

CHUYỂN ĐỔI SỐ TRONG QUẢN LÝ NƯỚC AWD VÀ ĐỊNH LƯỢNG KHÍ NHÀ KÍNH CHO SẢN XUẤT LÚA PHÁT THẢI THẤP Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

TS. Nguyễn Duy Năng¹ KS. Nguyễn Phúc Hưng²

1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu ngày càng diễn biến phức tạp, giảm phát thải khí nhà kính đã trở thành một trong những mục tiêu ưu tiên của nhiều quốc gia nhằm thực hiện các cam kết quốc tế về phát triển bền vững. Tại Hội nghị lần thứ 26 các bên tham gia Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu (COP26), Việt Nam đã cam kết đạt phát thải ròng bằng “0” (Net Zero) vào năm 2050. Để hiện thực hóa mục tiêu này, ngành nông nghiệp được xác định là một trong những lĩnh vực trọng điểm cần thực hiện các giải pháp giảm phát thải, bởi đây vừa là ngành chịu tác động mạnh mẽ của biến đổi khí hậu vừa là nguồn phát thải đáng kể các khí nhà kính như methane (CH_4), nitrous oxide (N_2O) và carbon dioxide (CO_2).

Trong cơ cấu phát thải của ngành nông nghiệp Việt Nam, sản xuất lúa nước giữ vị trí đặc biệt quan trọng. Việt Nam hiện có khoảng 7 triệu ha đất lúa với sản lượng hằng năm trên 40 triệu tấn, không chỉ bảo đảm an ninh lương thực quốc gia mà còn đóng góp quan trọng vào xuất khẩu nông sản. Tuy nhiên, quá trình canh tác lúa ngập nước liên tục tạo ra môi trường yếm khí thuận lợi cho các vi sinh vật sinh methane hoạt động, dẫn đến phát thải lượng lớn khí CH_4 vào khí quyển. Nhiều nghiên cứu (Bui et al., 2018; IRRI, 2020) cho thấy phát thải methane từ ruộng lúa chiếm tỷ trọng lớn trong tổng phát thải khí nhà kính của ngành nông nghiệp và là một trong những nguồn phát thải methane quan trọng nhất của Việt Nam.

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là vùng sản xuất lúa trọng điểm của cả nước, chiếm khoảng 50% sản lượng lúa và trên 90% lượng gạo xuất khẩu (MAE, 2025). Đây cũng là khu vực đang chịu áp lực ngày càng gia tăng từ biến đổi khí hậu, bao gồm nước biển dâng, xâm nhập mặn, hạn hán và sự suy giảm nguồn nước ngọt. Những thách thức này đặt ra yêu cầu cấp thiết phải chuyển đổi mô hình sản xuất lúa theo hướng hiệu quả hơn về sử dụng tài nguyên, thích ứng tốt hơn với điều kiện khí hậu biến động và đồng thời giảm phát thải khí nhà kính.

Nhận định được tầm quan trọng của vấn đề này, Chính phủ đã ban hành Đề án phát triển bền vững một triệu hecta chuyên canh lúa chất lượng cao và phát thải thấp gắn với tăng

¹ Trưởng khoa Nông học, Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh

² Công ty Cổ phần Vật tư Khoa học Kỹ thuật (LASI)

trường xanh vùng Đồng bằng sông Cửu Long đến năm 2030. Một trong những mục tiêu cốt lõi của đề án là giảm phát thải khí nhà kính trong sản xuất lúa thông qua áp dụng đồng bộ các giải pháp kỹ thuật tiên tiến, trong đó quản lý nước tưới được xem là giải pháp có tiềm năng giảm phát thải methane lớn nhất với chi phí đầu tư thấp và khả năng áp dụng rộng rãi.

Tuy nhiên, việc triển khai các biện pháp giảm phát thải trong thực tế vẫn đang đối mặt với nhiều thách thức. Mặc dù kỹ thuật tưới ngập khô xen kẽ (Alternate Wetting and Drying – AWD) đã được chứng minh có hiệu quả cao trong giảm phát thải methane (Linguist et al., 2015; Sander et al., 2017) và tiết kiệm nước tưới (Bouman et al., 2007), việc áp dụng trên diện rộng vẫn còn hạn chế do phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm của nông dân, thiếu hệ thống giám sát liên tục và khó kiểm chứng mức độ tuân thủ quy trình. Bên cạnh đó, yêu cầu ngày càng cao về minh bạch hóa dữ liệu phát thải, truy xuất nguồn gốc carbon và xây dựng hệ thống đo lường, báo cáo, thẩm tra (Measurement, Reporting and Verification – MRV) đang đặt ra nhu cầu cấp thiết phải ứng dụng các công nghệ số trong quản lý sản xuất lúa.

Trong bối cảnh đó, chuyên đổi số được xem là động lực quan trọng để nâng cao hiệu quả quản lý nước tưới, hỗ trợ thực hiện kỹ thuật AWD một cách chính xác và đồng nhất, đồng thời tạo nền tảng dữ liệu phục vụ định lượng khí nhà kính phục vụ cho việc chứng nhận sản xuất lúa phát thải thấp. Việc tích hợp các công nghệ cảm biến, Internet vạn vật (IoT), viễn thám, trí tuệ nhân tạo (AI) và nền tảng quản lý dữ liệu số không chỉ giúp tối ưu hóa sử dụng nước mà còn góp phần xây dựng hệ thống MRV hiện đại, đáp ứng yêu cầu của các chương trình giảm phát thải và thị trường carbon trong tương lai.

Xuất phát từ những yêu cầu thực tiễn nêu trên, bài tham luận tập trung phân tích vai trò của kỹ thuật AWD như một giải pháp tiềm năng trong giảm phát thải methane từ sản xuất lúa, đồng thời làm rõ tiềm năng và định hướng ứng dụng chuyên đổi số trong quản lý nước tưới và định lượng khí nhà kính nhằm phục vụ mục tiêu phát triển nền sản xuất lúa phát thải thấp, bền vững và có khả năng cạnh tranh tại Đồng bằng sông Cửu Long.

2. Kỹ thuật tưới ngập khô xen kẽ (Alternate Wetting and Drying – AWD) – Giải pháp tiềm năng cho giảm phát thải methane trong sản xuất lúa

Trong số các giải pháp kỹ thuật nhằm giảm phát thải khí nhà kính trong sản xuất lúa, quản lý nước tưới được xem là biện pháp có hiệu quả cao nhất đối với việc cắt giảm phát thải khí methane. Điều này xuất phát từ bản chất hình thành methane trong hệ sinh thái ruộng lúa ngập nước. Khi ruộng được duy trì ngập liên tục trong thời gian dài, điều kiện yếm khí sẽ phát triển mạnh trong tầng đất canh tác. Đây là môi trường thuận lợi cho nhóm vi sinh vật sinh methane (methanogens) phân hủy các hợp chất hữu cơ và tạo ra khí CH₄. Khí methane sau đó được vận chuyển lên khí quyển thông qua hệ thống mô khí của cây lúa hoặc khuếch tán trực tiếp qua mặt nước.

Khác với methane, carbon dioxide có thời gian tồn tại tương đối dài trong khí quyển nhưng methane lại có khả năng gây nóng lên toàn cầu rất mạnh. Theo các đánh giá gần đây của IPCC (IPCC, 2021), tiềm năng gây nóng lên toàn cầu của methane trong chu kỳ 100 năm cao gấp nhiều lần so với carbon dioxide. Do đó, việc giảm phát thải methane từ ruộng lúa được xem là giải pháp mang lại hiệu quả nhanh trong chiến lược giảm phát thải khí nhà kính của ngành nông nghiệp.

Kỹ thuật tưới ngập khô xen kẽ (Alternate Wetting and Drying – AWD) được phát triển nhằm thay thế phương thức duy trì ngập nước liên tục truyền thống. Nguyên tắc của AWD là cho phép mực nước trong ruộng giảm xuống một ngưỡng nhất định trước khi tiến hành tưới trở lại, tạo ra các chu kỳ luân phiên giữa trạng thái ngập và trạng thái đất không ngập. Trong giai đoạn khô tạm thời, oxy có điều kiện xâm nhập vào tầng đất canh tác, làm gián đoạn quá trình sinh methane và thúc đẩy hoạt động của các vi sinh vật oxy hóa methane. Nhờ đó, lượng methane phát sinh trong suốt chu kỳ sinh trưởng của cây lúa giảm đáng kể.

Từ góc độ khoa học đất và sinh học đất, AWD tạo ra sự thay đổi căn bản về trạng thái oxy hóa – khử của môi trường đất. Khi đất được ngập liên tục, thế oxy hóa khử giảm mạnh, tạo điều kiện thuận lợi cho các phản ứng sinh methane. Ngược lại, khi đất được làm khô theo chu kỳ, thế oxy hóa khử tăng lên, làm giảm hoạt động của nhóm vi sinh vật sinh methane và tăng cường các quá trình oxy hóa. Sự thay đổi này chính là cơ chế quan trọng giải thích hiệu quả giảm phát thải methane của AWD.

Nhiều nghiên cứu (Linguist et al., 2015; Richards et al., 2014; Sander et al., 2017) đã chứng minh hiệu quả của kỹ thuật AWD trong giảm phát thải khí nhà kính. Các kết quả tổng hợp cho thấy AWD có thể giúp giảm từ 30% đến 70% lượng methane phát thải so với phương pháp ngập liên tục, tùy thuộc vào điều kiện đất đai, giống lúa, chế độ bón phân và mức độ quản lý nước. Bên cạnh hiệu quả giảm phát thải, AWD còn giúp tiết kiệm từ 15% đến 40% lượng nước tưới (Bouman et al., 2007; Richards et al., 2014) mà vẫn duy trì năng suất tương đương hoặc thậm chí cao hơn trong một số điều kiện canh tác. Điều này đặc biệt có ý nghĩa đối với Đồng bằng sông Cửu Long trong bối cảnh nguồn nước ngày càng chịu áp lực từ hạn hán và xâm nhập mặn.

Tại ĐBSCL, AWD đã được nghiên cứu và triển khai thông qua nhiều chương trình như dự án VnSAT, các mô hình canh tác theo tiêu chuẩn SRP (Sustainable Rice Platform) và gần đây là Đề án một triệu hecta lúa chất lượng cao, phát thải thấp. Kết quả từ nhiều mô hình trình diễn cho thấy nông dân có thể giảm đáng kể lượng nước tưới, giảm chi phí bơm tưới, đồng thời duy trì năng suất và gia tăng hiệu quả kinh tế. Quan trọng hơn, AWD là một trong số ít các biện pháp canh tác hiện nay có thể đồng thời đạt được ba mục tiêu gồm tiết kiệm tài nguyên nước, giảm phát thải khí nhà kính và duy trì năng suất sản xuất.

Mặc dù vậy, việc mở rộng AWD trên quy mô lớn vẫn còn gặp không ít khó khăn. Quy trình tưới hiện nay phần lớn dựa trên việc quan sát trực tiếp mực nước trong ruộng hoặc sử dụng ống đo AWD thủ công. Phương pháp này phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm của người sản xuất, khó theo dõi liên tục và khó quản lý đồng thời trên diện tích lớn. Đối với các chương trình sản xuất lúa phát thải thấp quy mô vùng hoặc quy mô chuỗi giá trị, việc xác minh mức độ tuân thủ quy trình AWD bằng các phương pháp thủ công gần như không khả thi.

Do đó, trong giai đoạn hiện nay, AWD không chỉ được nhìn nhận như một kỹ thuật tưới tiết kiệm nước mà còn là nền tảng kỹ thuật quan trọng cho chiến lược giảm phát thải methane của ngành lúa gạo. Tuy nhiên, để phát huy tối đa tiềm năng của giải pháp này và đáp ứng yêu cầu minh bạch hóa dữ liệu phát thải, cần có sự hỗ trợ mạnh mẽ của các công nghệ số trong giám sát, quản lý và xác minh quá trình thực hiện. Đây chính là cơ sở để chuyển từ mô hình AWD truyền thống sang mô hình AWD số hóa, tạo tiền đề cho việc xây dựng hệ thống định lượng khí nhà kính và MRV trong sản xuất lúa phát thải thấp ở Đồng bằng sông Cửu Long.

3. Chuyển đổi số trong quản lý nước AWD

Trong sản xuất lúa phát thải thấp, quản lý nước tưới không chỉ là một biện pháp kỹ thuật đơn lẻ mà đã trở thành yếu tố quyết định đến hiệu quả sử dụng tài nguyên, năng suất cây trồng và mức độ phát thải khí nhà kính. Mặc dù kỹ thuật tưới ngập khô xen kẽ (AWD) đã được chứng minh có hiệu quả cao trong giảm phát thải methane và tiết kiệm nước tưới, việc triển khai trên diện rộng tại Đồng bằng sông Cửu Long vẫn đang đối mặt với nhiều thách thức liên quan đến giám sát, quản lý và kiểm chứng quá trình thực hiện. Trong bối cảnh đó, chuyển đổi số được xem là giải pháp quan trọng nhằm nâng cao hiệu quả quản lý nước tưới, đồng thời tạo nền tảng dữ liệu phục vụ định lượng phát thải khí nhà kính và xây dựng hệ thống sản xuất lúa phát thải thấp.

Thực tế hiện nay cho thấy phần lớn các mô hình AWD đang được thực hiện dựa trên phương pháp quản lý thủ công. Nông dân sử dụng ống đo AWD để quan sát mực nước trong ruộng và quyết định thời điểm tưới dựa trên kinh nghiệm hoặc hướng dẫn kỹ thuật. Mặc dù phương pháp này tương đối đơn giản và dễ áp dụng ở quy mô hộ gia đình, nhưng lại bộc lộ nhiều hạn chế khi triển khai trên diện tích lớn. Việc theo dõi mực nước không được thực hiện liên tục, độ chính xác phụ thuộc vào người quan sát, dữ liệu khó lưu trữ và gần như không thể sử dụng cho mục đích kiểm chứng hay truy xuất thông tin sau này. Trong điều kiện các vùng sản xuất tập trung hàng nghìn hecta ở Đồng bằng sông Cửu Long, phương thức quản lý truyền thống khó đáp ứng yêu cầu của các chương trình sản xuất lúa phát thải thấp quy mô lớn.

Chuyển đổi số trong quản lý AWD về bản chất là quá trình thay thế phương thức quản lý dựa trên kinh nghiệm bằng phương thức quản lý dựa trên dữ liệu. Trong mô hình này, các thông tin về mực nước, độ ẩm đất, điều kiện khí tượng, thời điểm tưới và các hoạt động canh

tác được thu thập, lưu trữ, phân tích và xử lý thông qua các nền tảng số nhằm hỗ trợ ra quyết định một cách chính xác và kịp thời.

Một trong những thành phần quan trọng nhất của hệ thống AWD số hóa là mạng lưới cảm biến đồng ruộng. Các cảm biến có khả năng theo dõi liên tục mực nước, độ ẩm đất, nhiệt độ môi trường, nhiệt độ đất và một số chỉ tiêu liên quan đến điều kiện canh tác. Dữ liệu được ghi nhận theo thời gian thực và truyền về trung tâm thông qua các công nghệ kết nối như 4G, 5G hoặc mạng truyền dữ liệu công suất thấp (LoRaWAN). So với phương pháp quan sát thủ công, hệ thống cảm biến giúp nâng cao đáng kể độ chính xác của thông tin, đồng thời cho phép theo dõi liên tục trong suốt chu kỳ sản xuất.

Khi dữ liệu từ đồng ruộng được thu thập tự động, các nền tảng quản lý số có thể được xây dựng để hỗ trợ người sản xuất và các cơ quan quản lý. Thông qua ứng dụng trên điện thoại hoặc giao diện web, người dùng có thể theo dõi tình trạng ruộng lúa theo thời gian thực, nhận cảnh báo khi mực nước đạt ngưỡng cần tưới hoặc khi có nguy cơ ngập úng kéo dài. Thay vì phải thường xuyên kiểm tra trực tiếp ngoài đồng, người sản xuất có thể đưa ra quyết định tưới dựa trên các thông tin được cập nhật liên tục từ hệ thống.

Một lợi ích quan trọng khác của chuyển đổi số là khả năng lưu trữ và quản lý nhật ký sản xuất điện tử. Toàn bộ các hoạt động liên quan đến tưới nước, bón phân, sử dụng vật tư nông nghiệp và các biện pháp kỹ thuật khác có thể được ghi nhận dưới dạng dữ liệu số. Điều này giúp hình thành cơ sở dữ liệu sản xuất đồng nhất, giảm thiểu sai sót trong ghi chép thủ công và tạo điều kiện thuận lợi cho công tác truy xuất nguồn gốc. Trong bối cảnh các thị trường xuất khẩu ngày càng quan tâm đến tính minh bạch của chuỗi giá trị nông sản, dữ liệu số hóa đóng vai trò ngày càng quan trọng trong việc nâng cao năng lực cạnh tranh của ngành hàng lúa gạo.

Sự phát triển của trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence – AI) và phân tích dữ liệu lớn (Big Data) đang mở ra những cơ hội mới trong quản lý nước tưới cho cây lúa. Trên cơ sở dữ liệu lịch sử về khí tượng, thủy văn, đặc tính đất và sinh trưởng cây trồng, các mô hình AI có thể dự báo nhu cầu nước của ruộng lúa theo từng giai đoạn sinh trưởng, từ đó đề xuất lịch tưới tối ưu cho từng khu vực sản xuất. Thay vì áp dụng một quy trình AWD cố định cho mọi điều kiện, hệ thống có thể đưa ra các khuyến nghị linh hoạt phù hợp với điều kiện thực tế của từng cánh đồng.

Bên cạnh dữ liệu thu thập từ cảm biến mặt đất, công nghệ viễn thám và ảnh vệ tinh cũng đang trở thành công cụ hữu hiệu trong quản lý nước tưới quy mô vùng. Các dữ liệu từ vệ tinh Sentinel-1, Sentinel-2 hoặc các thiết bị bay không người lái (UAV) có thể được sử dụng để theo dõi tình trạng ngập nước, đánh giá sinh trưởng cây lúa và phát hiện các khu vực có nguy cơ thiếu nước hoặc ngập úng. Việc kết hợp dữ liệu viễn thám với dữ liệu cảm biến tại

hiện trường tạo nên hệ thống giám sát đa tầng, giúp nâng cao độ tin cậy và khả năng quản lý trên diện rộng.

Đối với Đề án phát triển một triệu hecta lúa chất lượng cao, phát thải thấp vùng Đồng bằng sông Cửu Long, chuyên đổi số trong quản lý AWD còn mang ý nghĩa chiến lược vượt ra ngoài phạm vi quản lý nước tưới đơn thuần. Dữ liệu về mực nước, thời gian ngập ruộng, số lần tưới và các hoạt động canh tác khác chính là những thông tin đầu vào quan trọng cho các mô hình tính toán phát thải khí nhà kính. Nói cách khác, hệ thống quản lý AWD số hóa không chỉ giúp thực hiện tốt kỹ thuật tưới tiết kiệm nước mà còn tạo ra cơ sở dữ liệu phục vụ đo lường và xác minh mức độ giảm phát thải trong sản xuất lúa.

Có thể xem chuyên đổi số là cầu nối giữa thực hành canh tác AWD ngoài đồng ruộng với hệ thống định lượng phát thải khí nhà kính ở quy mô vùng sản xuất. Khi dữ liệu được thu thập một cách tự động, liên tục và có khả năng truy xuất, việc đánh giá hiệu quả giảm phát thải sẽ trở nên minh bạch và đáng tin cậy hơn. Đây là điều kiện tiên quyết để hình thành hệ thống đo lường, báo cáo và thẩm tra (MRV) cho sản xuất lúa phát thải thấp, đồng thời tạo nền tảng cho việc phát triển các chương trình chứng nhận carbon và tham gia thị trường tín chỉ carbon trong tương lai.

Trong giai đoạn tới, cùng với quá trình hiện đại hóa ngành lúa gạo Việt Nam, AWD số hóa được kỳ vọng sẽ trở thành mô hình quản lý nước hiệu quả tại Đồng bằng sông Cửu Long. Sự kết hợp giữa kỹ thuật AWD và các công nghệ số không chỉ góp phần giảm phát thải khí nhà kính, tiết kiệm tài nguyên nước mà còn thúc đẩy quá trình chuyển đổi từ nền nông nghiệp dựa trên kinh nghiệm sang nền nông nghiệp dựa trên dữ liệu, hướng tới mục tiêu phát triển xanh, bền vững và có khả năng cạnh tranh trong bối cảnh hội nhập quốc tế.

Để minh họa cho tiềm năng của mô hình AWD số hóa, một thí điểm MRV quy mô thực địa đã được triển khai trong vụ Đông Xuân 2026 tại Hợp tác xã (HTX) Thuận Lợi, TP. Cần Thơ với tổng diện tích 35,82 ha trên 4 vùng sản xuất tập trung (SPOT), nhằm xây dựng nền tảng kỹ thuật và dữ liệu số phục vụ tín chỉ carbon ngành lúa gạo theo quy trình MRV theo QĐ 4801/QĐ-BNNMT.

Quy mô triển khai

Diện tích được phân chia thành 4 SPOT với tổng cộng 37 thửa ruộng, mỗi SPOT gồm từ 3 đến 13 thửa với diện tích từ 5,7 đến 13,79 ha. Tại mỗi SPOT, 3 điểm đo được bố trí rải đều theo trục dòng chảy từ đầu nguồn đến cuối nguồn nước, tổng cộng 12 trạm đo IoT được lắp đặt trên toàn bộ vùng thí điểm.

SPOT	Số thửa	Diện tích (ha)	Số điểm đo IOT
SPOT 1	3 (bón phân đúng)	5,7	3

SPOT 2	11	7,34	3
SPOT 3	13	13,79	3
SPOT 4	10	8,99	3
Tổng	37	35,82	12



Hình 3.1: Bản đồ phân bố 12 điểm quan trắc IoT mực nước tại vùng thí điểm MRV HTX Thuận Lợi, TP. Cần Thơ, vụ Đông Xuân 2026

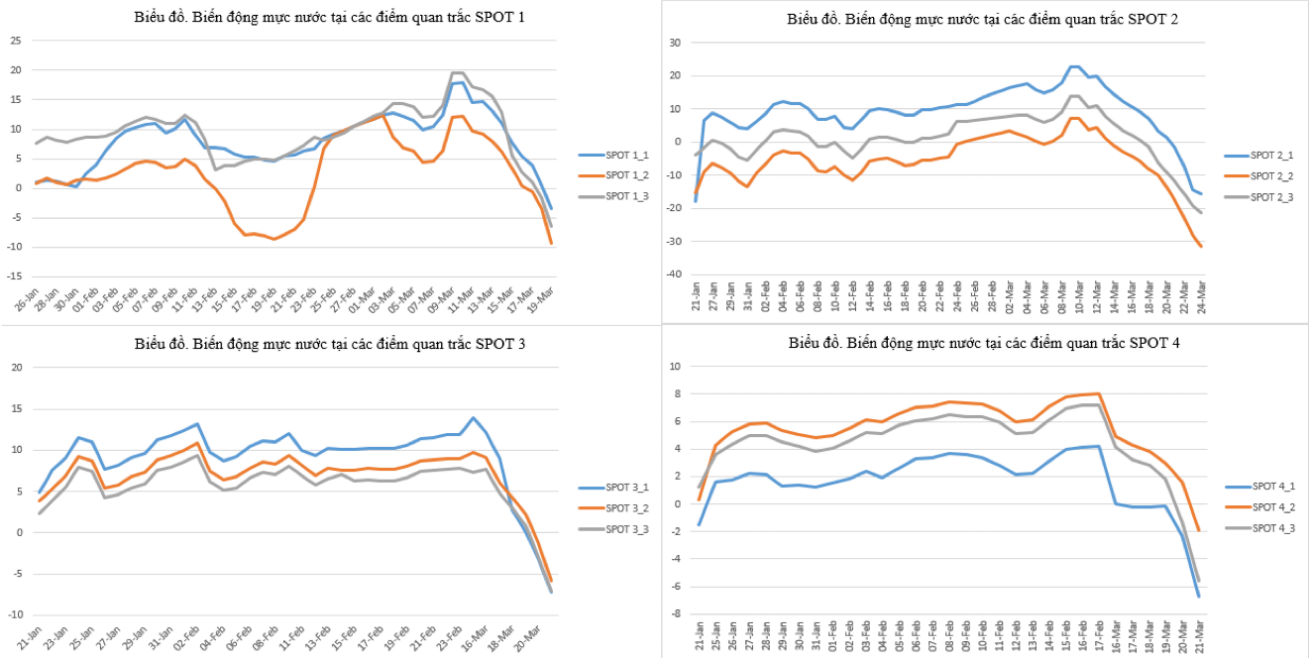


Hình 3.2: Trạm quan trắc mực nước IoT lắp đặt tại HTX Thuận Lợi

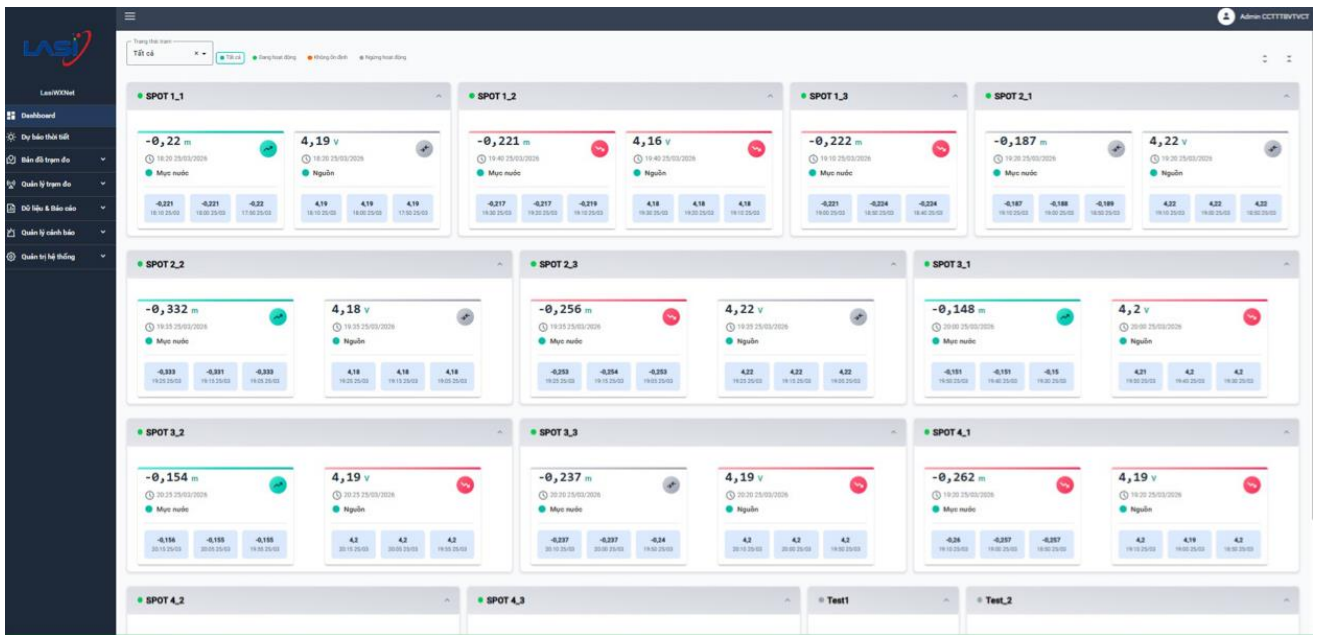
Kết quả theo dõi mực nước theo thời gian thực

Hệ thống cảm biến hoạt động liên tục từ cuối tháng 1 đến cuối tháng 3 năm 2026, ghi nhận biến động mực nước theo ngày tại tất cả 12 điểm đo. Dữ liệu truyền về nền tảng ứng dụng di động LasiWXNet thông qua kết nối 4G và được hiển thị trực tiếp trên dashboard web và bản đồ vệ tinh theo thời gian thực.

Kết quả quan trắc cho thấy biên độ mực nước trong vụ dao động từ khoảng -10 cm đến +20 cm so với mặt ruộng, phản ánh rõ các giai đoạn tưới bổ sung và rút nước phơi ruộng AWD.



Hình 3.3: Biểu đồ biến động mực nước tại các điểm quan trắc IoT theo 4 SPOT trong vụ Đông Xuân 2026 (HTX Thuận Lợi, TP. Cần Thơ)



Hình 3.4: Giao diện nền tảng hiển thị dữ liệu mực nước theo thời gian thực

Toàn bộ dữ liệu mực nước được lưu trữ liên tục, đáp ứng yêu cầu minh bạch và truy xuất nguồn gốc phục vụ thẩm định. Theo đánh giá ban đầu, dữ liệu thu thập đủ điều kiện để đưa vào tính toán hệ số giảm phát thải AWD (SFw) theo phương pháp IPCC.

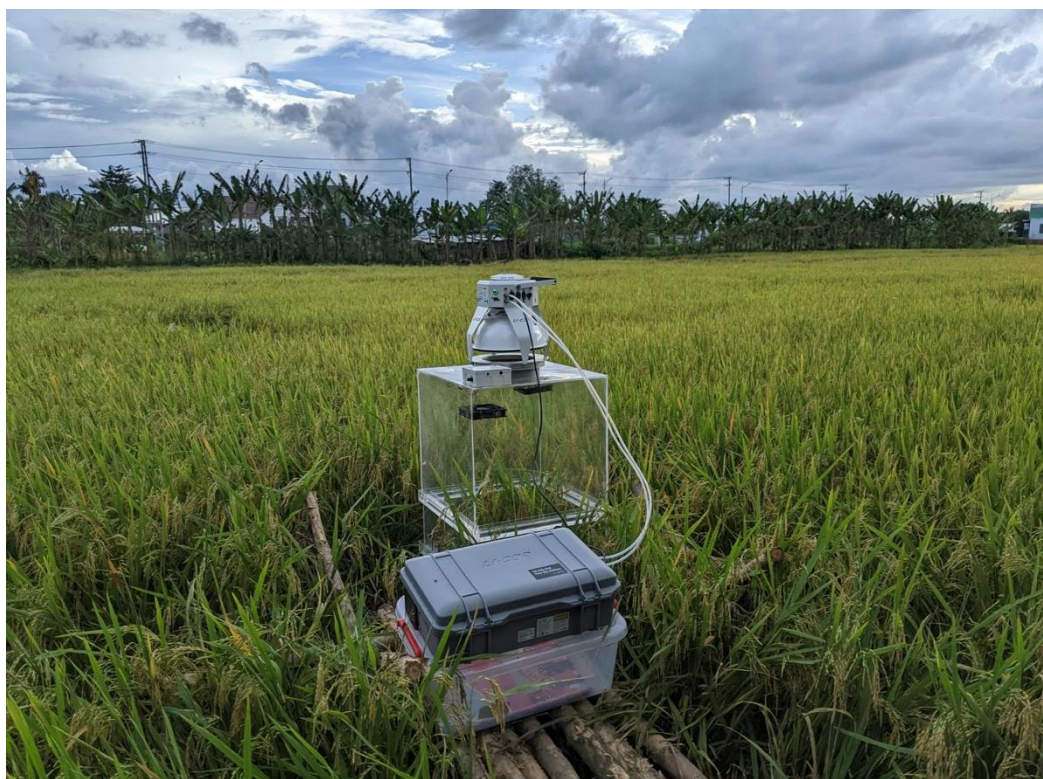
4. Chuyển đổi số phục vụ định lượng khí nhà kính trong sản xuất lúa phát thải thấp

Trong những năm gần đây, giảm phát thải khí nhà kính không còn đơn thuần là một mục tiêu môi trường mà đang trở thành một tiêu chí quan trọng quyết định khả năng tiếp cận thị trường, thu hút đầu tư xanh và tham gia các cơ chế tài chính carbon của ngành nông nghiệp. Đối với sản xuất lúa, việc áp dụng các giải pháp giảm phát thải như AWD chỉ mới là bước khởi đầu. Vấn đề quan trọng hơn là phải chứng minh được mức độ giảm phát thải một cách khoa học, minh bạch và có khả năng kiểm chứng. Đây chính là yêu cầu cốt lõi của các hệ thống đo lường, báo cáo và thẩm tra khí nhà kính (Measurement, Reporting and Verification – MRV) đang được triển khai trên phạm vi toàn cầu.

Theo cách tiếp cận truyền thống, việc định lượng phát thải methane từ ruộng lúa chủ yếu dựa vào phương pháp buồng kín (closed chamber technique). Phương pháp này cho phép đo trực tiếp nồng độ khí phát thải tại hiện trường và hiện vẫn được xem là tiêu chuẩn tham chiếu trong nhiều nghiên cứu khoa học. Tuy nhiên, việc áp dụng phương pháp buồng kín ở quy mô sản xuất lớn gặp nhiều hạn chế do chi phí cao, yêu cầu nhân lực chuyên môn, tần suất lấy mẫu lớn và khó triển khai trên diện tích hàng chục nghìn hoặc hàng triệu hecta. Trong bối cảnh Đề án một triệu hecta lúa chất lượng cao, phát thải thấp đang được triển khai tại Đồng bằng sông Cửu Long, rõ ràng khó có thể áp dụng phương pháp này đo trực tiếp phát thải trên toàn bộ vùng sản xuất.

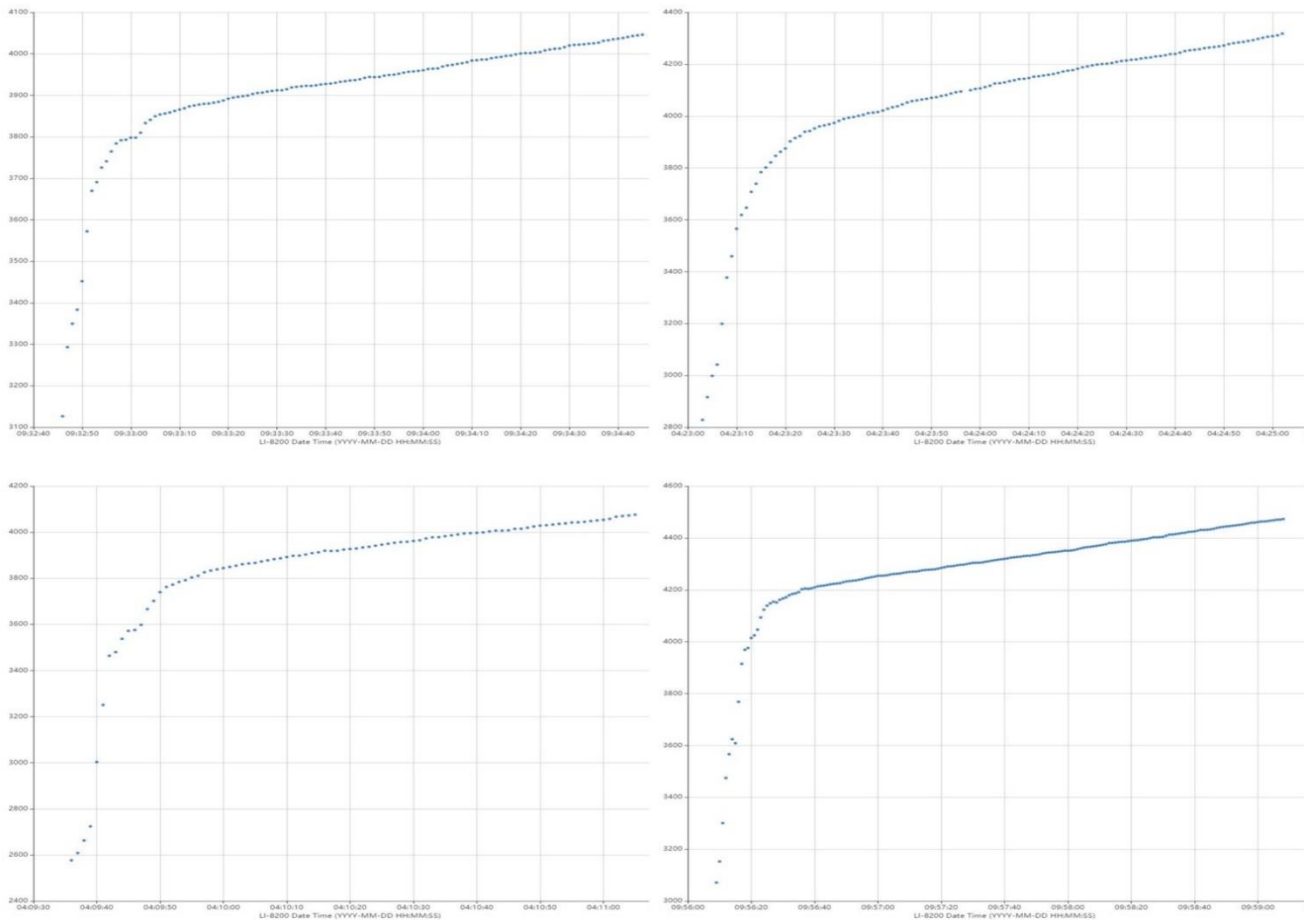
Mặc dù phương pháp buồng kín truyền thống có những hạn chế về quy mô, vai trò của phương pháp không bị thay thế hoàn toàn trong hệ thống MRV hiện đại. Thay vào đó, đo phát thải trực tiếp được tái định vị như một công cụ tham chiếu và hiệu chuẩn cho các mô hình tính toán phát thải ở quy mô lớn. Trong hướng tiếp cận kết hợp, một số điểm đo trực tiếp đại diện được thiết lập để cung cấp dữ liệu thực địa có độ chính xác cao, qua đó hiệu chỉnh và xác nhận kết quả đầu ra từ các mô hình phát thải số.

Các thiết bị phân tích khí thể hệ mới đang đóng vai trò quan trọng trong việc đo phát thải CO₂, CH₄ và N₂O trực tiếp tại đồng ruộng. Sử dụng công nghệ laser, các thiết bị này có khả năng đo nồng độ khí với độ phân giải cao (ppb), cho phép tính toán flux phát thải theo phương pháp tích lũy nồng độ trong buồng kín trong thời gian ngắn.



Hình 4.1: Hệ thống đo phát thải khí nhà kính bằng nguyên lý laser kết hợp buồng kín được triển khai trực tiếp trên ruộng lúa tại Đồng bằng sông Cửu Long

Trong một thí nghiệm được triển khai tại Cần Thơ, nhóm nghiên cứu công ty LASI đã triển khai đo đặc phát thải CH_4 trên ruộng lúa bằng phương pháp buồng kín, sử dụng máy phân tích khí hiện trường model LI-7810 (hãng sản xuất: LI-COR, Mỹ) kết hợp cùng buồng đo tự động, cho phép thực hiện một phép đo trong vòng 2 phút. Tại thực địa, buồng đo được úp xuống buồng kín trong suốt bao trùm cả cây lúa để cách ly một thể tích không khí khép kín. Không khí trong buồng được bơm tuần hoàn liên tục qua máy phân tích LI-7810 để đo nồng độ CH_4 theo thời gian thực. Nguyên lý tính toán dựa trên tốc độ tăng nồng độ khí theo thời gian (dC/dt) trong pha tuyến tính từ đó kết hợp với các thông số thể tích hệ thống, chamber để trích xuất chính xác kết quả phát thải theo đơn vị ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)



Hình 4.2: Đường cong tích lũy nồng độ CH₄ trong buồng kín qua nghiệm thức đo tại ruộng lúa ĐBSCL bằng thiết bị laser (trục X: thời gian; trục Y: nồng độ CH₄, ppb). Độ tuyến tính cao ($R^2 > 0,99$) cho thấy chất lượng dữ liệu đáng tin cậy để tính flux phát thải.

Ưu điểm nổi bật của giải pháp này bao gồm: (i) tốc độ đo nhanh (vài phút/lần đo), cho phép thu thập nhiều mẫu trong một buổi khảo sát; (ii) không cần lấy mẫu khí về phòng thí nghiệm, giảm sai số và thời gian xử lý; (iii) tích hợp ghi dữ liệu điện tử với timestamp chính xác, thuận tiện cho lưu trữ và xử lý số.

Trong chiến lược MRV cho lúa phát thải thấp tại ĐBSCL, đo phát thải trực tiếp không thay thế mà bổ sung cho các phương pháp ước tính bằng mô hình. Cụ thể, số liệu flux CO₂, CH₄ và N₂O đo tại một số điểm đại diện được sử dụng để: (i) xác nhận giá trị hệ số phát thải phù hợp với điều kiện canh tác địa phương, thay vì dùng giá trị mặc định của IPCC; (ii) hiệu chuẩn và kiểm chứng kết quả đầu ra từ các mô hình như DNDC hoặc APSIM (Keating et al., 2003; Li et al., 1992); (iii) cung cấp dữ liệu thực địa cho các chương trình xác minh độc lập theo yêu cầu của tiêu chuẩn Verra hoặc Gold Standard.

Các kết quả đo phát thải trực tiếp bằng hệ thống laser kết hợp buồng kín không chỉ cung cấp số liệu thực địa có độ tin cậy cao mà còn đóng vai trò nền tảng trong việc xây dựng các phương pháp định lượng phát thải ở quy mô lớn. Trên thực tế, việc đo phát thải trực tiếp cho toàn bộ diện tích sản xuất là không khả thi về mặt kinh tế và kỹ thuật. Vì vậy, dữ liệu đo tại các điểm đại diện được sử dụng như cơ sở khoa học để thiết lập, hiệu chỉnh và kiểm định các mô hình tính toán phát thải.

Trong hệ thống MRV hiện đại, phát thải khí nhà kính được xác định thông qua sự kết hợp giữa dữ liệu đo thực địa và dữ liệu sản xuất. Dữ liệu thực địa từ các thí nghiệm buồng kín cung cấp thông tin về mối quan hệ giữa phát thải methane với các yếu tố canh tác như chế độ quản lý nước, bón phân, xử lý rơm rạ và điều kiện đất đai. Trên cơ sở đó, các hệ số phát thải hoặc các mô hình phát thải được xây dựng để mở rộng phạm vi tính toán từ quy mô điểm đo lên quy mô cánh đồng, hợp tác xã hoặc toàn vùng sản xuất.

Đây chính là điểm mà chuyên đổi số đóng vai trò quyết định. Nếu dữ liệu phát thải trực tiếp là cơ sở khoa học để xây dựng mô hình thì dữ liệu sản xuất số hóa là đầu vào để vận hành mô hình đó trên thực tế. Nói cách khác, phát thải khí nhà kính không được tính toán trực tiếp từ cảm biến đo khí đặt trên từng thửa ruộng mà được ước tính từ các thông tin phản ánh quá trình sản xuất đã được số hóa và lưu trữ có hệ thống.

Trong sản xuất lúa phát thải thấp, mỗi hoạt động canh tác đều tạo ra những dữ liệu có liên quan đến phát thải khí nhà kính. Chẳng hạn, dữ liệu về mực nước ruộng phản ánh chế độ ngập – khô của hệ thống AWD; dữ liệu nhật ký sản xuất ghi nhận lượng phân bón sử dụng, thời gian gieo sạ và quản lý rơm rạ; dữ liệu viễn thám cung cấp thông tin về thời vụ, tình trạng sinh trưởng cây lúa và diễn biến mặt ruộng. Khi các nguồn dữ liệu này được tích hợp trên cùng một nền tảng quản lý, chúng tạo thành cơ sở dữ liệu đầu vào cho các phương pháp tính toán phát thải.

Theo cách tiếp cận này, số liệu phát thải trực tiếp đóng vai trò hiệu chuẩn và kiểm chứng, trong khi dữ liệu sản xuất số hóa đóng vai trò mở rộng quy mô tính toán. Sự kết hợp giữa hai nguồn dữ liệu cho phép xây dựng hệ thống MRV vừa bảo đảm độ tin cậy khoa học, vừa đáp ứng yêu cầu triển khai trên diện tích lớn với chi phí hợp lý. Đây cũng là hướng tiếp cận đang được nhiều chương trình lúa phát thải thấp trên thế giới áp dụng nhằm giải quyết bài toán cân bằng giữa độ chính xác và tính khả thi trong thực tiễn sản xuất.

5. Kết luận

Trong các giải pháp giảm phát thải khí nhà kính cho sản xuất lúa hiện nay, quản lý nước theo phương pháp tưới ngập khô xen kẽ (AWD) được xem là giải pháp có tiềm năng nhờ khả năng giảm phát thải methane, tiết kiệm nước tưới và duy trì hiệu quả sản xuất. Tuy nhiên, hiệu quả giảm phát thải của AWD chỉ có thể được khẳng định và mở rộng trên quy mô lớn khi quá trình thực hiện được theo dõi, ghi nhận và xác minh bằng dữ liệu đáng tin cậy.

Chuyển đổi số vì vậy không chỉ đơn thuần là ứng dụng công nghệ vào sản xuất lúa mà còn là công cụ để chuẩn hóa quy trình quản lý nước, số hóa dữ liệu canh tác và tạo cơ sở cho việc định lượng phát thải khí nhà kính. Kết quả thí điểm tại Hợp tác xã Thuận Lợi, thành phố Cần Thơ cho thấy việc kết hợp giữa hệ thống quan trắc mực nước, dữ liệu sản xuất số hóa và các phương pháp tính toán phát thải là hướng tiếp cận khả thi trong điều kiện thực tế của Đồng bằng sông Cửu Long.

Phương pháp tưới ngập khô xen kẽ (AWD) tạo ra giảm phát thải, nhưng dữ liệu số mới là yếu tố giúp chứng minh và lượng hóa giá trị của sự giảm phát thải đó. Do vậy, cùng với việc mở rộng áp dụng các quy trình canh tác phát thải thấp, cần ưu tiên xây dựng hệ thống dữ liệu sản xuất thống nhất và từng bước hoàn thiện hệ thống MRV cho ngành hàng lúa gạo. Đây sẽ là nền tảng quan trọng để triển khai hiệu quả Đề án một triệu hecta lúa chất lượng cao, phát thải thấp và thúc đẩy quá trình chuyển đổi xanh của ngành lúa gạo Việt Nam trong thời gian tới.

Danh sách tài liệu tham khảo

- Bouman, B. A. M., Lampayan, R. M., & Tuong, T. P. (2007). Water management in irrigated rice: Coping with water scarcity. International Rice Research Institute.
- Bui, T. P. L., Sander, B. O., Wassmann, R., Siopongco, J. D. L. C., Nguyen, V. L., Pham, C. V., Tran, T. T., Nguyen, T. H., & Gummert, M. (2018). Methane emission factors from Vietnamese rice production: Pooling data of 36 field sites for Tier 2 calculation. Climate and Clean Air Coalition & International Rice Research Institute.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- International Rice Research Institute (IRRI). (2020). Greenhouse gas mitigation in rice production systems of Vietnam. IRRI.
- Keating, B. A., Carberry, P. S., Hammer, G. L., Probert, M. E., Robertson, M. J., Holzworth, D., Huth, N. I., Hargreaves, J. N. G., Meinke, H., Hochman, Z., McLean, G., Verburg, K., Snow, V., Dimes, J. P., Silburn, M., Wang, E., Brown, S., Bristow, K. L., Asseng, S., Chapman, S., McCown, R. L., Freebairn, D. M., & Smith, C. J. (2003). An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. *European Journal of Agronomy*, 18, 267–288.
- Li, C., Frohling, S., & Frohling, T. A. (1992). A model of nitrous oxide evolution from soil driven by rainfall events: Model structure and sensitivity. *Journal of Geophysical Research*, 97(D9), 9759–9776.
- Linguist, B. A., Anders, M. M., Adviento-Borbe, M. A., Chaney, R. L., Nalley, L. L., Da Rosa, E. F. F., & van Kessel, C. (2015). Reducing greenhouse gas emissions, water use, and grain arsenic levels in rice systems. *Global Change Biology*, 21(1), 407–417.
- Ministry of Agriculture and Environment (MAE). (2025). Promoting low-emission rice farming model in the Mekong Delta. Government of Vietnam.
- Richards, M., Sander, B. O., & Wassmann, R. (2014). Climate-smart agriculture practice brief: Alternate wetting and drying in irrigated rice. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CAAFS).
- Sander, B. O., Wassmann, R., Siopongco, J. D. L. C., & Nelson, A. (2017). Alternate wetting and drying in rice production: A climate-smart technology for adaptation and mitigation. In Food and Agriculture Organization (Ed.), *Climate-smart agriculture sourcebook*. FAO.