

# Biến đổi khí hậu và tác động đến hệ sinh thái nông nghiệp vùng Trung du và miền núi phía Bắc Việt Nam

Nguyễn Song Tùng\*, Đoàn Thị Thu Hương\*\*

Nhận ngày 11 tháng 01 năm 2026. Chấp nhận đăng ngày 22 tháng 3 năm 2026.

**Tóm tắt:** Biến đổi khí hậu (BĐKH) làm gia tăng tính dễ tổn thương của hệ sinh thái nông nghiệp vùng Trung du và miền núi phía Bắc, nơi có địa hình phức tạp và sinh kế phụ thuộc vào nông - lâm nghiệp. Tiếp cận theo khung DPSIR (Động lực - Sức ép - Hiện trạng - Tác động - Đáp ứng) kết hợp nông nghiệp thông minh với khí hậu (CSA) và thích ứng dựa vào hệ sinh thái (EbA), kết quả cho thấy các hiện tượng thời tiết cực đoan làm năng suất cây trồng suy giảm, rủi ro sâu bệnh và thiệt hại vật nuôi gia tăng, hạ tầng thủy lợi bị ảnh hưởng. Từ đó, bài viết<sup>1</sup> đề xuất tăng cường giải pháp EbA và CSA, lồng ghép vào quy hoạch địa phương và triển khai cơ chế “cảnh báo sớm - hành động sớm” nhằm nâng cao khả năng chống chịu và phát triển nông nghiệp bền vững trong bối cảnh BĐKH.

**Từ khóa:** Biến đổi khí hậu, nông nghiệp miền núi, DPSIR, CSA, Trung du và miền núi phía Bắc.

**Phân loại ngành:** Chính trị học

**Abstract:** Climate change is increasing the vulnerability of agricultural ecosystems in Vietnam's Northern midlands and mountainous, where the terrain is complex and livelihoods depend on agriculture and forestry. Using the “Drivers, Pressures, State, Impact, and Response” (DPSIR) framework combined with Climate-Smart Agriculture (CSA) and Ecosystem-based Adaptation (EbA), the research arrived at the conclusion that extreme weather conditions had resulted in declining crop productivity, higher pest and disease risks, livestock losses, and damage to irrigation infrastructure. The paper proposes strengthening EbA and CSA measures, integrating them into local planning, and implementing an “early warning - early action” mechanism to enhance resilience and support sustainable agricultural development under the context of climate change.

**Keywords:** Climate change, mountain agriculture, DPSIR, CSA, Northern midlands and mountainous region.

**Subject classification:** Political Sciences

## 1. Đặt vấn đề

Hệ sinh thái nông nghiệp (HSTNN) là một trong những loại hình hệ sinh thái chịu tác động sâu sắc nhất của con người, đồng thời giữ vai trò quan trọng trong bảo đảm an ninh lương thực và tạo sinh kế. HSTNN mang các đặc trưng cơ bản như tính năng suất, khả năng chống chịu, tính đa dạng và thích nghi; bao gồm nhiều hệ phụ như hệ đồng ruộng, đồng cỏ, chăn nuôi..., trong đó người nông dân là chủ thể cấu thành không thể tách rời. Tuy nhiên, do cấu trúc loài tương đối đơn giản, mức độ đa dạng sinh học thấp và tính ổn định sinh thái chưa cao, HSTNN dễ bị tổn thương trước dịch bệnh, thiên tai và đặc biệt nhạy cảm với các rủi ro ngày càng gia tăng từ BĐKH.

Theo Germanwatch (2026), Việt Nam xếp thứ 10 toàn cầu về mức độ rủi ro khí hậu theo Chỉ số rủi ro khí hậu (CRI) năm 2024. Xu thế gia tăng nhiệt độ, sự gia tăng tần suất và cường độ các hiện tượng thời tiết cực đoan, cùng sự phân hóa khí hậu theo vùng đang tác động trực tiếp đến sinh kế nông nghiệp - lĩnh vực phụ thuộc lớn vào điều kiện tự nhiên.

\*,\*\* Viện Địa lý nhân văn và Phát triển bền vững, Viện Hàn lâm Khoa học xã hội Việt Nam.

Email: huongdoan1907@gmail.com

<sup>1</sup> Bài viết là sản phẩm của đề tài Quỹ Nafosted “Nghiên cứu, đánh giá tính bền vững của hệ sinh thái nông nghiệp vùng Trung du và Miền núi phía Bắc trong bối cảnh biến đổi khí hậu”, mã số 507.99-2021.03.

Vùng Trung du và miền núi phía Bắc (TDMNPB) có HSTNN đặc trưng gắn với địa hình đồi núi dốc, chia cắt mạnh và phân hóa theo đai cao; đất chủ yếu là feralit đỏ vàng và đất phù sa bạc màu. Theo Quyết định 3411/QĐ-BTNMT (2024), diện tích đất nông nghiệp của vùng khoảng 8,06 triệu ha, chiếm gần 29% cả nước. Khí hậu nhiệt đới ẩm gió mùa, phân hóa theo độ cao, với nhiệt độ trung bình năm 20-22°C, lượng mưa 1.800-2.000 mm; mùa đông lạnh tạo điều kiện phát triển cây cận nhiệt và ôn đới. Vùng có tỷ lệ che phủ rừng cao nhất cả nước (53,4%) và tiềm năng lớn về cây ăn quả, cây công nghiệp và dược liệu.

Tuy nhiên, TDMNPB cũng được xem là “điểm nóng” trước BĐKH. Sinh kế của phần lớn hộ dân phụ thuộc vào nông - lâm nghiệp quy mô nhỏ, trung bình 4,09 mảnh/hộ sản xuất (To Xuan Phuc, Tran Huu Nghi, 2014), trong khi hạ tầng thủy lợi còn hạn chế và tỷ lệ hộ nghèo cao. Báo cáo Đánh giá lần thứ sáu (AR6) của IPCC (2022, 2023) xác định xu thế ấm lên, gia tăng sóng nhiệt, mưa cực đoan và rủi ro lũ quét - sạt lở tại các dải núi châu Á. Hồ sơ rủi ro khí hậu của World Bank và Asian Development Bank cũng chỉ ra rằng Việt Nam, đặc biệt là khu vực miền núi phía Bắc, đang đồng thời đối mặt với các hình thái “hạn - mưa cực đoan - rét đậm” theo mùa. Trong giai đoạn 1958-2018, nhiệt độ trung bình năm ở Việt Nam tăng khoảng 0,8-1,3°C, với tốc độ cao hơn tại các vùng núi sâu trong đất liền.

Thực tiễn địa phương phản ánh rõ xu thế này. Tỉnh Lào Cai ghi nhận 25 đợt thiên tai trong năm 2023 với thiệt hại ước tính 1.119 tỷ đồng và 12.486 ha đất nông nghiệp bị ảnh hưởng (Ủy ban nhân dân tỉnh Lào Cai, 2023); Sơn La (huyện Mai Sơn) đạt giá trị sản xuất 92,4 triệu đồng/ha năm 2024 nhưng chịu rủi ro lớn do hạn hán và mưa đá (Ủy ban nhân dân huyện Mai Sơn, 2024); Phú Thọ lần đầu công bố diện tích đất ô nhiễm cần xử lý; trong khi Hà Giang (huyện Vị Xuyên) báo cáo tình trạng thiếu nước tưới vụ xuân. Những bằng chứng này cho thấy sự cấp thiết của việc đánh giá tổng hợp, kết hợp cơ sở lý luận quốc tế với dữ liệu địa phương nhằm xác định các ưu tiên thích ứng cho HSTNN vùng TDMNPB.

Trong bối cảnh đó, Quyết định số 369/QĐ-TTg phê duyệt Quy hoạch vùng TDMNPB thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 xác định nông nghiệp là trụ cột phát triển kinh tế, định hướng theo hướng bền vững, sản xuất hàng hóa gắn với công nghiệp chế biến và nâng cao khả năng thích ứng với BĐKH. Thích ứng dựa vào hệ sinh thái (EbA), theo Convention on Biological Diversity (2009), được xem là chiến lược phù hợp với điều kiện Việt Nam, vừa khắc phục hạn chế của các biện pháp công trình truyền thống, vừa tạo đồng lợi ích sinh thái - xã hội - kinh tế. Đồng thời, cách tiếp cận nông nghiệp thông minh thích ứng với khí hậu (CSA) do Food and Agriculture Organization (2013) đề xuất đóng vai trò bổ trợ quan trọng, nhằm đồng thời nâng cao năng suất, tăng khả năng chống chịu và giảm phát thải thông qua ứng dụng công nghệ, giống thích ứng và thực hành canh tác bền vững.

Trên cơ sở đó, bài viết tập trung vào bốn mục tiêu chính: (i) mô tả xu thế khí hậu và thiên tai chi phối HSTNN vùng TDMNPB; (ii) phân tích tác động của BĐKH đến trồng trọt, chăn nuôi, lâm nghiệp, dịch vụ hệ sinh thái và chuỗi giá trị; (iii) xây dựng và phân tích ma trận rủi ro - tác động - đáp ứng theo khung DPSIR; và (iv) đề xuất các khuyến nghị chính sách khả thi theo hướng CSA và EbA, lồng ghép vào quy hoạch cấp tỉnh và Kế hoạch thích ứng quốc gia NAP (MONRE, 2025).

## **2. Phương pháp nghiên cứu**

### **2.1. Cơ sở lý thuyết**

Khung DPSIR là một công cụ phân tích hệ thống được sử dụng rộng rãi trong đánh giá môi trường và hoạch định chính sách, trong đó có các báo cáo của IPCC. Khung này cho phép làm rõ chuỗi quan hệ nhân - quả giữa động lực phát triển kinh tế - xã hội, các sức ép môi trường, sự biến đổi trạng thái hệ sinh thái và các tác động phát sinh, từ đó xác định các đáp ứng chính sách phù hợp.

Trong nghiên cứu này, DPSIR được vận dụng để phân tích mối liên hệ giữa BĐKH, quá trình phát triển kinh tế - xã hội và hệ sinh thái nông nghiệp (HSTNN) vùng Trung du và miền núi phía Bắc. Cụ thể, các động lực (Driver) bao gồm xu thế ấm lên toàn cầu và định hướng phát triển sản xuất hàng hóa; các sức ép (Pressure) thể hiện qua gia tăng khai thác tài nguyên, biến động sử dụng đất, hạn hán, xói mòn, dịch hại và thiên tai cực đoan; từ đó làm thay đổi hiện trạng (State) của tài nguyên đất, nước, rừng và cấu trúc HSTNN. Những biến đổi này dẫn đến các tác động (Impact) tiêu cực đối với năng suất, sinh kế và hạ tầng nông nghiệp. Trên cơ sở đó, các đáp ứng (Response) về thể chế và kỹ thuật được đề xuất nhằm giảm thiểu rủi ro và tăng cường khả năng chống chịu.

Khung DPSIR đồng thời cho phép tích hợp bằng chứng định lượng (dữ liệu khí tượng, thủy văn, thiệt hại kinh tế) với bằng chứng định tính (thể chế, hành vi, năng lực thích ứng của cộng đồng) theo cách tiếp cận liên ngành. Trong cấu phần “Đáp ứng”, nghiên cứu lồng ghép hai định hướng chủ đạo: nông nghiệp thông minh thích ứng với khí hậu (CSA) và thích ứng dựa vào hệ sinh thái (EbA). Theo Food and Agriculture Organization, CSA hướng tới ba mục tiêu đồng thời: duy trì và nâng cao năng suất, tăng khả năng chống chịu và giảm phát thải. Trong khi đó, tiếp cận EbA do Convention on Biological Diversity thúc đẩy nhấn mạnh việc sử dụng và phục hồi các chức năng hệ sinh thái như một giải pháp thích ứng bền vững. Việc lồng ghép CSA và EbA giúp tối ưu hóa lợi ích môi trường - khí hậu, giảm rủi ro và hỗ trợ sinh kế trong điều kiện đặc thù của khu vực miền núi.

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phân tích - tổng hợp tài liệu thứ cấp từ các nguồn quốc tế và trong nước: Báo cáo AR6 của Intergovernmental Panel on Climate Change, hồ sơ rủi ro khí hậu của World Bank (2021), báo cáo Asian Development Bank (2021) và Kế hoạch thích ứng quốc gia do Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố; cùng các nghiên cứu về lũ quét, sạt lở và tác động BĐKH đến nông nghiệp (Hoang et al., 2019; Lưu et al., 2023; Wakatsuki et al., 2023).

Nhóm tác giả đồng thời đối chiếu số liệu từ báo cáo cấp tỉnh, kết hợp quan sát thực địa và trao đổi với người dân, cán bộ quản lý, chuyên gia để nhận diện rủi ro và phản ứng chính sách. Phân tích được thực hiện theo bốn bước: (i) nhận diện xu thế khí hậu; (ii) phân tích cơ chế tác động đến tài nguyên và sản xuất; (iii) đánh giá hệ quả đối với HSTNN và sinh kế; (iv) đề xuất đáp ứng theo định hướng CSA và EbA.

So sánh liên tỉnh được sử dụng để làm rõ khác biệt về rủi ro, tính nhạy cảm và năng lực thích ứng, từ đó đề xuất chính sách phù hợp cho từng tiểu vùng TDMNPB.

## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Tác động của biến đổi khí hậu đến hệ sinh thái nông nghiệp

#### \* Bối cảnh khí hậu và thiên tai tác động đến nông nghiệp vùng

Dữ liệu quan trắc và tổng hợp quốc tế cho thấy nhiệt độ trung bình năm tại miền núi phía Bắc có xu hướng tăng, đi kèm với sự gia tăng tần suất và cường độ sóng nhiệt. Chế độ mưa biến động mạnh hơn, với mưa lớn cục bộ và các đợt mưa cực đoan xuất hiện thường xuyên ở nhiều tiểu vùng. Báo cáo AR6 của IPCC cho thấy lượng mưa cực đoan ở Bắc và Đông Nam Á tăng khoảng 5-15% giai đoạn 1950-2018, với xác suất xảy ra cao hơn 1,5-2 lần so với thời kỳ tiền công nghiệp. Hồ sơ rủi ro khí hậu của World Bank (2021) cũng ghi nhận tốc độ tăng nhiệt ở Việt Nam khoảng 0,26°C mỗi thập kỷ, cao hơn trung bình toàn cầu, đồng thời mưa có xu hướng tập trung hơn và gia tăng cực đoan cục bộ.

Với đặc điểm địa hình dốc, chia cắt mạnh và khả năng trữ - điều tiết nước hạn chế, vùng Trung du và miền núi phía Bắc đặc biệt nhạy cảm với mưa lớn ngắn hạn gây lũ quét, sạt lở đất; đồng thời dễ xảy ra hạn cục bộ vào mùa khô. Báo cáo của Asian Development Bank (ADB,

2021) nhấn mạnh tính dễ tổn thương kép này. Rét đậm, rét hại vẫn xuất hiện hằng năm; dù số ngày rét có xu hướng giảm, các đợt rét cực đoan vẫn gây thiệt hại đáng kể cho nông nghiệp vùng cao (IPCC, 2022).

Bằng chứng thực tiễn tại địa phương cho thấy mức độ và phạm vi ảnh hưởng của các sự kiện cực đoan gia tăng rõ rệt. Năm 2023, tỉnh Lào Cai ghi nhận 25 đợt thiên tai, gây thiệt hại khoảng 1.119 tỷ đồng, ảnh hưởng 12.486 ha đất nông nghiệp và 1.497 ha rừng (UBND tỉnh Lào Cai, 2023). Tại Lạng Sơn, dù duy trì độ che phủ rừng trên 64%, tỉnh vẫn chịu thiệt hại đáng kể do mưa lớn và đông lạnh (Ủy ban nhân dân (UBND) tỉnh Lạng Sơn, 2024a, 2024b). Sơn La ghi nhận tổn thất nông - thủy sản do mưa lũ và mưa đá; Hà Giang (huyện Vị Xuyên) báo cáo thiếu nước tưới vụ xuân (UBND huyện Vị Xuyên, 2024); trong khi Thái Nguyên liên tiếp ghi nhận các đỉnh lũ lịch sử tại trạm Gia Bảy giai đoạn năm 2024 (28,81 m), 2025 (29,9 m). Những quan sát này phù hợp với nhận định của IPCC về gia tăng rủi ro khí hậu tại các khu vực miền núi châu Á (IPCC, 2022).

Theo kịch bản phát thải cao RCP8.5, nhiệt độ trung bình năm tại miền núi phía Bắc có thể tăng 4,0-4,7°C vào cuối thế kỷ XXI; lượng mưa năm tăng khoảng 10-15% vào giữa thế kỷ và 10-25% vào cuối thế kỷ, trong khi lượng mưa ngày lớn nhất có thể tăng 40-50% (Viện Phân tích Hệ thống Ứng dụng Quốc tế (IIASA), 2007). Các tỉnh Điện Biên, Lai Châu, Sơn La và Yên Bái được xác định có nguy cơ lũ quét, sạt lở cao (khoảng 50-60% diện tích), cho thấy mức độ rủi ro tiếp tục gia tăng trong tương lai.

*\* Cơ chế tác động và hệ quả đối với hoạt động sản xuất trong hệ sinh thái nông nghiệp*

Biến đổi khí hậu tác động đến HSTNN thông qua ba cơ chế chính: (i) thay đổi điều kiện sinh thái (nhiệt - ẩm - nước); (ii) gia tăng sự kiện cực đoan; (iii) suy giảm dịch vụ hệ sinh thái. Các cơ chế này tương tác, làm giảm năng suất, sinh kế và hiệu quả chuỗi giá trị nông nghiệp.

*Tác động tới ngành trồng trọt*

Hạn hán mùa khô làm giảm năng suất lúa, ngô, rau màu, nhất là nơi phụ thuộc hồ đập nhỏ và tưới kém ổn định (MONRE, 2025; World Bank, 2021). Sóng nhiệt tháng 5-8 gây sốc nhiệt, rút ngắn sinh trưởng; Báo cáo của IPCC cho thấy nhiệt độ cao làm giảm hiệu suất cây trồng, nhất là vùng thiếu nước (IPCC, 2022). Thực tế tại huyện Vị Xuyên (Hà Giang) cho thấy tình trạng thiếu nước tưới vụ xuân ảnh hưởng trực tiếp đến lúa và hoa màu (UBND huyện Vị Xuyên, 2024).

Mưa cực đoan trên địa hình dốc gây xói mòn, rửa trôi dinh dưỡng, vùi lấp đất canh tác và phá hủy hạ tầng giao thông - thủy lợi. Hệ quả là gia tăng chi phí phục hồi đất, suy giảm hàm lượng mùn và cấu trúc đất, từ đó ảnh hưởng trung hạn đến năng suất và chuỗi cung ứng nông sản (IPCC, 2022; Luu et al., 2023). Các tỉnh như Lào Cai và Yên Bái thường xuyên ghi nhận thiệt hại do lũ quét, sạt lở và mưa đá; Sơn La tổn thất thủy sản nội địa do tràn bờ, nước đục sau mưa (UBND tỉnh Lào Cai, 2022; Ủy ban nhân dân tỉnh Sơn La, 2023).

Rét đậm, rét hại và sương muối gây tổn thương mô thực vật, ảnh hưởng lúa xuân và rau màu; cây ăn quả ôn đới có thể ra hoa lệch pha, làm giảm năng suất và chất lượng. Đồng thời, biến động nhiệt - ẩm làm thay đổi vòng đời sâu bệnh; sâu keo mùa thu và các bệnh nấm phát triển mạnh trong điều kiện mùa đông ẩm hơn (IPCC, 2022; Wakatsuki et al., 2023). Quản lý hiệu quả đòi hỏi IPM tích hợp: giống kháng dịch bệnh, đa dạng hóa mùa vụ, thiên địch, vệ sinh đồng ruộng, bẫy sinh học, giảm phụ thuộc thuốc bảo vệ thực vật.

Tổng hợp từ góc nhìn sinh thái - kinh tế cho thấy vùng TDMNPB đối mặt với “rủi ro kép”: rủi ro năng suất do khí hậu cực đoan và rủi ro thị trường do hạ tầng logistics hạn chế. Điều này đòi hỏi đa dạng hóa hệ thống canh tác (xen canh, luân canh, chuyển đổi cơ cấu cây trồng theo đai cao), tăng cường che phủ đất, tưới tiết kiệm, tích trữ nước quy mô nhỏ và áp dụng quản lý dịch hại tổng hợp IPM (World Bank, 2019; IPCC, 2022).

*Tác động tới chăn nuôi và thủy sản nội địa*

Rét đậm, rét hại là mối đe dọa lớn đối với gia súc vùng cao, đặc biệt tại Cao Bằng, Lào Cai, Lạng Sơn và Hà Giang, nơi điều kiện chuồng trại và dự trữ thức ăn còn hạn chế. Ngược lại, sóng

nhiệt mùa hè gây sốc nhiệt, giảm tăng trọng và tăng nguy cơ rối loạn chuyển hóa. Báo cáo tỉnh Lào Cai giai đoạn 2021-2023 ghi nhận thiệt hại về gia súc khi rét kéo dài đi kèm suy giảm sinh sản, giảm tăng trọng (UBND tỉnh Lào Cai, 2023). Ngược lại, sóng nhiệt mùa hè gây sốc nhiệt, giảm ăn uống, tăng nguy cơ rối loạn chuyển hóa của gia súc, gia cầm (IPCC, 2022). Biến động nhiệt - ẩm và mưa lũ làm gia tăng nguy cơ bùng phát các bệnh truyền nhiễm (lở mồm long móng, cúm gia cầm, tai xanh), đặc biệt tại các khu vực chăn nuôi nhỏ lẻ, khó tiếp cận dịch vụ thú y. Giải pháp thích ứng bao gồm nâng cấp chuồng trại an toàn sinh học, tiêm phòng đầy đủ, dự trữ thức ăn, cải tạo ao hồ, sục khí và liên kết hệ thống cảnh báo mưa lũ đến hộ nuôi (World Bank, 2021; MONRE, 2025).

Đối với nuôi trồng thủy sản nước ngọt, mưa cực đoan gây tràn bờ ao hồ, nước đục và thiếu oxy làm cá chết; rét đậm kéo dài làm chậm sinh trưởng. Hướng thích ứng khả thi cho sự thay đổi này là quy hoạch lại ao hồ (bờ cao, tràn an toàn), sục khí - che chắn khoa học, xác định thời vụ thả - thu hợp lý, liên kết cảnh báo mưa lũ đến hộ nuôi (IPCC, 2022).

#### *Lâm nghiệp và dịch vụ hệ sinh thái*

Trong bối cảnh BĐKH, rừng đóng vai trò “lá chắn sinh thái” đối với nông nghiệp vùng núi thông qua chức năng giữ đất, giữ nước và điều hòa vi khí hậu. Tuy nhiên, nguy cơ cháy rừng gia tăng trong các đợt khô nóng kéo dài; sâu bệnh hại rừng cũng phát triển mạnh khi nhiệt độ tăng. Sự suy giảm chất lượng rừng làm giảm khả năng phòng hộ, gia tăng xói mòn và sa bồi thủy phá ở vùng hạ du. Đồng thời sâu bệnh hại rừng (bọ xít, sâu róm; bệnh phấn trắng trên quế) gia tăng khi nhiệt độ ẩm lên (IPCC, 2022; ADB, 2021). Do đó, thích ứng dựa vào hệ sinh thái (EbA) như phục hồi rừng phòng hộ, phát triển nông lâm kết hợp (agroforestry), trồng cây bản địa theo đường đồng mức cần được xem là đầu tư giảm rủi ro hệ sinh thái, thay vì chỉ là hoạt động bảo tồn đơn thuần (World Bank, 2019; IPCC, 2022).

#### *\* Phân tích so sánh theo tỉnh - bằng chứng thực địa*

Phân tích liên tỉnh cho thấy đặc trưng rủi ro và năng lực thích ứng khác nhau, gợi mở định hướng chính sách phù hợp từng địa bàn.

*Lào Cai là điển hình của khu vực có cường độ thiên tai và nhu cầu quản trị rủi ro theo lưu vực.* Ban Chỉ huy Phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn (Ủy ban nhân dân tỉnh Lào Cai, 2023) ghi nhận 25 đợt thiên tai tại Lào Cai, thiệt hại khoảng 1.119 tỷ đồng; ảnh hưởng 12.486 ha đất nông nghiệp và 1.497 ha rừng. Theo Báo cáo số 386/BC-UBND về tình hình phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn (01-7/2024), tỉnh xảy ra 32 đợt thiên tai gồm rét đậm, nắng nóng, mưa lớn, dông lốc, mưa đá; gây thiệt hại 775,7 ha đất nông nghiệp, tương đương gần 25,6 tỷ đồng. Phân tích theo khung DPSIR cho thấy mưa cực đoan (D) là động lực chính, tạo sức ép lũ quét - sạt lở (P) lên đất ven suối (S), làm suy giảm đất canh tác và gây sa bồi, xói mòn, mất đất (I). Đáp ứng cần tập trung vào: (i) bản đồ rủi ro và sơ tán sớm; (ii) điều chỉnh mùa vụ vùng bãi bồi; (iii) kè mềm, vành đai cây xanh; (iv) liên kết logistics để khôi phục chuỗi cung ứng sau lũ (R). Thực tế cho thấy đầu tư dàn trải theo đơn vị hành chính kém hiệu quả; cần chuyển sang quản trị rủi ro theo tiểu lưu vực, kết hợp cảnh báo sớm và bảo hiểm vi mô khí hậu để tăng khả năng chống chịu cho HSTNN miền núi phía Bắc.

*Lạng Sơn có độ che phủ rừng cao và cơ hội thực hiện EbA.* Tỉnh duy trì mức che phủ rừng đạt 64,2% (UBND tỉnh Lạng Sơn, 2024a) là điều kiện thuận lợi triển khai EbA qua các hoạt động củng cố đai rừng phòng hộ trên sườn dốc, quy hoạch nông lâm kết hợp cho cây hồi, quế, mắc ca xen canh hàng năm. Phụ lục báo cáo về Biến đổi khí hậu 2023 cho thấy danh mục dự án ODA đầu tư cho các hoạt động thích ứng của địa phương (UBND tỉnh Lạng Sơn, 2024b), đây là cơ sở huy động tài chính khí hậu và thí điểm tín chỉ cacbon ở quy mô cấp xã, phường. Trọng tâm kỹ thuật gồm: canh tác theo đường đồng mức, hồ giữ nước/bẫy trầm tích, che phủ hữu cơ, bảo vệ đất canh tác theo phân tầng “trên - giữa - dưới” đai rừng.

*Sơn La (địa bàn huyện Mai Sơn trước ngày 01/7/2025 theo đơn vị hành chính 3 cấp) có giá trị sản xuất cao nhưng nhạy cảm khí hậu.* Năm 2024, diện tích gieo trồng đạt 49.880 ha, giá trị 92,4 triệu đồng/ha, xuất khẩu 70.427 tấn (UBND huyện Mai Sơn, 2024). Tuy nhiên, do địa hình dốc và hệ thống trữ - tưới hạn chế khiến khu vực nhạy cảm với hạn hán, mưa đá và xói mòn. Điều này đặt ra các ưu tiên thích ứng như tưới tiết kiệm (nhỏ giọt cho cây ăn quả), che phủ (phủ vật liệu hữu cơ sinh học), mô hình cà phê/chè dưới tán; HTX nông nghiệp số để kết nối cảnh báo thời tiết mùa vụ, mã vùng trồng và truy xuất nguồn gốc.

*Tại Hà Giang đặt vấn đề về hạn vụ xuân và bài toán thủy lợi nhỏ (địa bàn huyện Vị Xuyên trước ngày 01/7/2025 theo đơn vị hành chính 3 cấp).* Báo cáo 7 tháng đầu năm 2024 ghi nhận tình trạng thiếu nước tưới vụ xuân (UBND huyện Vị Xuyên, 2024) do địa hình núi đá vôi với dải đứt gãy karst, gây khó khăn trong việc giữ nước mặt. Các giải pháp khả thi được áp dụng như hồ treo, đập dâng nhỏ, kênh kín, ao trữ hộ gia đình, tưới tiết kiệm cho ngô - rau; điều chỉnh mùa vụ tránh gieo trồng ở các “đỉnh khô” về thời tiết. Việc lồng ghép quản trị nước cộng đồng với tài chính nhỏ thông qua HTX là điều kiện then chốt để duy trì hiệu quả dài hạn.

Về tổng thể, các bằng chứng thực địa cho thấy cách tiếp cận quản trị rủi ro theo đơn vị hành chính thuần túy không còn phù hợp. Thay vào đó, cần chuyển sang quản trị theo tiểu lưu vực, tích hợp cảnh báo sớm - hành động sớm, bảo hiểm vi mô và liên kết chuỗi giá trị nhằm nâng cao khả năng chống chịu của hệ sinh thái nông nghiệp vùng Trung du và miền núi phía Bắc.

*\* Ma trận rủi ro - tác động - đáp ứng ưu tiên (DPSIR + CSA/EbA)*

Kết quả phân tích cho thấy BĐKH đang làm tăng rõ rệt tần suất và cường độ hiện tượng cực đoan ở vùng TDMNPB. Xu thế tăng nhiệt, mưa cực đoan, hạn hán và rét đậm gây tác động phức hợp đến HSTNN như suy thoái đất, thiếu nước tưới, gia tăng sâu bệnh, sạt lở và suy giảm chức năng điều tiết của rừng. Những biến động này không chỉ làm giảm năng suất mà còn đe dọa sinh kế, làm suy yếu khả năng chống chịu của hệ thống nông nghiệp. Trong bối cảnh đó, khung DPSIR được sử dụng để làm rõ quan hệ giữa động lực khí hậu, sức ép sinh thái, biến đổi hiện trạng, tác động đến sản xuất - xã hội và các đáp ứng chính sách. Trên cơ sở này, nghiên cứu xây dựng ma trận rủi ro - tác động - đáp ứng theo ba nhóm giải pháp: (i) CSA - nông nghiệp thông minh thích ứng khí hậu; (ii) EbA - thích ứng dựa vào hệ sinh thái; (iii) hạ tầng nhỏ thông minh, cảnh báo sớm và tài chính khí hậu gắn với chuyển đổi số.

Các hợp phần được tích hợp trong ma trận rủi ro - tác động - đáp ứng (Bảng 1), giúp địa phương xác định lĩnh vực ưu tiên và danh mục đầu tư phù hợp với hồ sơ rủi ro khí hậu của từng tiểu vùng TDMNPB.

Bảng 1. Ma trận rủi ro - tác động - đáp ứng ưu tiên cho nông nghiệp TDMNPB (tóm lược theo DPSIR)

| Rủi ro khí hậu                | Cơ chế tác động sinh thái                          | Hệ quả sản xuất                                         | Đáp ứng ưu tiên (CSA/EbA)                                                           | Ví dụ tỉnh (địa phương) / nguồn                                                  |
|-------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Hạn - sóng nhiệt (mùa khô)    | Giảm quang hợp; thiếu nước; hòng phôi hoa          | Giảm năng suất lúa/ngô; chết cây giống                  | Tưới tiết kiệm; hồ treo - đập dâng; che phủ; giống chịu hạn; lịch thời vụ linh hoạt | Hà Giang (Vị Xuyên) / UBND Huyện Vị Xuyên (2024); IPCC (2022); World Bank (2021) |
| Mưa cực đoan - lũ quét/sạt lở | Xói mòn, rửa trôi; bồi tụ thủy phá; đứt kênh mương | Mất đất canh tác; gián đoạn chuỗi; chi phí phục hồi cao | Bản đồ rủi ro; nông lâm kết hợp; đai xanh; kê mềm - bẫy trầm tích                   | Lào Cai / BCH PCTT và cs. (2023)                                                 |
| Rét đậm/rét                   | Tổn thương mô                                      | Hư hại lúa                                              | Chuồng kín - đệm lót; Khu vực miền núi cao /                                        |                                                                                  |

|                                                                      |                                                                    |                                                                     |                                                               |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| hại - sương cây; suy giảm xuân, rau; chết dự trữ thức ăn; giống muối | miễn dịch vật nuôi trâu/bò; lệch chịu rét; điều chỉnh (2021)       | hoa cây ăn quả mùa vụ                                               |                                                               |
| Sâu bệnh hại trùng rút ngắn; (ấm - ẩm) bùng phát nấm - vi khuẩn      | Thiệt hại ngô (sâu keo), chè, sinh đồng ruộng; cây ăn quả sinh học | IPM; đa dạng hóa; vệ MONRE (2025)                                   | World Bank (2021);                                            |
| Cháy rừng - suy thoái rừng                                           | Mất che phủ - điều tiết nước                                       | Xói mòn tăng; rủi ro hạ du kết hợp; chi trả Dịch vụ môi trường rừng | EbA: phục hồi rừng Lạng Sơn - UBND (2024a, 2024b); ADB (2021) |

*Nguồn:* Tổng hợp bởi nhóm tác giả.

### 3.2. Thảo luận

Nhìn tổng thể, BĐKH đang tạo ra những thách thức đa tầng đối với HSTNN vùng TDMNPB - khu vực có địa hình phức tạp, đa dạng sinh thái cao và sinh kế phụ thuộc lớn vào tài nguyên tự nhiên. Trên cơ sở bằng chứng thực địa, báo cáo địa phương và tài liệu quốc tế, phần thảo luận tập trung vào bốn khía cạnh chính: (i) dị biệt nội vùng và quy mô thích hợp của giải pháp; (ii) nút thắt thể chế và khoảng trống dữ liệu; (iii) cơ hội triển khai CSA/EbA gắn với tài chính khí hậu và chuyển đổi số; và (iv) tính bền vững xã hội, bảo đảm sinh kế công bằng và bao trùm.

*Dị biệt nội vùng và quy mô thích hợp của giải pháp:* Phân tích liên tỉnh cho thấy mức độ rủi ro khí hậu và cơ chế tác động không đồng nhất ngay trong cùng một vùng sinh thái - kinh tế. Sự khác biệt về độ cao, hướng sườn, thổ nhưỡng, lớp phủ thực vật, cơ cấu mùa vụ và mức độ phụ thuộc vào nông nghiệp đã hình thành các “hồ sơ rủi ro” đặc thù ở từng tiểu vùng. Điều này cho thấy cách tiếp cận dựa trên đơn vị hành chính hoặc giá trị trung bình vùng có thể che khuất các điểm nóng rủi ro và làm sai lệch ưu tiên can thiệp. Kết quả nghiên cứu củng cố quan điểm rằng thích ứng cần được thiết kế theo tiểu lưu vực hoặc hệ cảnh quan, dựa trên đặc trưng sinh thái - sản xuất cụ thể. Cách tiếp cận “gói giải pháp theo bối cảnh” giúp tối ưu hóa nguồn lực đầu tư, đồng thời nâng cao hiệu quả quản trị rủi ro khí hậu và hiệu quả đầu tư trong nông nghiệp (IPCC, 2022; MONRE, 2025).

*Nút thắt thể chế và khoảng trống dữ liệu:* Mặc dù nhiều địa phương đã lồng ghép BĐKH vào quy hoạch phát triển nông nghiệp - nông thôn (ví dụ Sơn La - Quyết định 1676 của Thủ tướng chính phủ năm 2023) song quá trình triển khai còn phân mảnh và thiếu bộ. Một hạn chế phổ biến là chưa có bộ chỉ số đánh giá thích ứng theo chuỗi giá trị (ví dụ như chuỗi kết nối từ đồng ruộng → xử lý sau thu hoạch → thị trường), để đo lường khả năng chống chịu và phục hồi sau rủi ro. Bên cạnh đó, dữ liệu vi khí hậu, đất và nước ở cấp cơ sở còn hạn chế; mạng lưới quan trắc cộng đồng chưa phổ cập; và việc chia sẻ dữ liệu giữa các ngành (khí tượng, nông nghiệp, tài nguyên – môi trường) còn rời rạc. Tuy nhiên, một số địa phương có nền tảng quy hoạch và nghiên cứu tương đối tốt, tạo tiền đề cho việc chuẩn hóa bộ chỉ số thích ứng cấp tỉnh trong giai đoạn tới; ví dụ như với ngành chè ở Thái Nguyên và với cây ăn quả ở Sơn La.

*Cơ hội triển khai CSA/EbA, tài chính khí hậu và chuyển đổi số:* CSA mang lại lợi ích “ba trong một”: tăng năng suất, tăng khả năng thích ứng và giảm phát thải khí nhà kính (World Bank, 2019), trong khi EbA đóng vai trò như “bảo hiểm tự nhiên” cho nông nghiệp vùng đồi dốc, thông qua bảo vệ đất, giữ nước và duy trì độ phì sinh học. Bên cạnh đó, tài chính khí hậu, bao gồm nguồn ODA, tín chỉ carbon tự nguyện và chi trả dịch vụ môi trường rừng (PFES) - mở ra cơ hội giảm chi phí đầu tư cho hộ nông dân và hợp tác xã trong các hoạt động như tưới tiết kiệm, che

phủ sinh học và nông lâm kết hợp (ADB, 2021). Đồng thời, chuyển đổi số giúp thu hẹp khoảng cách thông tin: cảnh báo thời tiết và sâu bệnh được gửi trực tiếp đến điện thoại nông dân; mã vùng trồng và truy xuất nguồn gốc nâng cao giá trị thương phẩm và giảm rủi ro thị trường. Một ví dụ điển hình là Lạng Sơn, hiện đang vận hành chuỗi dự án ODA thích ứng - nền tảng tiềm năng để hình thành “ngân hàng dự án xanh” cấp tỉnh (UBND tỉnh Lạng Sơn, 2024b). Tuy nhiên, hiệu quả của các cơ hội này phụ thuộc lớn vào mức độ gắn kết giữa công cụ kỹ thuật, thể chế và năng lực địa phương. Tuy nhiên, hiệu quả của các công cụ này phụ thuộc lớn vào mức độ liên kết giữa giải pháp kỹ thuật, cơ chế tài chính và năng lực thực thi của chính quyền địa phương.

*Tính bền vững xã hội: sinh kế công bằng và bao trùm:* Thích ứng khí hậu chỉ bền vững khi gắn với công bằng xã hội và tính bao trùm. Các nhóm dễ bị tổn thương - hộ nghèo, đồng bào dân tộc thiểu số, phụ nữ và trẻ em - thường chịu tác động nặng nề hơn nhưng lại có ít nguồn lực phục hồi sau rủi ro. Do đó, các cơ chế như bảo hiểm vi mô rủi ro khí hậu, hỗ trợ lãi suất đầu tư, đào tạo kỹ thuật bằng tiếng bản địa và tăng cường vai trò phụ nữ trong hợp tác xã cần được coi là trụ cột của chiến lược thích ứng. Thực tiễn cho thấy, nơi có tổ chức cộng đồng và thú y bản hoạt động hiệu quả, chuỗi giá trị liên kết doanh nghiệp - HTX được duy trì bền chặt, thì mức độ thiệt hại do thiên tai giảm đáng kể qua từng năm. Vì vậy, thích ứng với BĐKH cần được nhìn nhận như một tiến trình phát triển xã hội dài hạn, chứ không chỉ là tập hợp các giải pháp kỹ thuật rời rạc.

Hình 1. Sơ đồ cơ chế tác động khí hậu đến nông nghiệp theo hệ thống



Nguồn: World Bank, 2019.

### 3.3. Khuyến nghị chính sách (ưu tiên theo lộ trình)

Trên cơ sở đánh giá mức độ tổn thương, năng lực thích ứng và xu thế BĐKH tại TDMNPB, các giải pháp chính sách cần triển khai theo lộ trình ngắn - trung - dài hạn, nhằm giảm rủi ro khí hậu và thúc đẩy chuyển đổi nông nghiệp theo hướng bền vững, linh hoạt, kết hợp tri thức bản địa với công nghệ số.

**Ngắn hạn (1-2 năm):** tăng cường cảnh báo sớm và giảm rủi ro cấp thiết. Ưu tiên hoàn thiện bản đồ rủi ro lũ quét, sạt lở đến cấp xã; xây dựng hệ thống cảnh báo đa nền tảng (loa bản, SMS/Zalo, ứng dụng di động) tích hợp dự báo mưa cực đoan. Trong sản xuất, áp dụng chuồng trại kín, đệm lót sinh học, dự trữ thức ăn, điều chỉnh thời vụ, che phủ cây trồng để giảm thiệt hại do rét và hạn (IPCC, 2022). Sau thiên tai cần hỗ trợ giống, vật tư, sửa chữa thủy lợi nhỏ và ưu tiên giải pháp công trình mềm như kè sinh thái, đai cây xanh ở vùng có nguy cơ sa bồi.

**Trung hạn (3-5 năm):** thích ứng có hệ thống và hiện đại hóa sản xuất. Nhân rộng thủy lợi nhỏ - thông minh (hồ treo, kênh kín, cảm biến ẩm), với cơ chế đồng đầu tư và tín dụng xanh (World Bank, 2019). Thúc đẩy nông nghiệp thích ứng theo chuỗi giá trị đối với chè, cây ăn quả, quế, hồi; kết hợp IPM, tưới tiết kiệm, che phủ sinh học và bảo quản sau thu hoạch. Đồng thời phát triển thích ứng dựa vào hệ sinh thái (EbA): phục hồi rừng phòng hộ, nông lâm kết hợp, chi trả dịch vụ môi trường rừng (ADB, 2021). Cần xây dựng bộ chỉ số thích ứng cấp tỉnh như diện tích tưới tiết kiệm, che phủ đất, IPM, bảo hiểm khí hậu và liên kết hợp tác xã.

**Dài hạn ( $\geq 5$  năm):** tái cấu trúc không gian sản xuất và tài chính khí hậu. Lồng ghép rủi ro khí hậu vào quy hoạch đất đai, nông - lâm nghiệp và thủy lợi theo tiểu lưu vực; điều chỉnh vùng sản xuất theo kịch bản dài hạn (IPCC, 2022). Phát triển tài chính khí hậu như tín chỉ carbon, quỹ rủi ro, bảo hiểm nông nghiệp (World Bank, 2021). Đẩy mạnh chuyển đổi số chuỗi nông nghiệp: trạm vi khí hậu, dữ liệu mở, mã vùng trồng, truy xuất nguồn gốc và hệ thống phân tích rủi ro phục vụ quyết định sản xuất.

## 4. Kết luận

Biến đổi khí hậu đang làm thay đổi cấu trúc rủi ro của hệ sinh thái nông nghiệp vùng TDMNPB. Hạn hán, sóng nhiệt làm giảm năng suất; mưa lớn, lũ quét, sạt lở gây xói mòn và hư hại hạ tầng; rét đậm làm thiệt hại cây trồng, gia súc; sâu bệnh gia tăng do suy giảm dịch vụ hệ sinh thái. Bằng chứng từ IPCC, World Bank, Asian Development Bank và số liệu tại Lào Cai, Lạng Sơn, Sơn La, Thái Nguyên, Phú Thọ, Hà Giang cho thấy thích ứng khí hậu là yêu cầu cấp bách và mang tính hệ thống.

Khung DPSIR kết hợp CSA/EbA giúp chuyển từ phản ứng sang thích ứng chủ động với các giải pháp: cảnh báo sớm, thủy lợi nhỏ - tưới tiết kiệm, điều chỉnh mùa vụ và giống, nông - lâm kết hợp, phục hồi rừng phòng hộ, xây dựng chỉ số thích ứng, cùng tài chính khí hậu và chuyển đổi số. Khi được lồng ghép vào quy hoạch tỉnh và Chương trình thích ứng quốc gia (NAP), đồng thời gắn kết cộng đồng - hợp tác xã - doanh nghiệp, vùng TDMNPB có thể nâng cao khả năng chống chịu và ổn định sinh kế.

Nghiên cứu còn hạn chế do chủ yếu dùng dữ liệu thứ cấp, chưa áp dụng mô hình định lượng để lượng hóa quan hệ khí hậu - năng suất, và chưa nội suy rủi ro ở độ phân giải cao do thiếu dữ liệu. Vì thế một số hướng có thể tập trung trong thời gian tới, gồm: (i) ứng dụng mô hình thống kê, học máy kết hợp dữ liệu vệ tinh để dự báo năng suất; (ii) phân tích chi phí - lợi ích các giải pháp CSA/EbA cho chuỗi giá trị chủ lực; (iii) xây dựng bộ chỉ số thích ứng cấp tỉnh và cơ chế giám sát tích hợp vào NAP. Các hướng này giúp củng cố cơ sở khoa học cho chính sách thích ứng và hình thành mô hình quản trị rủi ro nông nghiệp bền vững cho vùng trung du - miền núi.

## Tài liệu tham khảo

ADB. (2021). *Climate Risk Country Profile: Viet Nam*. Asian Development Bank.

- Bộ Tài nguyên & Môi trường. (2025). *Báo cáo: kế hoạch quốc gia thích ứng với biến đổi khí hậu giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050*.
- Bộ Tài nguyên & Môi trường. (2024). *Quyết định 3411/QĐ-BTNMT: Phê duyệt và công bố kết quả thống kê diện tích đất đai năm 2023*.
- Bộ Tài nguyên & Môi trường. (2020). *Quyết định 707/QĐ-BTNMT: Ban hành Bộ chỉ số đánh giá khí hậu tỉnh Sơn La*.
- Cục Thống kê Sơn La. (2021). *Thông báo số liệu nông - lâm - thủy sản chính thức năm 2020*.
- Cục Thống kê Sơn La. (2024). *Ước dân số trung bình 2025-2030*.
- CBD. (2009). *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change*. Montreal, Technical Series No. 41.
- FAO. (2013). *Climate-Smart Agriculture Sourcebook*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Germanwatch. (2026). *Climate Risk Index*. Germanwatch e.V.
- Hoang, T. V., Nguyen, H. T., & Pham, V. H. (2019). A robust early warning system for preventing flash floods in Vietnam. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 8(5), 228. <https://doi.org/10.3390/ijgi8050228>
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (WGII, Chapter 10 - Asia). Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2023). *AR6 Synthesis Report: Longer Report*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Luu, C., et al. (2023). Flash flood and landslide susceptibility analysis for a mountainous roadway in Vietnam using spatial modeling. *Quaternary Science Advances*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.qsa.2023.100083>
- MONRE (Ministry of Natural Resources and Environment). (2025). *Viet Nam National Adaptation Plan (NAP 2025)*. UNFCCC Secretariat.
- To Xuan Phuc and Tran Huu Nghi. (2014). *Rubber Expansion and Forest Protection in Vietnam*.
- Thủ tướng Chính phủ. (2023). *Quyết định 1676/QĐ-TTg phê duyệt Quy hoạch tỉnh Sơn La thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn 2050*. Hà Nội, Việt Nam.
- Ủy ban nhân dân huyện Mai Sơn. (2024). *Báo cáo tổng kết nông nghiệp năm 2024, nhiệm vụ 2025*.
- Ủy ban nhân dân huyện Vị Xuyên. (2023). *Báo cáo chính thức thiệt hại do ảnh hưởng hoàn lưu cơn bão số 03*.
- Ủy ban nhân dân huyện Vị Xuyên. (2024). *Báo cáo tình hình thiên tai 07 tháng năm 2024 trên địa bàn huyện Vị Xuyên*.
- Ủy ban nhân dân tỉnh Lạng Sơn. (2024a). *Báo cáo công tác ứng phó biến đổi khí hậu năm 2023*.
- Ủy ban nhân dân tỉnh Lạng Sơn. (2024b). *Phụ lục kèm báo cáo BĐKH 2023: Danh mục văn bản và dự án thích ứng (2017-2023)*.
- Ủy ban nhân dân tỉnh Sơn La. (2023). *Báo cáo công tác phòng, chống thiên tai năm 2023*.
- Ủy ban nhân dân tỉnh Lào Cai. (2022). *Công tác phòng, chống thiên tai năm 2022*.
- Ủy ban nhân dân tỉnh Lào Cai. (2023). *Công tác phòng, chống thiên tai năm 2023*.
- Wakatsuki, H., et al. (2023). Research trends and gaps in climate change impacts on major crops. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 61, 101249. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2022.101249>
- World Bank. (2019). *Climate-Smart Agriculture (CSA) Country Profile: Viet Nam*. Washington, DC: World Bank.
- World Bank. (2021). *Climate Risk Country Profile: Viet Nam*. Washington, DC: World Bank.
- Viện Phân tích Hệ thống Ứng dụng Quốc tế (IIASA). (2007) Kịch bản phát thải cao RCP 8.5. Úc