ cấp (10 ngày)

Khoảng 1 tuần trước khi thu hoạch, hộ gia đình nuôi và tăng số lượng các vi sinh vật có lợi bằng cách biến các chế phẩm sinh học sơ cấp (ví dụ: EM1) thành các chế phẩm sinh học thứ cấp với các bước sau:

- Chuẩn bị: Trộn 1 lít dung dịch EM1, 1 lít mật mía, và 18 lít nước không chứa clo (nếu nước có chứa clo, hãy để trong thùng không đầy nắp trong 24 giờ để clo bay hơi). 1 lít dung dịch EM1 cho mỗi m³ nước thải.
- Yêu cầu về bình chứa: Sử dụng bình chứa bằng nhựa có nắp đậy kín và dung tích từ 20 - 30 lít.
- Quá trình lên men: Hòa tan EM1 và mật mía vào nước trong thùng chứa, đậy kín, và để lên men kỵ khí trong 5 - 7 ngày.
- Thoát khí: Trong quá trình lên men, khí tích tụ có thể khiến bình chứa nổ ra. Cứ 1 - 2 ngày, mở nhanh nắp 1 lần để giải phóng khí thừa, sau đó lại đậy kín lại để tránh làm hỏng bình chứa.
- Kết quả: Dung dịch lên men thứ cấp (EM2) được coi là thành công nếu trên bề mặt hình thành lớp màng trắng và tỏa ra mùi chua ngọt (sweet - sour aroma).

Ảnh 6. Chế phẩm sinh học (EM1)



Ảnh 7. Yêu cầu về bình chứa



Bước 2. Trộn với dung dịch vi sinh thứ cấp

Quả cà phê sau thu hoạch được ngâm trong nước sạch pha với dung dịch vi sinh thứ cấp trong bể chứa từ 6 - 8 giờ. Quá trình này loại bỏ các tạp chất như đất, bụi, lá cây, cũng như những quả cà phê chưa chín nổi trên mặt nước. Nước thải và tạp chất sau đó được dẫn vào bể chứa nước thải chính thông qua hệ thống đường ống.

Bước 3. Thu hồi nước thải (~24 ngày)

Nước thải phát sinh trong quá trình chế biến cà phê, bao gồm bóc tách lớp cùi (pulping), lên men, rửa, làm sạch, được thu gom và dẫn đến 1 bể chứa chuyên dụng (Bể 1). Bể này được thiết kế để chứa nước thải tối thiểu 24 ngày, giúp giảm nồng độ chất ô nhiễm.

Ảnh 8. Bóc tách vỏ cà phê



Ảnh 9. Khu vực ngâm, lên men và rửa



Bước 4. Gạn/lọc (1 bể chứa) và phân hủy kỵ khí (5 - 7 tháng)

- Nước thải từ quá trình chế biến cà phê được thu gom vào bể chứa chính (Bể 1) và sau đó được bơm vào bể chứa thứ 2 (Bể 2). Tại Bể 2, nước thải được trộn cùng với các tác nhân vi sinh vật và trải qua quá trình phân hủy tự nhiên nhờ sự hỗ trợ của vi sinh vật trong 6 - 7 tháng.

Ảnh 10. Bể chứa để phân hủy

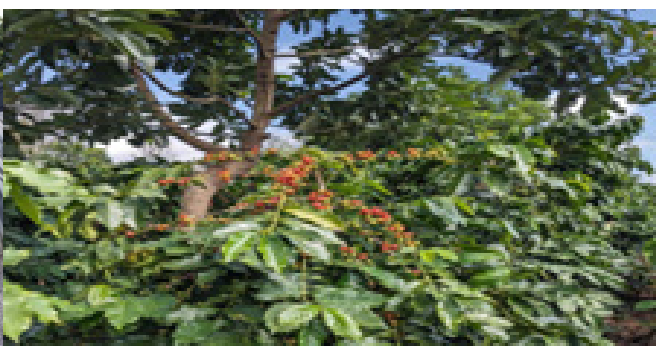


- Trong quá trình phân hủy, tiến hành sục khí cơ học mỗi tháng 1 lần, và độ pH được theo dõi bằng giấy quỳ để đảm bảo điều kiện môi trường tối ưu.

Bước 5. Sử dụng

Sau 6 - 7 tháng phân hủy tự nhiên, nước thải cà phê đã xử lý trở nên trong, không mùi, có thể dùng để tưới cho cây cà phê. Người sản xuất cà phê bơm thêm nước vào bể chứa thứ 2 (Bể 2), khuấy đều và sử dụng hỗn hợp này để tưới cây. Nước thải đã qua xử lý không chỉ cung cấp độ ẩm và chất hữu cơ mà còn cung cấp nitơ và photpho, giúp giảm chi phí sản xuất cho người dân.

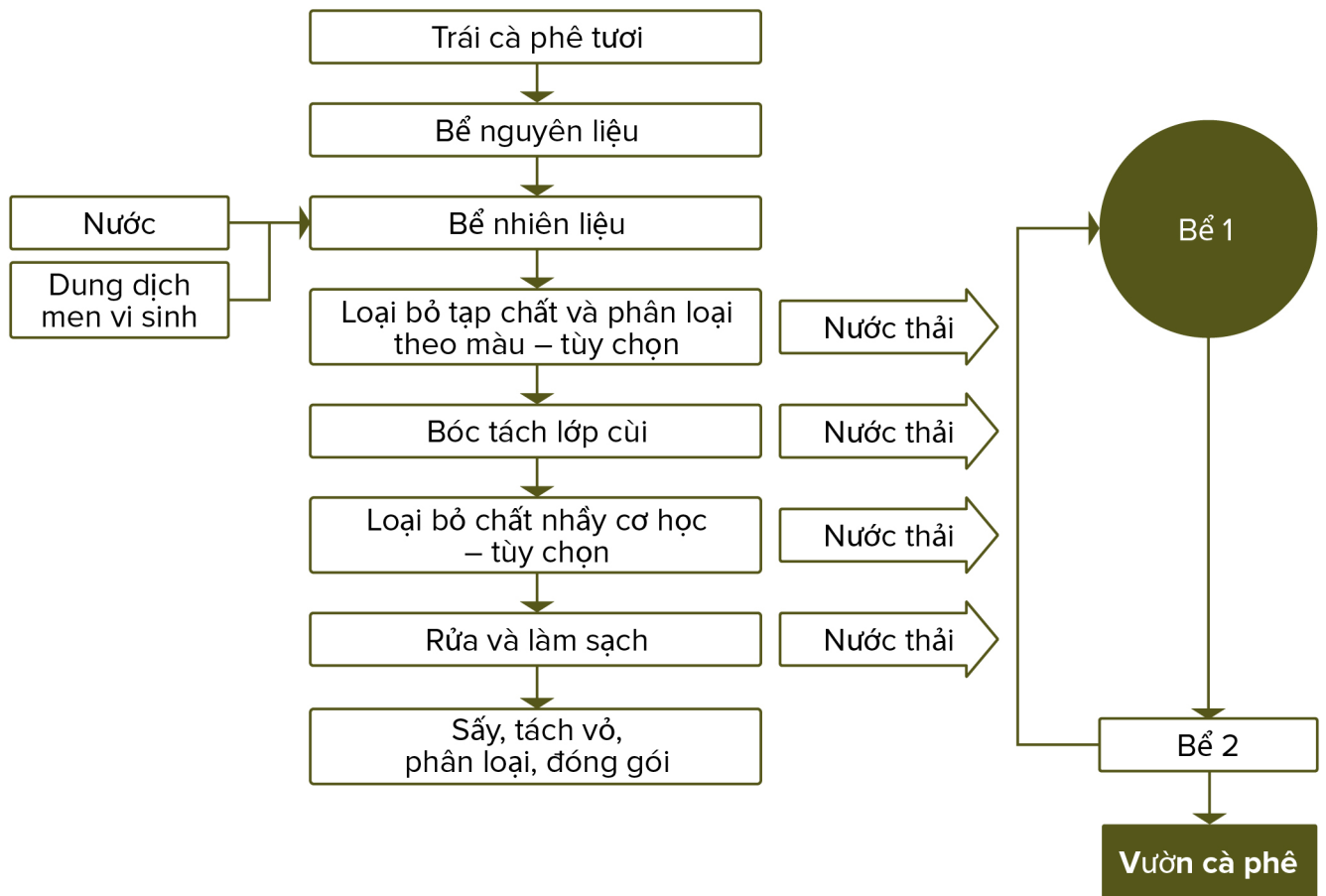
Ảnh 11. Sử dụng nước thải đã qua xử lý để tưới cây cà phê



Nước thải từ quá trình chế biến cà phê phải tuân thủ Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp (QCVN 40:2011/BTNMT) do Bộ Nông nghiệp và Môi trường (BNNMT) ban hành. Quy chuẩn này quy định giới hạn cho phép đối với các thông số chính như pH (5,5 - 9), BOD₅ ($\leq 50 - 100$ mg/L), COD ($\leq 75 - 150$ mg/L), tổng chất rắn lơ lửng ($\leq 50 - 100$ mg/L) và nồng độ vi sinh vật, tùy thuộc vào phân loại môi trường tiếp nhận (Cột A hoặc Cột B). Việc xả nước thải cà

phê đã xử lý vào các nguồn nước tự nhiên bắt buộc phải tuân thủ QCVN 40:2011/BTNMT nhằm đảm bảo bảo vệ môi trường và quản lý tài nguyên bền vững.

Hình 8. Xử lý nước thải tại các cơ sở quy mô nhỏ



Yêu cầu kỹ thuật chính

- Kiến thức về nuôi cấy vi sinh vật và chất lượng nước thải:
 - › Người nông dân phải có kiến thức cơ bản về nuôi cấy tác nhân vi sinh vật để triển khai thành công mô hình này, cũng như để giảm chi phí và giảm thiểu tác động môi trường.
 - › Nước thải đã qua xử lý phải đáp ứng các quy định của Nhà nước mới được dùng để tưới cây cà phê.
- Chi phí đầu tư ban đầu cao:
 - › Cần có vốn đầu tư ban đầu khá cao hoặc tiếp cận được các chính sách hỗ trợ tài chính.
 - › Chi phí ban đầu trung bình khoảng 213 triệu VND (bao gồm bể chứa, hệ thống xử lý, bạt và đường ống), đây là thách thức đối với nhiều người dân.
- Gần các hệ thống sản xuất và xử lý:
 - › Khu vực sản xuất, khu chế biến và hệ thống xử lý nước thải phải được bố trí gần nhau để giảm thiểu chi phí và nhân công.
 - › Các đồn điền cà phê thường xa các cơ sở chế biến, làm tăng chi phí vận chuyển và tưới tiêu.

3.4 Mô hình 3B: Xử lý nước thải ở các cơ sở chế biến cà phê quy mô lớn

3.4.1 Tổng quan

Mô hình này tạo ra khí sinh học (biogas) qua quá trình phân hủy kỵ khí, giúp giảm ô nhiễm hiệu quả và cung cấp nguồn năng lượng tái tạo. Khí sinh học có thể dùng làm nhiên liệu cho các hoạt động sản xuất như sấy và tách vỏ, sản xuất nhiệt năng để sấy cà phê, sản xuất điện, hoặc

dùng làm nhiên liệu cho động cơ chạy bằng khí sinh học, nhờ đó giúp doanh nghiệp giảm chi phí năng lượng và tối ưu hóa tài nguyên.

Công nghệ hầm biogas phủ polyethylene mật độ cao đang được sử dụng rộng rãi, với thiết kế đơn giản, chống rò rỉ, chi phí thấp, bảo trì dễ dàng và hiệu suất cao. Công nghệ này không chỉ xử lý nước thải hiệu quả mà còn chuyển hóa chất thải thành tài nguyên quý giá, mang lại lợi ích về kinh tế và tính bền vững.

Việc sử dụng khí sinh học cho phép các doanh nghiệp đáp ứng các tiêu chuẩn sản xuất xanh, nâng cao hình ảnh thân thiện với môi trường và thể hiện trách nhiệm xã hội của họ. Cách tiếp cận này sẽ thu hút khách hàng và đối tác có ý thức bảo vệ môi trường, tạo ra lợi thế cạnh tranh trong ngành chế biến cà phê.

Mô hình này (Mô hình 3B) khác với Mô hình 3A vì nó áp dụng với các doanh nghiệp lớn, đòi hỏi chi phí đầu tư ban đầu cao và công nghệ tiên tiến hơn. Các công nghệ từ 2 mô hình này mang lại lợi ích tương tự nhau khi được áp dụng, nhưng có quy mô khác nhau.

3.4.2 Lợi ích

- **Lợi ích kinh tế:** Mô hình này làm giảm đáng kể chi phí năng lượng nhờ sử dụng khí sinh học làm nhiên liệu thay thế, tiết kiệm 20 - 50% so với các nguồn năng lượng truyền thống (như than đá). Chi phí xử lý nước thải được tối ưu hóa thông qua hệ thống tự vận hành tại chỗ, biến nước thải từ 1 gánh nặng tài chính thành nguồn tài nguyên kinh tế, từ đó tối ưu hóa chi phí năng lượng và xử lý nước thải.

Hơn nữa, việc áp dụng mô hình này có thể tạo điều kiện để sản phẩm đạt chứng nhận “sản xuất sạch”. Mặc dù không có quy định cụ thể nào trực tiếp yêu cầu xử lý nước thải từ sản xuất cà phê tại Hoa Kỳ và EU, việc tuân thủ các chứng nhận bền vững quan trọng như Rainforest Alliance, Fairtrade, USDA Organic và EU Organic đòi hỏi phải quản lý và xử lý nước thải đúng cách để đáp ứng các tiêu chí bảo vệ môi trường và yêu cầu về tiếp cận thị trường. Do đó, mô hình này mang lại lợi ích kinh tế qua việc nâng cao giá trị thương hiệu và tăng tiếp cận thị trường.

- **Lợi ích tuần hoàn và khí hậu:** Hệ thống xử lý nước thải của mô hình này giúp giảm 90 - 95% chất ô nhiễm, cải thiện chất lượng nước, ngăn ngừa phú dưỡng và bảo vệ các hệ sinh thái thủy sinh. Nước sau xử lý đáp ứng các quy chuẩn pháp lý và có thể được tái sử dụng để rửa/làm sạch, góp phần giảm thiểu tác động môi trường và mang đến 1 giải pháp tuần hoàn để giải quyết thách thức môi trường nhờ xử lý nước thải hiệu quả. Việc biến khí mê-tan trong nước thải thành khí sinh học cũng làm giảm phát thải KNK, và bùn thải sau xử lý có thể được sử dụng làm phân hữu cơ. Nhờ giảm phát thải và sử dụng chất thải cho mục đích mới, mô hình này hỗ trợ các mục tiêu KTTH, phù hợp với tham vọng khí hậu của Việt Nam, và thúc đẩy phát triển nông nghiệp bền vững.
- **Lợi ích xã hội:** Mô hình này có thể góp phần tạo việc làm cho lao động địa phương với các công việc về thử nghiệm công nghệ, vận hành và xử lý sự cố, đồng thời có thể cải thiện điều kiện sống nhờ giảm ô nhiễm môi trường. Mô hình này cũng nâng cao nhận thức cộng đồng về sản xuất bền vững, thúc đẩy lối sống phù hợp với các mục tiêu bảo vệ môi trường.

3.4.3 Các bước kỹ thuật xử lý nước thải tại các cơ sở cà phê quy mô lớn

Hình 9. 5 bước xử lý nước thải trong chế biến cà phê



Bước 1. Thu gom và tách chất thải

Nước thải phát sinh trong quá trình chế biến cà phê (từ khâu rửa, ngâm, lên men, v.v.) được dẫn vào bể lắng. Tại đây, cát và các mảnh rác vụn kích thước lớn được giữ lại để bảo vệ máy bơm và đường ống. Nước thải sau đó chảy xuống nhờ trọng lực vào bể trung gian, trong bể này, nồng độ chất rắn lơ lửng, COD và BOD đã giảm đáng kể.

Bước 2. Thu gom nước thải, sau đó kiểm tra và điều chỉnh độ pH

- Nước thải được thu gom, tách và dẫn vào bể trung gian.

- Bể trung gian sẽ ổn định lưu lượng và tải trọng của nước thải.
- Thay đổi lưu lượng nước thải trong cả ngày được bể trung gian xử lý/triệt tiêu để đảm bảo nguồn cung nước ổn định vào bể phân hủy kỵ khí.
- Nước thải được trộn với bùn hoạt hóa từ bể biogas kỵ khí để ổn định độ pH.
- Nếu cần, có thể thêm hóa chất điều chỉnh độ pH, duy trì pH ở mức 6,5 - 7,5 để phân hủy và sản xuất biogas tối ưu.

Ảnh 12. Bể phân hủy kỵ khí biogas



Bước 3. Bể phân hủy kỵ khí biogas

- Sau khi kiểm tra số lượng và nồng độ pH, nước thải được bơm vào bể biogas.
- Các vi sinh vật kỵ khí sẽ phân hủy chất hữu cơ trong nước thải và tạo ra khí sinh học.
- Bùn tạo ra từ bể kỵ khí được tái chế một phần và đưa trở lại bể trung gian để ổn định thành phần nước thải trước khi vào bể kỵ khí.

Bước 4. Thu gom và phân phối khí sinh học

- Biogas tạo ra trong bể phân hủy kỵ khí được thu gom bằng các ống nhựa đục lỗ bố trí dọc theo đường viền bao quanh bể.
- Khí được dẫn tới đường ống thu gom khí chính.
- Biogas đi qua hệ thống khử ẩm, rồi qua hệ thống kiểm tra áp suất, và van an toàn.
- Khí được xử lý để tách hydro sunfua (H_2S), chiếm khoảng 0,5% biogas.

Ảnh 13. Biến nước thải thành nhiên liệu sinh học để sấy cà phê hoặc phát điện



Từ đây, quạt thổi sẽ đưa biogas đến hệ thống đốt trong cơ sở sản xuất cà phê. Bên trong cơ sở, biogas được đốt trong lò sấy cà phê hoặc dùng để cung cấp năng lượng cho máy phát điện.

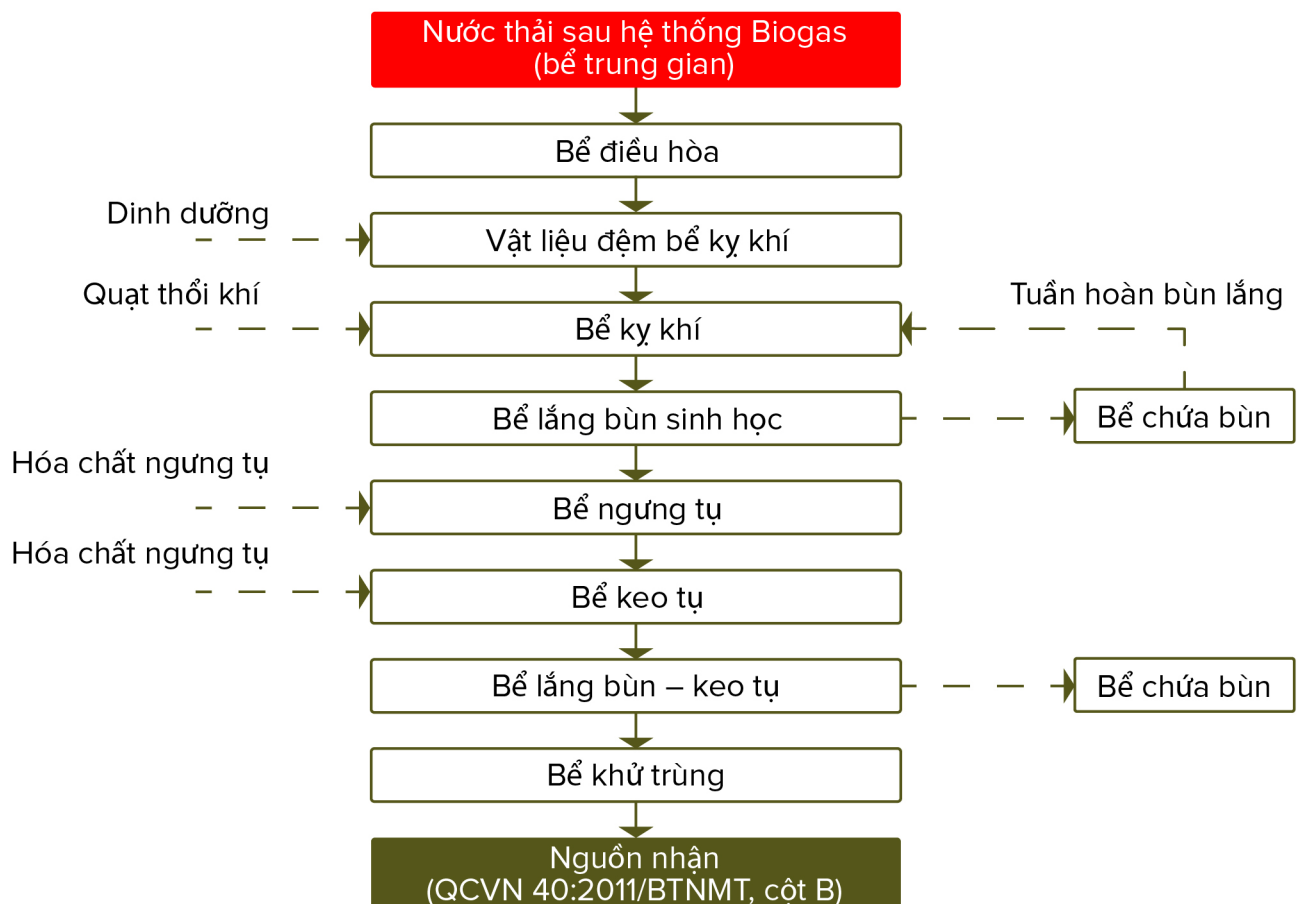
Ảnh 14. Dùng biogas tạo ra từ quá trình xử lý nước thải để sấy cà phê



Bước 5. Xử lý nước thải

Nước thải xử lý trong bể phân hủy kỵ khí biogas đạt hiệu suất xử lý khoảng 80 - 90%. Nước thải sản xuất thu gom được, sau khi xử lý kỵ khí trong bể phân hủy biogas, sẽ được xử lý tiếp với việc kết hợp công nghệ sinh học và hóa lý theo quy trình trong sơ đồ sau:

Hình 10. Xử lý nước thải tại các cơ sở quy mô lớn



Nước thải sau xử lý phải đạt tiêu chuẩn quy định tại Cột B của Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về Nước thải Công nghiệp (QCVN 40:2011/BTNMT) khi xả vào nguồn nước không dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt. Nước thải sau xử lý được doanh nghiệp sử dụng để vệ sinh sân nhà và thiết bị trong quá trình chế biến cà phê.

Ảnh 15. Hệ thống xử lý nước thải bằng công nghệ hóa sinh và hóa lý



Yêu cầu kỹ thuật chính

- Yêu cầu về khối lượng xử lý nước thải: Đảm bảo đủ khối lượng nước thải đầu vào để xử lý theo công suất thiết kế, với hiệu suất xử lý $\geq 90\%$.
- Chất lượng nước thải sau xử lý: Đáp ứng Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp của Việt Nam (QCVN 40:2011/BTNMT) hoặc quy định địa phương:
 - › BOD5: ≤ 30 mg/L
 - › COD: ≤ 50 mg/L
 - › Độ pH: 6 - 8,5
 - › Tổng chất rắn lơ lửng (TSS): ≤ 50 mg/L
 - › Nitơ và Phốt pho: Theo yêu cầu cụ thể của địa phương
- Yêu cầu sản xuất biogas:
 - › $\geq 80\%$ COD được chuyển hóa thành biogas
 - › Hàm lượng mê-tan (CH_4): $\geq 60\%$
 - › Tạp chất, ví dụ H_2S : ≤ 200 ppm
- Yêu cầu thiết kế công nghệ:
 - › Bể phân hủy kỵ khí dưới dạng bể lên men hoặc bể UASB (Bể lọc ngược qua tầng bùn kỵ khí)
 - › Các hệ thống xử lý chính (ví dụ: lọc rác, bể lắng) và hệ thống thứ cấp (ví dụ: bộ lọc sinh học, xử lý hóa học)
 - › Cũng cần có các yêu cầu về an toàn (ví dụ: bảo quản khí/giám sát rò rỉ; yêu cầu về lò đốt hoặc máy phát điện; các biện pháp an toàn để xử lý biogas)
- Thời gian lưu: Thời gian lưu thủy lực (HRT) là 15 - 25 ngày, tùy thuộc vào thiết kế hệ thống (ví dụ: bể phân hủy kỵ khí, bể UASB hoặc công nghệ khác).
- Rủi ro và giảm nhẹ rủi ro: Một thách thức đáng kể trong việc duy trì hệ thống xử lý nước thải cà phê là tính chất mùa vụ thu hoạch và chế biến cà phê. Trong mùa thu hoạch, lượng nước thải rất lớn, nhưng ngoài giai đoạn này, lượng nước thải giảm mạnh hoặc ngừng hẳn. Điều này khiến việc duy trì hệ thống xử lý nước thải, đặc biệt là các hệ thống như hầm biogas, gặp khó khăn và kém hiệu quả. Dưới đây là một số giải pháp KTTH được đề xuất để giải quyết vấn đề này:

- › **Tích hợp các nguồn nước thải từ các ngành khác:** Sử dụng nước thải từ các hoạt động nông nghiệp hoặc công nghiệp khác trong vùng vào thời điểm ngoài vụ thu hoạch cà phê hoặc sử dụng các phụ phẩm nông nghiệp khác, ví dụ như rơm rạ hoặc phân chuồng, để bổ sung nguồn nguyên liệu đầu vào cho hệ thống biogas. Giải pháp này giúp hệ thống xử lý duy trì hoạt động liên tục quanh năm, cải thiện hiệu suất sử dụng hệ thống và giảm chi phí vận hành. Với việc sử dụng nước thải từ các hoạt động nông nghiệp khác, giải pháp này giúp giảm chất thải và phù hợp với cách tiếp cận KTTH rộng hơn trong sản xuất nông nghiệp.
- › **Lưu và xử lý nước thải dần dần:** Xây dựng các bể chứa lớn để thu gom nước thải phát sinh trong mùa thu hoạch cà phê và xử lý dần dần quanh năm. Sử dụng bể chứa kín để giảm thiểu ô nhiễm môi trường và bảo quản chất hữu cơ cần thiết cho quá trình xử lý. Giải pháp này giúp tránh quá tải trong các giai đoạn cao điểm và cung cấp nguồn nguyên liệu đầu vào ổn định cho hệ thống biogas.
- › **Hỗ trợ của cộng đồng và tích hợp chuỗi giá trị:** Khuyến khích các hợp tác xã và doanh nghiệp nhỏ phối hợp xây dựng các hệ thống xử lý tập trung để phục vụ nhiều hộ gia đình hoặc cơ sở chế biến. Thành viên hợp tác xã có thể cùng sử dụng nước thải từ các vùng lân cận có nguyên liệu đầu vào tương tự và chia sẻ chi phí giữa các thành viên để duy trì hệ thống hiệu quả. Giải pháp này giúp mở rộng quy mô hệ thống, giảm chi phí đầu tư của mỗi hộ riêng lẻ và đảm bảo vận hành ổn định ngay cả trong thời gian trái vụ. Điều này là nhờ áp dụng các nguyên tắc KTTH về chia sẻ tài nguyên, từ đó cho thấy các thực hành KTTH có thể giúp thúc đẩy một hệ thống nông nghiệp bền vững hơn.

Cơ hội chính sách liên quan đến Mô hình 4: xây dựng các quy định kỹ thuật để quản lý việc chuyển giao và sử dụng nước thải đã qua xử lý một cách an toàn cho mục đích nông nghiệp

Hiện nay, Việt Nam thiếu các quy định cụ thể về việc chuyển giao và tái sử dụng nước thải đã qua xử lý từ các hoạt động công nghiệp hoặc chế biến nông nghiệp, như chế biến cà phê, để phục vụ tưới tiêu nông nghiệp. Dù QCVN 01-195:2022/BNNPTNT đưa ra các quy chuẩn về nước thải chăn nuôi sử dụng cho cây trồng và QCVN 40:2011/BTNMT quy định giới hạn xả thải cho phép đối với nước thải công nghiệp (gồm cả nước thải từ quá trình chế biến cà phê), nhưng hiện vẫn chưa có quy chuẩn kỹ thuật nào dành riêng cho quản lý chất lượng, điều kiện hoặc quy trình chuyển giao nước thải đã qua xử lý giữa các doanh nghiệp để tái sử dụng. Quy chuẩn QCVN 08:2023/BTNMT gồm các quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt, chủ yếu dùng để phân loại và đánh giá các nguồn nước tiếp nhận, nhưng quy chuẩn này không điều chỉnh đối với nước thải đã qua xử lý để tái sử dụng trong nông nghiệp. Khoảng trống pháp lý này hạn chế tiềm năng quản lý tài nguyên nước bền vững, đặc biệt là ở các vùng sản xuất cà phê, nơi mà việc tái sử dụng nước thải có thể giúp giảm tiêu thụ nước ngọt và tăng cường bảo vệ môi trường.

Khuyến nghị Việt Nam nên xây dựng các hướng dẫn hoặc quy định, quy chuẩn kỹ thuật cụ thể về việc sử dụng an toàn nước thải đã qua xử lý cho trồng trọt, bao gồm các tiêu chuẩn rõ ràng về chất lượng nước để tái sử dụng, cơ chế chuyển giao, yêu cầu giám sát, và các mô hình thí điểm để thúc đẩy tái sử dụng nước thải đã qua xử lý an toàn và hiệu quả trong nông nghiệp.



Chương 4

LỢI ÍCH KINH TẾ VÀ MÔI TRƯỜNG CỦA MÔ HÌNH TUẦN HOÀN TRONG SẢN XUẤT CÀ PHÊ

4.1 Phân tích chi phí-lợi ích

4.1.1 Mô hình 1: Xen canh trong canh tác cà phê

Phân tích tài chính cho thấy việc xen canh cây cà phê với cây bơ mang lại lợi nhuận cao hơn so với việc duy trì hệ thống độc canh cà phê.

Theo giá cơ sở, NPV khi xen canh cà phê - bơ đạt 4.467,77 triệu VND/ha, cao hơn khoảng 57% so với mức 2.860,68 triệu VND/ha khi độc canh cà phê. Lợi nhuận hàng năm (EAA) khi xen canh cũng cao hơn 50 - 60%, trong đó độc canh cà phê tạo ra mức lợi nhuận hàng năm là 181 - 209 triệu VND/ha/năm, còn lợi nhuận khi xen canh cà phê - bơ đạt 299 - 327 triệu VND/ha/năm. Tỷ suất hoàn vốn nội bộ (IRR) khi độc canh cà phê đạt khoảng 51%, còn IRR khi xen canh cà phê - bơ đạt khoảng 67%, cao hơn so với tỷ suất hoàn vốn thị trường thông thường. Hơn nữa, thời gian hoàn vốn rút ngắn từ 4 năm xuống còn 3 năm khi áp dụng mô hình xen canh.

Trong 5 năm đầu, dòng tiền tích lũy ròng từ mô hình xen canh cà phê - bơ đạt 259,47 triệu VND/ha, cao gấp hơn 3 lần so với mô hình độc canh chỉ đạt 78,74 triệu VND/ha.

Kể cả trong kịch bản giá cà phê và bơ biến động, thì xen canh vẫn có khả năng chống chịu về mặt tài chính tốt hơn. Mô hình độc canh có thể rơi vào tình trạng dòng tiền âm (khoảng -28,68 triệu VND/ha) sau 5 năm theo kịch bản giá giảm, còn mô hình xen canh vẫn duy trì dòng tiền ròng dương khoảng 139,31 triệu VND/ha.

Nhìn chung, phân tích kinh tế cho thấy xen canh cà phê - bơ mang lại lợi nhuận cao hơn, thu hồi vốn nhanh hơn, và khả năng chống chịu tốt hơn trước biến động giá so với độc canh cây cà phê. Bảng ước tính chi tiết có trong Phụ lục 2.

4.1.2 Mô hình 2: Sản xuất phân hữu cơ từ vỏ cà phê

Kết quả theo dõi năng suất cà phê qua các thời kỳ cho thấy mô hình sử dụng phân bón từ vỏ cà phê cho năng suất ổn định và cao hơn so với sử dụng phân bón vô cơ (Sở NN&PTNT Lâm Đồng, 2022). Trong mô hình này, năng suất bình quân đạt 4,43 tấn hạt/ha, cao hơn 0,2 tấn/ha so với sản xuất cà phê truyền thống. Hơn nữa, việc sử dụng phân bón từ vỏ cà phê còn cải thiện độ phì nhiêu của đất, thúc đẩy cây trồng sinh trưởng ổn định, giảm tình trạng già cỗi và đảm bảo năng suất cà phê đồng đều hơn (Sở NN&PTNT Lâm Đồng, 2022).

Bảng 11. Chi phí sản xuất 1 ha cà phê robusta tại tỉnh Lâm Đồng

STT	Hạng mục	Đơn vị	Mô hình sản xuất thông thường	Mô hình sử dụng vỏ cà phê làm phân bón	Thay đổi
I	Tổng chi phí sản xuất	VND/ha	58.575.000	53.275.000	-10,2%
1	Phân bón	VND/ha	24.875.000	19.595.000	-21,2%
1.1	Phân hữu cơ	VND/ha	9.000.000	6.000.000	-33,3%
1.2	Phân vô cơ	VND/ha	15.875.000	13.595.000	-14,4%
	- Urea	VND/ha	4.500.000	3.725.000	-17,2%
	- SA Amoni Sunfat	VND/ha	1.400.000	1.290.000	-7,9%
	- Supephosphat	VND/ha	2.475.000	2.205.000	-10,9%
	- Kali	VND/ha	5.000.000	4.250.000	-15,0%
	- Vôi	VND/ha	2.500.000	2.125.000	-15,0%
2	Hóa chất bảo vệ thực vật	VND/ha	3.600.000	3.460.000	-3,9%
3	Sản xuất xăng, dầu và điện	VND/ha	7.500.000	7.500.000	0,0%

STT	Hạng mục	Đơn vị	Mô hình sản xuất thông thường	Mô hình sử dụng vỏ cà phê làm phân bón	Thay đổi
4	Các vật liệu khác để sản xuất cà phê	VND/ha	1.000.000	1.000.000	0,0%
II	Chi phí thuê lao động	VND/ha	21.600.000	21.720.000	0,6%
1	Lao động làm đất	VND/ha	2.000.000	2.000.000	0,0%
2	Lao động cắt tỉa và tạo hình tán cây	VND/ha	8.000.000	8.000.000	0,0%
3	Lao động làm cỏ và chăm vườn	VND/ha	3.000.000	3.000.000	0,0%
4	Lao động phun hóa chất bảo vệ thực vật	VND/ha	3.000.000	2.850.000	-5,0%
5	Lao động bón phân	VND/ha	2.400.000	2.670.000	11,3%
6	Lao động tưới tiêu	VND/ha	3.200.000	3.200.000	0,0%
III	Năng suất	ton/ha	3,26	3,46	6,0%
IV	Giá sản phẩm	VND/kg	80.373	80.373	0,0%
V	Doanh thu	VND/ha	262.015.980	278.090.580	6,0%
VI	Lợi nhuận	VND/ha	203.440.980	224.815,580	10,5%

Nguồn: Sở NN&PTNT Lâm Đồng và khảo sát hộ gia đình năm 2024

Tại tỉnh Lâm Đồng, nông dân sử dụng vỏ cà phê làm phân hữu cơ đã giúp giảm 10,2% chi phí sản xuất so với mô hình sản xuất thông thường. Cụ thể, chi phí phân hữu cơ giảm 33,3%, chi phí phân đạm urê giảm 17,2%, ngoài ra còn nhiều khoản tiết kiệm chi phí khác.

Để so sánh hiệu quả kinh tế giữa 2 mô hình sản xuất tại tỉnh Lâm Đồng (trồng cà phê robusta truyền thống và sử dụng vỏ cà phê làm phân bón), nhóm nghiên cứu đã sử dụng giá cà phê robusta bình quân tại Lâm Đồng trong quý 1/2024 là 80.373 VND/kg (hạt khô).

Mô hình 2 mang lại lợi nhuận cao hơn, đạt 223,1 triệu VND/ha nhờ năng suất tăng và chi phí phân bón thấp hơn. Cách làm này không chỉ giảm chi phí phân bón hóa học mà còn góp phần bảo vệ môi trường nhờ hạn chế sử dụng hóa chất có hại. Hơn nữa, việc tận dụng vỏ cà phê, vốn là phụ phẩm của quá trình chế biến cà phê, không chỉ tiết kiệm chi phí mà còn tạo ra phân hữu cơ chất lượng cao, giúp tăng cường độ phì nhiêu của đất, hỗ trợ sản xuất nông nghiệp bền vững.

Nhìn chung, lợi ích của Mô hình 2 đã rõ ràng: bằng cách tái sử dụng chất thải trong hệ thống khép kín, nông dân có thể giảm sử dụng vật tư hóa chất đầu vào, cải thiện năng suất, tiết kiệm chi phí và thúc đẩy phát triển nông nghiệp bền vững.

4.1.3 Mô hình 3A & 3B: Xử lý nước thải trong quá trình chế biến cà phê tại các cơ sở quy mô nhỏ và lớn

Một trong những mục tiêu chính của Sổ tay này là cung cấp thông tin kỹ thuật để hỗ trợ BNNMT đưa các thực hành KTTH vào NDC 3.0 của Việt Nam. Phần này trình bày cách các mô hình KTTH trong Sổ tay này có thể giúp đạt được mục tiêu giảm nhẹ khí hậu thông qua giảm phát thải carbon bằng cách giảm chất thải, sử dụng tối ưu tài nguyên và giảm thiểu tác động môi trường trong sản xuất cà phê.

Dấu chân carbon (CF) là lượng phát thải CO₂ liên quan đến vòng đời một sản phẩm và thường được thể hiện bằng tấn CO₂ tương đương trên một đơn vị diện tích, trọng lượng, thể tích hoặc thời gian. Mặc dù các phương pháp CF cung cấp thông tin chi tiết về lượng phát thải trực tiếp và

gián tiếp, nhưng lại chưa nắm bắt được các tác động rộng hơn về môi trường và hệ thống. Ví dụ, các CF thông thường hay loại trừ các dòng carbon rò rỉ (như lưu giữ qua sinh khối) và tác động bên ngoài như nạn phá rừng, mất đa dạng sinh học, hoặc suy thoái nước và đất. Các phương pháp này cũng thường bỏ qua tiềm năng lưu trữ carbon của các hệ thống sản xuất. Trong canh tác cà phê, đặc biệt là các hệ thống robusta ở Việt Nam, các mô hình xen canh và nông lâm kết hợp đã chứng minh tiềm năng lưu giữ carbon cao hơn so với các mô hình độc canh cà phê - vốn đóng góp ít hơn vào việc loại bỏ CO₂ trong khí quyển.

Để giải quyết những hạn chế này, đảm bảo đánh giá toàn diện và khả thi hơn về tính bền vững, Bộ công cụ Thực hành - Xây dựng Tính tuần hoàn trong Đóng góp do Quốc gia Tự quyết định (CE-NDC) cung cấp một khung toàn diện để xác định và tích hợp các thực hành KTTH vào quá trình lập kế hoạch quốc gia thích ứng với biến đổi khí hậu. Mặc dù chỉ có 28% NDC hiện tại đề cập đến các chiến lược KTTH, nhưng các nguyên tắc tuần hoàn như sản xuất tái tạo, giảm chất thải, và lưu giữ carbon rất phù hợp với ngành cà phê. Việc áp dụng Bộ công cụ CE-NDC vào chuỗi cung ứng cà phê có thể giúp các nhà hoạch định chính sách ưu tiên các mô hình canh tác có tác động cao, phát thải thấp và xác định các công cụ chính sách hỗ trợ.

Ngoài phân tích CF, cần sử dụng các chỉ số bền vững khác như đánh giá vòng đời xã hội để tìm hiểu về điều kiện lao động, công bằng xã hội và tác động về sinh kế. Cách tiếp cận tích hợp này phù hợp với các mục tiêu của Sổ tay này, được dùng như một tài liệu tham khảo kỹ thuật nhằm hỗ trợ việc cập nhật NDC 3.0 của Việt Nam. Qua việc lồng ghép tư duy KTTH và đồng lợi ích xã hội - môi trường vào tính toán carbon, Việt Nam có thể thúc đẩy một chiến lược phát triển ngành cà phê tham vọng, bao trùm và có khả năng chống chịu hơn với biến đổi khí hậu.

Các yếu tố gây ra dấu chân carbon của cà phê

CF của cà phê đề cập đến tổng lượng phát thải KNK, được đo bằng CO₂ tương đương (CO₂td) được tạo ra trong toàn bộ chuỗi cung ứng cà phê, từ trồng trọt đến tiêu thụ và thải bỏ.

Giai đoạn canh tác tạo ra phần lớn lượng phát thải, chủ yếu do sử dụng phân bón gốc nitơ, dẫn tới giải phóng nitơ oxit (N₂O) là một KNK mạnh. Khí thải cũng phát sinh từ quá trình sản xuất và vận chuyển phân bón và thuốc trừ sâu, cũng như khi sử dụng nhiên liệu hóa thạch cho tưới tiêu, các công việc tại trang trại, và vận chuyển trong trang trại. Trong một số trường hợp, nạn phá rừng và thay đổi mục đích sử dụng đất để trồng cà phê càng làm tăng thêm phát thải ở giai đoạn này.

Giai đoạn chế biến làm tăng dấu chân carbon, đặc biệt là chế biến ướt (thường là arabica), vì sử dụng nhiều nước và năng lượng. Chế biến khô, chủ yếu là robusta, tiêu thụ ít nước hơn nhưng vẫn phát thải khí thải từ quá trình phơi nắng hoặc sấy cơ học. Tiêu thụ điện và nhiên liệu trong quá trình bóc vỏ, phân loại và rang xay cũng đóng góp vào tổng lượng khí thải.

Vận chuyển và xuất khẩu cũng là một nguồn phát thải đáng kể khác. Cà phê thường được vận chuyển đi xa từ vườn cà phê đến nhà máy địa phương, cảng biển, và cuối cùng là thị trường tiêu dùng ở nước ngoài. Trong khi vận tải đường biển tương đối hiệu quả về carbon, vận tải hàng không, mặc dù ít, có thể làm tăng đáng kể lượng phát thải carbon của sản phẩm.

Rang và đóng gói cũng đóng vai trò quan trọng. Việc rang hạt cà phê tiêu tốn một lượng năng lượng đáng kể, và vật liệu đóng gói (đặc biệt là nhựa không thể tái chế hoặc nhựa nhiều lớp) làm tăng lượng phát thải ở thượng nguồn. Ngoài ra, các hoạt động lưu trữ và bán lẻ, đặc biệt là các hoạt động liên quan đến làm lạnh hoặc phân phối đường dài, cũng đóng góp vào tổng dấu chân carbon.

Ở giai đoạn tiêu thụ, phương pháp pha chế có tác động đáng kể đến lượng phát thải. Ví dụ, máy pha cà phê espresso tiêu thụ nhiều năng lượng hơn so với các phương pháp pha thủ công như pour-over hoặc French press. Việc thêm sữa vào ly cà phê cũng làm tăng phát thải đáng kể, thường làm tăng gấp đôi hoặc gấp ba lượng khí thải của một tách cà phê. Việc sử dụng cốc giấy dùng một lần hoặc cốc mang đi không thể phân hủy cũng làm trầm trọng thêm tác động môi trường.

Cuối cùng là phát thải cuối vòng đời phát sinh từ việc quản lý chất thải. Việc thải bã cà phê, bộ lọc và vật liệu đóng gói không đúng cách, đặc biệt là khi không có hệ thống ủ phân compost hoặc tái chế, làm tăng thêm gánh nặng môi trường nói chung. Nhìn chung, những giai đoạn này cho thấy dấu chân carbon của cà phê không chỉ phụ thuộc vào cách thức và địa điểm trồng, mà còn phụ thuộc vào cách thức chế biến, vận chuyển, tiêu thụ và thải bỏ.

4.2 Phân tích dấu chân carbon

4.2.1 Dấu chân carbon của sản xuất cà phê thông thường và tuần hoàn tại Việt Nam

Một nghiên cứu gần đây của Mai Văn Trinh và cộng sự (2024) đã phân tích lượng khí KNK phát sinh trên toàn bộ chuỗi cung ứng cà phê robusta tại 3 huyện sản xuất chính ở Tây Nguyên là: huyện Di Linh thuộc tỉnh Lâm Đồng, huyện Cư M'gar và huyện Krông Năng thuộc tỉnh Đắk Lắk. Nghiên cứu này so sánh mức phát thải giữa các mô hình độc canh và xen canh, đồng thời đánh giá lượng KNK trên mỗi hecta và trên mỗi kg cà phê xanh, cũng như dấu chân carbon ròng sau khi lưu giữ sinh khối.

Lượng phát thải KNK trên mỗi hecta canh tác cà phê cho thấy sự khác biệt lớn giữa các hệ thống canh tác và giữa các vùng:

- Di Linh (Lâm Đồng): Trồng xen canh giúp giảm 8,5% lượng phát thải.
 - › Độc canh: 3.174,36 kg CO₂tđ/ha
 - › Xen canh: 2.906,04 kg CO₂tđ/ha
- Cư M'gar (Đắk Lắk): Lượng phát thải tăng 12,2% khi xen canh, do các loại cây trồng xen canh thâm dụng đầu vào.
 - › Độc canh: 2.483,16 kg CO₂tđ/ha
 - › Xen canh: 2.786,47 kg CO₂tđ/ha
- Krông Năng (Đắk Lắk): Giảm 1,8% khi xen canh.
 - › Độc canh: 3.226,53 kg CO₂tđ/ha
 - › Xen canh: 3.166,98 kg CO₂tđ/ha

Những kết quả này cho thấy xen canh có thể giảm phát thải trong một số bối cảnh, nhưng hiệu quả giảm phát thải này không đồng đều và có thể phụ thuộc nhiều vào các thực hành canh tác nông nghiệp tại địa phương cũng như phụ thuộc vào các loại cây trồng được chọn để xen canh.

Dấu chân carbon trên mỗi kilogram cà phê xanh (kg CO₂tđ/kg)

Khi đánh giá dựa vào sản lượng đầu ra (tức là trên mỗi kg cà phê xanh), lượng phát thải carbon cho thấy bức tranh rõ ràng hơn về hiệu suất của hệ thống:

- Di Linh (Lâm Đồng): Xen canh làm tăng phát thải thêm 9,4%.
 - › Độc canh: 0,96 kg CO₂tđ/kg
 - › Xen canh: 1,05 kg CO₂tđ/kg
- Cư M'gar (Đắk Lắk): Giảm nhẹ 0,85% khi xen canh.
 - › Độc canh: 1,17 kg CO₂tđ/kg
 - › Xen canh: 1,16 kg CO₂tđ/kg
- Krông Năng (Đắk Lắk): Giảm 10,7% khi xen canh.
 - › Độc canh: 1,22 kg CO₂tđ/kg
 - › Xen canh: 1,09 kg CO₂tđ/kg

Những kết quả này cho thấy mô hình xen canh với cây bơ, sầu riêng và tiêu ở huyện Krông Năng có hiệu suất giảm phát thải KNK cao nhất trên một đơn vị.

Dấu chân carbon ròng của cà phê sau khi lưu giữ sinh khối

Dấu chân carbon ròng là lượng carbon được cây cà phê và các loài xen canh lưu giữ và hấp thụ thông qua quá trình tích lũy sinh khối:

- Di Linh (Lâm Đồng): Đáng chú ý, mô hình cà phê - tiêu đen cho thấy dấu chân carbon ròng cao nhất là 0,53 kg CO₂tđ/kg.
 - › Độc canh: 0,29 kg CO₂tđ/kg
 - › Xen canh: 0,28 kg CO₂tđ/kg
- Cư M'gar (Đắk Lắk): Mô hình cà phê - tiêu đen - sầu riêng ghi nhận dấu chân carbon ròng là 0,41 kg CO₂tđ/kg.
 - › Độc canh: 0,12 kg CO₂tđ/kg
 - › Xen canh: 0,31 kg CO₂tđ/kg
- Krông Năng (Đắk Lắk): độc canh có dấu chân carbon ròng cao nhất, ở mức 0,48 kg CO₂tđ/kg.
 - › Độc canh: 0,48 kg CO₂e/kg
 - › Xen canh: 0,41 kg CO₂e/kg

4.2.2 Dấu chân carbon của chuỗi cung ứng cà phê

Ở tất cả các địa điểm, giá trị carbon ròng dương khẳng định các hệ thống này vẫn là nguồn phát thải KNK ròng, dù quá trình lưu giữ carbon giúp giảm tổng tác động. Một số mô hình xen canh như cà phê - tiêu đen và cà phê - sầu riêng có hiệu quả thúc đẩy đa dạng hóa nông nghiệp nhưng làm tăng phát thải do nhu cầu đầu vào cao hơn hoặc hiệu suất năng suất thấp hơn.

Các phân tích dấu chân carbon này cho thấy khí thải phát sinh từ nhiều giai đoạn của chuỗi cung ứng, với mức phát thải khác nhau. Các nguồn phát thải KNK chính gồm:

- Phát thải N₂O từ đất, chủ yếu là do bón phân đạm, chiếm tỷ lệ cao nhất, từ 24,5 - 49,5% tổng lượng phát thải.
- Sản xuất phân bón là tác nhân đóng góp lớn thứ hai, chiếm 20,8 - 38,0% tổng lượng phát thải KNK.
- Tiêu thụ nhiên liệu cho các hoạt động sản xuất tại trang trại và sau thu hoạch chiếm từ 2,3 - 44,3%, tùy thuộc vào hệ thống canh tác và nguồn năng lượng.
- Phát thải liên quan đến vận tải dao động từ 1,2 - 18,8%, tùy vào hoạt động hậu cần, khoảng cách đến thị trường và phương thức vận chuyển.
- Các nguồn khác, ví dụ: sản xuất thuốc trừ sâu, chỉ đóng góp một phần nhỏ vào tổng lượng khí thải.

Kết quả nghiên cứu của Mai Văn Trinh và cộng sự (2024) về đánh giá phát thải KNK trong hệ thống sản xuất cà phê xanh cho thấy 3 nguồn phát thải chính là: (i) bón phân gốc nitơ cho đất nông nghiệp; (ii) sản xuất phân bón công nghiệp; và (iii) sử dụng năng lượng hóa thạch trong quá trình canh tác và chế biến sau thu hoạch.

Các nguồn này đại diện cho các điểm nóng phát thải chính cần được can thiệp có mục tiêu để đạt được mức giảm phát thải carbon có ý nghĩa trên toàn ngành. Để giải quyết những thách thức này, nhóm nghiên cứu đề xuất 3 biện pháp giảm thiểu:

1. Đầu tiên, **sử dụng tối ưu phân bón** thông qua cải tiến công thức dinh dưỡng và điều chỉnh liều lượng phân bón để giảm phát thải N₂O - KNK phát thải trong quá trình bón phân đạm.

- Thứ hai, **nâng cao hiệu suất sử dụng năng lượng** trong toàn bộ chuỗi cung ứng cà phê, từ việc cơ giới hóa ở cấp độ trang trại đến chế biến và vận chuyển để giảm phát thải CO₂.
- Thứ ba, **chuyển đổi một cách có chiến lược sang mô hình sản xuất cà phê bền vững và phát thải thấp**. Quá trình chuyển đổi này cần dựa trên việc áp dụng các thực hành thân thiện với môi trường, như nông lâm kết hợp, tích hợp năng lượng tái tạo và công nghệ chế biến ít tác động.

Việc áp dụng các biện pháp giảm nhẹ này sẽ mang lại nhiều lợi ích. Ở cấp độ sản xuất, người trồng cà phê có cơ hội tăng giá trị gia tăng và tăng thu nhập nông nghiệp nhờ cải thiện hiệu suất sử dụng tài nguyên. Ở giai đoạn chế biến và phân phối, các tác nhân trong chuỗi cung ứng có thể được hưởng lợi từ việc nâng cao hiệu suất vận hành và giảm chi phí đầu vào. Cuối cùng, việc thúc đẩy các mô hình sản xuất thông minh với khí hậu sẽ cải thiện khả năng thu hút đầu tư và khả năng mở rộng quy mô của ngành, từ đó hỗ trợ phát triển các hệ thống nông nghiệp carbon thấp, có khả năng chống chịu, phù hợp với các cam kết quốc gia và quốc tế về khí hậu.

4.2.3 Dấu chân carbon từ nước thải của quá trình chế biến cà phê

Nghiên cứu đã chỉ ra rằng nước thải từ quá trình chế biến ướt thường có nồng độ COD dao động từ 20.000 đến 50.000 mg/L. Giả sử quá trình chế biến 1 tấn cà phê thải ra 15 m³ (15.000 L) nước thải, thì tổng COD là 450 kg.

$$\text{Tổng COD} = 15.000 \text{ L} \times 30.000 \text{ mg/L} = 450.000.000 \text{ mg} = 450 \text{ kg COD}.$$

Trong điều kiện kỵ khí, một phần COD được chuyển hóa thành khí mê-tan (CH₄), với tỷ lệ chuyển hóa xấp xỉ 0,25 - 0,5 kg CH₄ trên mỗi kg COD. Giả định tỷ lệ chuyển hóa là 0,35 kg CH₄ trên mỗi kg COD, lượng khí thải mê-tan phát sinh khi chế biến 1 tấn cà phê (hoặc từ 450 kg COD) là 157,5 kg.

$$\text{Lượng phát thải CH}_4 = 450 \text{ kg COD} \times 0,35 = 157,5 \text{ kg CH}_4.$$

Vì tiềm năng nóng lên toàn cầu (GWP) của CH₄ cao gấp 28 lần so với CO₂, nên lượng phát thải CO₂ tương đương là 4.410 kgCO₂tđ.

Việc xả nước thải từ chế biến cà phê chưa qua xử lý gây ra một số tác động đáng kể đến môi trường. Thứ nhất, khí mê-tan, một loại KNK mạnh, bị thải ra, góp phần gây ra hiện tượng nóng lên toàn cầu. Thứ hai, nồng độ chất hữu cơ cao trong nước thải chưa qua xử lý có thể gây ô nhiễm nguồn nước nghiêm trọng, làm ô nhiễm cả nước ngầm và nước mặt. Cuối cùng, quá trình phân hủy chất hữu cơ trong nước thải tạo ra các loại khí như hydro sunfua (H₂S) và amoniac (NH₃), gây ra mùi khó chịu và làm giảm chất lượng không khí.

Để giảm tác động môi trường của nước thải cà phê, có thể áp dụng một số giải pháp tại các cơ sở chế biến cà phê quy mô nhỏ và lớn, như đã trình bày trong Sổ tay này. Một phương pháp hiệu quả là xử lý kỵ khí có kiểm soát, trong đó thu giữ khí mê-tan để dùng làm biogas thay vì thải ra môi trường. Ngoài ra, các tác nhân sinh học như vi sinh vật hoặc enzyme có thể được áp dụng để giảm BOD và COD trong nước thải, từ đó hạn chế sản sinh khí mê-tan. Cuối cùng, có thể triển khai các hệ thống tái chế nước thải để giảm lượng nước thải phát sinh và chất hữu cơ trong nước thải, từ đó cải thiện hiệu suất xử lý tổng thể và giảm thiểu tác hại đến môi trường.



KẾT LUẬN

Sổ tay này đã nêu ra những lợi ích của 4 mô hình tuần hoàn trong sản xuất cà phê và các bước kỹ thuật để triển khai các mô hình này, giúp trang bị tốt nhất cho người nông dân, các bên liên quan trong sản xuất cà phê và các nhà hoạch định chính sách để đẩy mạnh áp dụng các mô hình KTTH trên thực tế.

Phân tích trên đã cho thấy khả năng áp dụng các phương pháp tuần hoàn trong sản xuất cà phê được nêu trong Sổ tay (bao gồm xen canh, sản xuất phân hữu cơ từ vỏ cà phê, và xử lý nước thải tại các cơ sở lớn và nhỏ) có thể giúp (i) giảm dấu chân carbon trong sản xuất cà phê, và (ii) giảm tác hại môi trường do ô nhiễm và xử lý chất thải không đúng cách. Việc áp dụng các mô hình KTTH trong sản xuất cà phê có thể góp phần đạt được các mục tiêu khí hậu của Việt Nam.

Hơn nữa, phân tích kinh tế này còn cho thấy các mô hình này mang lại lợi nhuận cao hơn và lợi ích kinh tế cho nông dân nhờ (i) giảm sử dụng vật tư đầu vào trong trồng trọt như phân bón hóa học, (ii) tăng năng suất, và (iii) đa dạng hóa nguồn thu nhập. Ngoài ra, các mô hình KTTH trong sản xuất cà phê còn thu hút cộng đồng tham gia vào quản lý môi trường, mang lại những lợi ích về môi trường, kinh tế và xã hội, góp phần thúc đẩy phát triển nông nghiệp bền vững của Việt Nam nói chung.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Alemayehu, YA, Asfaw, SL, & Tirfie, TA (2020). Các giải pháp quản lý nước thải từ chế biến cà phê. Tạp chí Chu trình Vật liệu và Quản lý Chất thải 22, 454 - 469.
2. BNNMT. (2018). Quyết định số 3702/QĐ-BNN-TT ban hành quy trình trồng xen cây hồ tiêu, cây bơ, cây sầu riêng trong vườn cà phê vối. BNNMT.
3. BNNMT. (2021). Hướng dẫn kỹ thuật cho hệ thống xen canh và sản xuất cà phê bền vững.
4. Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ (2021). Thực hành sản xuất hạt mắc ca – USDA.
5. Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ (2025). Sản xuất – Cà phê. Cục Nông nghiệp Nước ngoài – USDA. <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0711100>
6. Bộ Nông nghiệp và Môi trường. (2024). Báo cáo ngành Nông nghiệp năm 2023. Bộ Nông nghiệp và Môi trường.
7. Chéron-Bessou, C., Acosta-Alba, I., Boissy, J., Payen, S., Rigal, C., Setiawan, A.A.R., Sevenster, M., Tran, T., Azapagic, A. (2024). Giải mã tác động vòng đời cà phê: Tại sao kết quả lại khác nhau nhiều giữa các nghiên cứu? Sản xuất và Tiêu dùng Bền vững 47, 251–266. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.04.005>
8. Cộng hòa Xã hội Chủ nghĩa Việt Nam. (2022). Đóng góp do quốc gia tự quyết định (NDC): Cập nhật năm 2022. Có tại: https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-11/Viet%20Nam_NDC_2022_Eng.pdf
9. Công ty TNHH Dịch vụ 4C Services GmbH (2020). Bộ quy tắc ứng xử của 4C. https://www.4c-services.org/wp-content/uploads/2020/07/200701_4C-Code-of-Conduct_v.4.0.pdf
10. Cục Trồng trọt (BNNMT, trước đây là Bộ NN&PTNT) (2023). Sổ tay kỹ thuật: Quản lý rơm rạ hướng tới KTTH và phát thải thấp ở Đồng bằng sông Cửu Long. Hà Nội, Việt Nam: BNNMT.
11. D’haeze, DA (2019). Tối ưu hóa sử dụng nước ở Tây Nguyên, Việt Nam: Tập trung vào ngành cà phê robusta. IUCN (Liên minh Quốc tế Bảo tồn Thiên nhiên và Tài nguyên Thiên nhiên). Hà Nội, Việt Nam.
12. D’haeze, DA (2020). Chuyển đổi cà phê và sử dụng nước ở Tây Nguyên, Việt Nam: Nghiên cứu điển hình tại tỉnh Đắk Lắk. IUCN. Hà Nội, Việt Nam.
13. Dubois, P. (2006). Cải thiện điều kiện thị trường cho người sản xuất cà phê và kinh nghiệm của ICO. Ủy ban Thương mại và Phát triển của Tổ chức Thương mại Thế giới. <https://icocoffee.org/documents/WTO.pdf>
14. Duc, DX, Thoa, NB, & Trang, TTN (2021). Tác động môi trường của ngành cà phê và yêu cầu về môi trường đối với các doanh nghiệp cà phê tại Việt Nam. Công Thương. <https://tapchicongthuong.vn/the-environment-impacts-of-coffee-industry-and-environmental-requirements-for-coffee-enterprises-in-vietnam-83841.htm#:~:text=Coffee%20production%20has%20made%20a,%2C%20water%20conservation%2C%20waste%20management%2C>
15. Enveritas. (2023). Thiết lập số liệu đầu kỳ về dấu chân carbon cho sản xuất cà phê robusta tại hai vùng chính: Tây Nguyên, Việt Nam và Nam Sumatra, Indonesia.
16. Gil-Gómez, JA, Florez-Pardo, LM, & Leguizamón-Vargas, YC (2024). Nâng cao giá trị của phụ phẩm cà phê trong ngành, tầm nhìn hướng đến kinh tế tuần hoàn. Khám phá khoa học ứng dụng 6, 480. <https://doi.org/10.1007/s42452-024-06085-9>
17. Heeger, A., Kosińska-Cagnazzo, A., Cantergiani, E., Andlauer, W. (2017). Hoạt chất sinh học từ

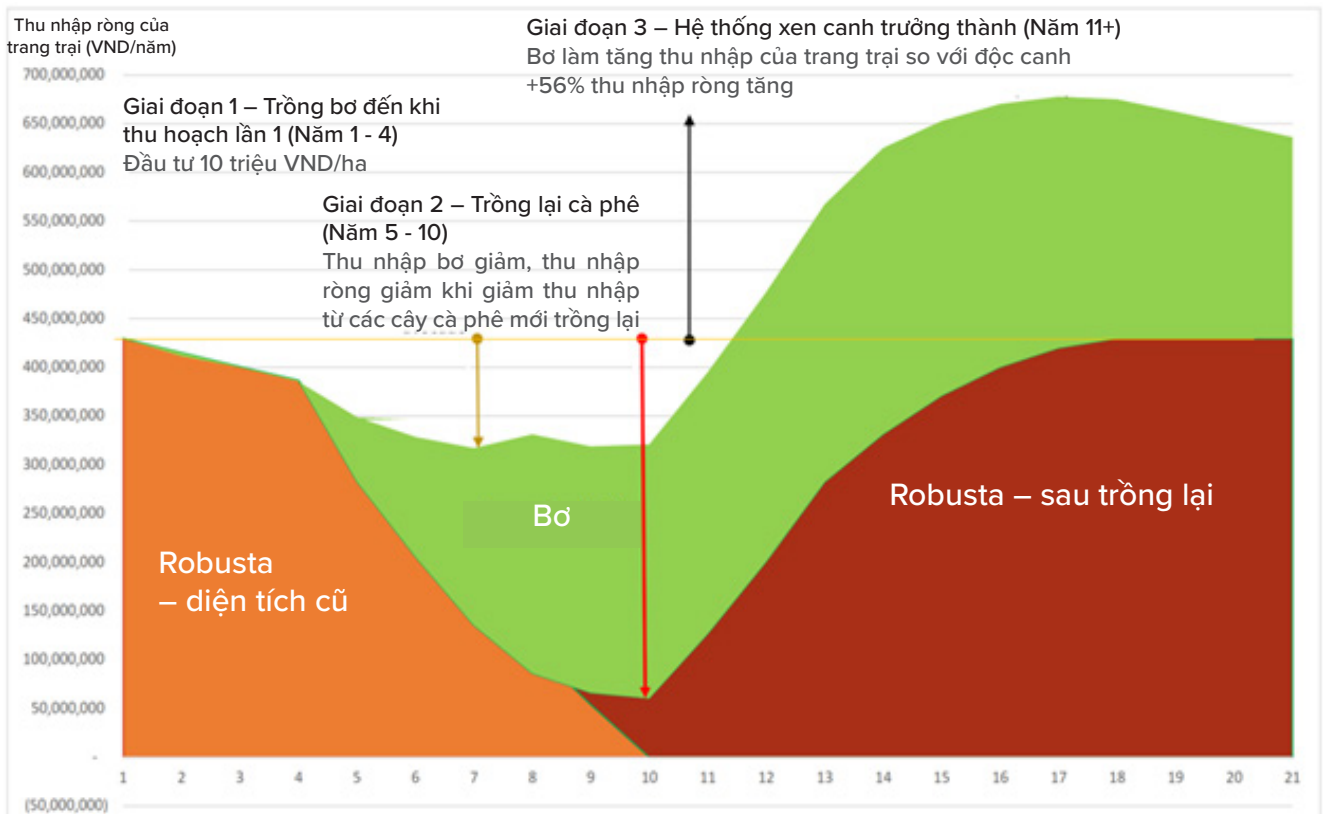
- củi cà phê và ứng dụng trong sản xuất trà Cascara. *Hóa học Thực phẩm* 221, 969–975. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.067>
18. Hiệp định Đối tác Toàn diện và Tiến bộ xuyên Thái Bình Dương (2016). www.dfat.gov.au/sites/default/files/tpp-11-treaty-text.pdf
 19. Hiệp định Thương mại Tự do Việt Nam - EU. (2019). <https://trade.ec.europa.eu/access-to-markets/en/content/eu-vietnam-free-trade-agreement>
 20. Hiệp định thương mại tự do Việt Nam – Vương quốc Anh và Bắc Ai len. (2019). <https://wtocenter.vn/file/18243/1.-full-text-ukvfta.pdf>.
 21. Hiệp hội Cà phê và Ca cao Việt Nam (VICOFA). (2022). Kỹ thuật xen canh cà phê.
 22. Hoàng, MI (2022). Kỹ thuật bón phân cho cây cà phê đạt 6-7 tấn hạt/ha. FUNO. <https://funo.vn/kien-thuc-nong-nghiep/phan-bon-kali/ky-thuat-bon-phan-cho-cay-ca-phe-dat-6-7-tan-nhan-ha>
 23. Hồng, T. (2024). Báo động thoái hóa đất ở Tây Nguyên: Hơn 20% diện tích đất bị thoái hóa nghiêm trọng và cực đoan. *Nông nghiệp môi trường*. <https://van.nongnghiepmoitruong.vn/alarming-soil-degradation-in-the-central-highlands-over-20-of-severe-and-extreme-degraded-d414023.html>
 24. Hoseini, M., Cocco, S., Casucci, C., Cardelli, V., & Corti, G. (2021). Tài nguyên có nguồn gốc từ phụ phẩm cà phê. *Tổng quan. Sinh khối và Năng lượng sinh học* 148, 106009. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106009>
 25. IDH (Sáng kiến Thương mại Bền vững) & Rainforest Alliance. (2022). Chương trình Cà phê Bền vững - Báo cáo Thực hành Tốt nhất về Trồng xen canh.
 26. IDH. (2019). Dấu chân carbon của cà phê robusta Việt Nam. Sáng kiến Thương mại Bền vững (IDH).
 27. IDH. (2022). Chương trình Cà phê Bền vững (2022). Báo cáo Tác động Nông lâm kết hợp Cà phê. IDH.
 28. IDH. (2023). Chương trình ISLA tại Việt Nam. Sáng kiến Thương mại Bền vững (IDH).
 29. IDH. (2025). Tây Nguyên, Việt Nam. IDH. <https://www.idhsustainabletrade.com/landscapes/central-highlands-vietnam>
 30. IPSARD (2020). Báo cáo chuỗi giá trị xuất khẩu cà phê tại Lâm Đồng. Báo cáo phục vụ Dự án chuyển đổi nông nghiệp bền vững – VNSAT do Ngân hàng Thế giới tài trợ.
 31. KIT (Viện Nhiệt đới Hoàng gia). (2023). Đánh giá giữa kỳ chương trình Sáng kiến Cảnh quan Bền vững (ISLA) giai đoạn 2021-2025. KIT, Viện Nhiệt đới Hoàng gia, Amsterdam. <https://www.kit.nl/wp-content/uploads/2023/12/KIT-2023-Final-Report-MTE-IDH-ISLA-Phase-2-Final-Web.pdf>
 32. Kuit, M., Jansen, DM, & Tijdink, N. (2020). Mở rộng quy mô sản xuất cà phê robusta bền vững tại Việt Nam: giảm dấu chân carbon đồng thời cải thiện lợi nhuận của nông trại (bài trình bày về báo cáo). USAID Green Invest Asia, JDE và IDH Agri-Logic.
 33. Lazaro, EA, Makindara, J., & Kilima, FTM (2008). Tiêu chuẩn bền vững cho ngành hàng cà phê. Trong *Tiêu chuẩn bền vững và xuất khẩu cà phê từ Tanzania* (tr. 12–15). Viện Nghiên cứu Quốc tế Đan Mạch. <http://www.jstor.org/stable/resrep16000.6>
 34. Mendoza Martinez, CL, Alves Rocha, EP, Oliveira Carneiro, ADC, Borges Gomes, FJ, Ribas Batalha, LA, Vakkilainen, E., & Cardoso, M. (2019). Đặc điểm sinh khối còn lại từ chuỗi sản xuất cà phê và đánh giá tiềm năng năng lượng. *Sinh khối và Năng lượng sinh học* 120, 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.11.003>
 35. Nab, C., & Maslin, M. (2020) Tổng hợp đánh giá vòng đời dấu chân carbon của cà phê Arabica: Nghiên cứu điển hình về sản xuất và xuất khẩu cà phê truyền thống và bền vững của Brazil và Việt Nam sang Vương quốc Anh. *Địa lý và Môi trường* 7 (2). DOI: 10.1002/geo2.96

36. Nescafe. (2025). Chương trình Nescafe Plan: Nâng tầm hương vị với hạt cà phê được nâng niu. Nescafe. <https://www.nescafe.com/vn/ben-vung/the-gioi-cua-toi/nang-niu-uom-trong>
37. Ngân hàng Thế giới. (2022). Báo cáo Khí hậu và Phát triển Quốc gia Việt Nam. Ngân hàng Thế giới. https://vepg.vn/wp-content/uploads/2022/07/CCDR-Full-report_01.07_FINAL-1.pdf
38. Ngân hàng Thế giới. (2024). Nông nghiệp, lâm nghiệp và thủy sản, giá trị gia tăng (% GDP) - Việt Nam. Ngân hàng Thế giới. https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS?name_desc=true&locations=VN
39. Ngân hàng Thế giới. (2025). Nông nghiệp và Thực phẩm. Ngân hàng Thế giới. <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/overview>
40. Nguyễn Thị Hồng Minh, Đỗ, XD, Nguyễn, BT, Trang, NTT (2021). Tác động môi trường của ngành hàng cà phê và yêu cầu về môi trường đối với các doanh nghiệp cà phê tại Việt Nam. Tạp chí Công Thương. <https://tapchicongthuong.vn/the-environment-impacts-of-coffee-industry-and-environmental-requirements-for-coffee-enterprises-in-vietnam-83841.htm#:~:text=Coffee%20production%20has%20made%20a,%2C%20water%20conservation%2C%20waste%20management%2C>
41. Nguyễn, AD, Trần, TD, Võ, TPK (2013). Đánh giá hiệu quả sử dụng phân compost làm từ vỏ cà phê để cải thiện độ phì nhiêu của đất và sản xuất cà phê bền vững ở vùng nông thôn Tây Nguyên, Việt Nam. Tài nguyên và Môi trường 3 77–82. https://www.researchgate.net/publication/262182346_Evaluation_of_coffee_husk_compost_for_improving_soil_fertility_and_sustainable_coffee_production_in_rural_Central_Highland_of_Vietnam
42. Nguyễn, HA & Bokelmann, W. (2019) “Các yếu tố quyết định thị hiếu thị trường của nông hộ nhỏ: Trường hợp của những người trồng cà phê được chứng nhận bền vững ở Việt Nam”, Tính bền vững, 11 (3), tr. 1–15.
43. Nguyễn, TH, Cassou, E., Cao, BT, và các biên tập viên (2017). Tổng quan ô nhiễm nông nghiệp ở Việt Nam: ngành trồng trọt. Ngân hàng Thế giới, Washington, DC: <http://hdl.handle.net/10986/29241> Giấy phép: CC BY 3.0 IGO
44. Pearce, DW, & Turner, RK (1990). Kinh tế học về tài nguyên thiên nhiên và môi trường. Hemel Hempstead: Harvester Wheatsheaf. DOI: <https://doi.org/10.2307/1242904>
45. QCVN 40:2011/BTNMT. (2021). Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp
46. Quang, Y., & Hau, M. (2021). Vỏ cà phê, nguyên liệu hữu ích: Nguồn nguyên liệu dồi dào để sản xuất phân hữu cơ. Nông nghiệp môi trường. <https://van.nongnghiepmoitruong.vn/organic-fertilizers-bountiful-input-the-coffee-husks-d307466.html>
47. Quy định (EU) 2023/1115 về các sản phẩm không gây phá rừng. (2023). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023R1115&qid=1687867231461>
48. Quỹ Ellen MacArthur. (2013). Hướng tới kinh tế tuần hoàn: Cơ sở kinh tế và kinh doanh để thúc đẩy chuyển dịch. <https://content.ellenmacarthurfoundation.org/m/4384c08da576329c/original/Towards-a-circular-economy-Business-rationale-for-an-accelerated-transition.pdf>
49. Quyết định số 540/QĐ-TTg. (2024). Quyết định phê duyệt Đề án Phát triển khoa học và ứng dụng, chuyển giao công nghệ thúc đẩy kinh tế tuần hoàn trong nông nghiệp đến năm 2030.
50. Quyết định số 625/QĐ-SNN (2018) của Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn tỉnh Lâm Đồng, ban hành tạm thời quy trình kỹ thuật canh tác cà phê Arabica ứng dụng công nghệ cao tại tỉnh Lâm Đồng.
51. Quyết định số 687/QĐ-TTg (2022). Quyết định phê duyệt Đề án Phát triển kinh tế tuần hoàn ở Việt Nam.
52. Quỳnh, HT & Kazuto, S. (2018). Phân hữu cơ trên thị trường Việt Nam: Thành phần

- dinh dưỡng và hiệu quả sử dụng. *Tính bền vững*, 10(7), 2437. <https://doi.org/10.3390/su10072437MDPI+1ResearchGate+1>
53. Rainforest Alliance (2020). Các thực hành canh tác cà phê bền vững tốt nhất. Rainforest Alliance. <https://www.rainforest-alliance.org/resource-item/2020-sustainable-agriculture-standard-farm-requirements/>
 54. Riddell, P. (2019). Sử dụng nước và các cơ hội liên kết ở Tây Nguyên, Việt Nam: Tổng quan. IUCN. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2019-034-En.pdf>
 55. Rolando Cerda, Jacques Avelino, Celia A. Harvey, Clementine Allinne và cộng sự (2020) Hệ thống nông lâm kết hợp cà phê: Giảm thiểu thiệt hại do dịch bệnh và gia tăng dịch vụ hệ sinh thái. https://agents.cirad.fr/pjjimg/philippe.tixier@cirad.fr/Cerda_et_al_2020_Crop_Prot.pdf
 56. Santos, É.MD, Macedo, LMD, Tundisi, LL, Ataide, JA, Camargo, GA, Alves, RC, Oliveira, MBPP, & Mazzola, PG (2021). Phụ phẩm cà phê trong các công thức hiện tại: Tổng quan. *Xu hướng Khoa học & Công nghệ Thực phẩm* 111, 280–291. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.064>
 57. Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn tỉnh Lâm Đồng. (2022). Trồng hồng ở Đà Lạt. Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn tỉnh Lâm Đồng.
 58. Tổ chức Cà phê Quốc tế ICO (2021). Báo cáo cà phê và triển vọng. <https://www.icocoffee.org/wp-content/uploads/2022/11/coffee-development-report-2021.pdf>
 59. Tổ chức Fair Trade International (2025). Tiêu chuẩn dành cho nhà sản xuất quy mô nhỏ. Tổ chức Fair Trade International. <https://www.fairtrade.net/en/why-fairtrade/how-we-do-it/standards/who-we-have-standards-for/standards-for-small-scale-producer-organisations.html>
 60. Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hợp quốc (FAO). (2013). Thúc đẩy Nông lâm kết hợp trong Chương trình nghị sự chính sách: Hướng dẫn cho nhà hoạch định chính sách. Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hợp quốc.
 61. Tổ chức Nghiên cứu Nông Lâm Quốc tế (ICRAF). (2017). Thông tin loài và công nghệ nông lâm kết hợp.
 62. Trịnh, MV, Thiết, NV, Đình, DT, Hiếu, DQ, Giang, CH, Chiến, NQ, & Phương, DL (2024). Thực trạng phát thải KNK và phát thải carbon trong chuỗi cung ứng cà phê tại các huyện trọng điểm.
 63. Ủy ban Châu Âu. (2025). Triển khai quy định chống phá rừng của EU. Diễn đàn Xanh của Ủy ban Châu Âu. https://green-forum.ec.europa.eu/deforestation-regulation-implementation_en
 64. Viện Hàn lâm Khoa học Nông nghiệp Việt Nam (VAAS). (2022). Nghiên cứu hệ thống nông lâm kết hợp ở Tây Nguyên.
 65. Viện Thổ nhưỡng Nông hóa [SFRI]. (2015). Kết quả nghiên cứu về bón phân cho cà phê tại Việt Nam. Viện Kali Quốc tế. <https://www.ipipotash.org/udocs/e-ifc-42-coffee-vietnam.pdf>
 66. Viet Nam News (VNS). (2024). Xuất khẩu cà phê của Việt Nam vượt 5 tỷ đô la Mỹ trong niên vụ 2023-2024. VNS. <https://vietnamnews.vn/economy/1665415/viet-nam-s-coffee-exports-exceed-us-5-billion-in-2023-2024-crop-year.html>
 67. Wintgens, JN (2004). Dữ liệu cà phê, trong: Wintgens, Jean Nicolas (Biên tập), Cà phê: Trồng trọt, Chế biến, Sản xuất Bền vững. Công ty TNHH Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Đức, tr. 917–928. <https://doi.org/10.1002/9783527619627.ch35>
 68. Wiryadiputra, S., & Tran, LK (2008). Indonesia và Việt Nam, trong: Souza, RM (Biên tập), Tuyển trùng ký sinh thực vật trên cà phê. Springer Hà Lan, Dordrecht, tr. 277–292. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8720-2_15

PHỤ LỤC 1: PHÂN TÍCH CHI PHÍ - LỢI ÍCH CỦA MÔ HÌNH XEN CANH CÀ PHÊ - BƠ SO VỚI ĐỘC CANH

Tái canh cà phê robusta có/không xen canh cây bơ (trồng lại cà phê quá 6 năm tuổi từ năm 4)



Nguồn: Ước tính của Agroinfo, 2024

PHỤ LỤC 2: PHÂN TÍCH CHI PHÍ - LỢI ÍCH TRÊN MỖI TẤN HẠT CÀ PHÊ CHO MÔ HÌNH XỬ LÝ NƯỚC THẢI

a. Giả thiết

- Quy mô sản xuất: 1.000 tấn cà phê quả tươi/năm
- Chi phí đầu tư hệ thống biogas: 250 triệu VND
- Vòng đời vận hành: 15 năm
- Lượng nước thải trên một tấn: 15 m³
- Sản xuất biogas: 0,3 - 0,5 m³ biogas trên mỗi m³ nước thải
- Chi phí vận hành và bảo trì: 2 triệu VND/năm
- Tỷ lệ chiết khấu: 10%/năm (lãi suất thị trường trung bình)
- Sản lượng biogas hàng năm:
 - › 1.000 tấn × 15 m³ nước thải × 0,3 - 0,5 m³ biogas = 4.500 - 7.500 m³ biogas/năm
- Tiết kiệm hàng năm nhờ thay thế LPG:
 - › 4.500 - 7.500 m³ biogas × 0,56 kg LPG × 25.000 VND/kg LPG = 63 - 105 triệu VND/năm
- Tiết kiệm hàng năm từ sản xuất điện:
 - › 4.500 - 7.500 m³ biogas × 2 kWh/m³ biogas × 2.000 VND/kWh = 18 - 30 triệu VND/năm
- Total annual savings: 81 - 135 million VND/year

b. Estimation of NPV

- Lợi ích ròng trung bình hàng năm:
 - › Lợi ích ròng hàng năm = (81 - 135) – 2 = 79 - 133 triệu VND/năm

$$NPV = \sum_{t=1}^{15} \frac{79-133}{(1+0.1)^t} - 250$$

- Chi tiết tính toán:

Năm	Lợi nhuận ròng (triệu VND)	Giá trị hiện tại (triệu VND)
1	79 - 133	71,8 - 120,9
2	79 - 133	65,3 - 109,9
3	79 - 133	59,4–99,9

Năm	Lợi nhuận ròng (triệu VND)	Giá trị hiện tại (triệu VND)
...	...	...
15	79 - 133	18,2 - 30,6
Tổng cộng	79 - 133 x 15 năm	735 - 1.233 triệu VND

- $NPV = 735 - 1.233 - 250 = 485 - 983$ triệu VND.

c. Ước tính Tỷ lệ hoàn vốn nội bộ

- Với lợi ích ròng trung bình hàng năm là 106 triệu VND/năm: $IRR \approx 28 - 34\%$.

Nhìn chung, với chi phí đầu tư 250 triệu đồng, hệ thống biogas (cho nhà máy chế biến cà phê công suất 1.000 tấn cà phê/năm) mang lại lợi nhuận cao với NPV ở mức chiết khấu 10% là **485 - 983 triệu VND**, cho thấy khả năng sinh lời đáng kể trong 15 năm. IRR nằm trong khoảng **28 - 34%**, vượt xa mức chiết khấu 10%, khiến khoản đầu tư này hấp dẫn mặc dù chi phí cao. Nghiên cứu Cà phê Thế giới (2021). Catalog Giống cà phê Arabica và Robusta.



Chương trình Phát triển Liên Hợp Quốc

304 đường Kim Mã, phường Ngọc Hà, Hà Nội

Số điện thoại: +84 24 38500100

Fax: +84 24 37265520

<http://www.vn.undp.org>