



ĐẠI HỌC CẦN THƠ

TS. Lê Anh Tuấn

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

(IMPACTS OF CLIMATE CHANGE
ON RICE PRODUCTION)



NHÀ XUẤT BẢN NÔNG NGHIỆP

LỜI MỞ ĐẦU

Đối với nhiều nhà khoa học nghiên cứu về Trái đất và khí tượng học, biến đổi khí hậu toàn cầu không phải là một hiện tượng hoàn toàn mới. Biến đổi khí hậu là một thực thể diễn tiến trong quá khứ cũng như hiện tại và được phỏng đoán là có thể biến động nhanh hơn trong tương lai. Sự phát thải quá nhiều chất khí như CO₂, CH₄, N₂O, CFCs, ... vào bầu khí quyển gây nên hiệu ứng nhà kính, hệ quả tạo nên hiện tượng nóng lên toàn cầu làm băng ở Bắc và Nam cực, cũng như các dải băng ở các dãy núi cao tan nhanh hơn khiến mực nước biển đang có xu thế dâng cao, cán cân tuần hoàn nước thay đổi làm đe dọa toàn bộ hệ sinh thái hiện hữu, đặc biệt là các vùng đất thấp, vùng ven biển.

Theo số liệu thống kê năm 2008 của Tổ chức Lương Nông Quốc tế, trên thế giới có hơn 1,38 tỷ ha đất có thể trồng cây được. Trong đó, diện tích đất đang được sử dụng để canh tác nông nghiệp thường xuyên và không thường xuyên chiếm khoảng từ 10- 12%, đất đồng cỏ chiếm khoảng 24%, đất rừng là 32%, phần còn lại là các loại đất khác và đất cư trú. Diện tích đất canh tác nông nghiệp trên thế giới, khoảng 11,5 triệu ha, trong đó đất tốt chỉ chiếm chừng 12,6 %, vùng đất hay chịu sự bất lợi do yếu tố khí hậu và nguồn nước như bị băng tuyết, mưa đá, bị khô hạn, nhiễm mặn, nhiễm chua,... chiếm 40,5 %, phần còn lại là các đất chịu sự bất lợi cho cây trồng do địa hình dốc, đất đồi núi đá, hoang mạc, tầng đất canh tác mỏng,...

Lúa là cây lương thực chính nuôi sống hơn 40% dân số trên thế giới (khoảng 3 tỷ người, trong đó hơn 1 tỷ là những người nghèo và rất nghèo), đặc biệt là ở các quốc gia châu Á và châu Phi. Hơn 90% người dân ở đây sản xuất và tiêu thụ lúa như là thức ăn chính hàng ngày. Lúa được canh tác trên 150 triệu ha trong hơn 117 quốc gia trên thế giới. Nhu cầu tiêu thụ lúa trên thế giới ngày càng nhiều, dự báo đến năm 2030, nhân loại có thể phải cần đến 800 triệu tấn lúa. Năm 2050, dân số nhân loại ước tính sẽ đạt 9 tỷ người, sẽ đòi hỏi một nguồn cung lương thực lớn hơn nhiều. Cây lúa là loại cây ưa nước, ưa ánh sáng, chịu tác động khi có sự thay đổi nồng độ CO₂ và nhiệt độ không khí, ... Việc sản xuất lúa hiện nay có thể chịu nhiều tác động của biến đổi khí hậu. Sự gia tăng nhiệt độ của bầu khí quyển, sự thay đổi lượng mưa và thời đoạn mưa, hiện tượng nước biển dâng và sự bất thường của các yếu tố thời tiết cực đoan như bão tố, lũ lụt, gió mạnh, lốc xoáy, nhiễm mặn, ... có thể đe dọa làm giảm năng suất và sản lượng lúa gạo toàn thế giới. Nguy cơ mất an ninh lương thực trong tương lai trong bối cảnh dân số gia tăng và nguồn tài nguyên thiên nhiên nghèo nàn hơn sẽ là một lo ngại toàn cầu hiện nay.

Hiện nay, mỗi năm Việt Nam sản xuất được trên 40 triệu tấn lúa và được xem là nước đứng thứ 2 trên thế giới về xuất khẩu gạo, sau Thái Lan. Năm 2010, Việt Nam đã xuất ra thế giới 6,8 triệu tấn gạo, đạt giá trị 3,23 tỷ đô-la Mỹ. Dự kiến con số xuất khẩu gạo trong năm 2011 của Việt Nam có thể lên đến 7 triệu tấn. Do thành tích xuất khẩu gạo này, Việt Nam được thế giới đánh giá là một trong những nước có bảo đảm an ninh lương thực cao. Tuy nhiên đến năm 2050, do gia tăng dân số và duy trì lượng xuất khẩu, Việt Nam cần có sản lượng lương thực gấp đôi con số hiện nay. Đây là một thử thách lớn khi việc sản xuất lúa gạo phải chịu nhiều tác động do biến đổi khí hậu, nước biển dâng, thiên tai cực đoan xuất hiện

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

với tần số cao hơn cùng với những đe dọa tiềm ẩn về sự bất thường nguồn nước. Theo một dự báo của Viện Nghiên cứu Chính sách Lương thực Quốc tế, đến năm 2050 năng suất lúa ở các vùng đất có tưới của các quốc gia đang phát triển sẽ giảm 15% và giá lúa trên thị trường thế giới sẽ gia tăng lên 12% do tác động của biến đổi khí hậu. Do vậy, việc nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu là một yêu cầu cấp bách ngay từ bây giờ cho một viễn cảnh an ninh lương thực bị đe dọa không chỉ đối với quốc gia mà một phần cho cả thế giới.

Quyển sách này là tài liệu chuyên khảo các nghiên cứu liên quan đến hiện tượng biến đổi khí hậu và các tác động của nó lên sản xuất lúa gạo trên thế giới, như là một phần công việc trong đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ của tác giả, nhằm phục vụ cho việc nghiên cứu và giảng dạy. Quyển sách có tất cả 4 chương. Chương 1 tập trung mô tả một cách tổng quan về khoa học về khí hậu, các nguyên nhân và các diễn biến của hiện tượng biến đổi khí hậu. Chương 2 nêu các đặc điểm sinh lý và sinh thái của cây lúa liên quan đến các yếu tố khí tượng và thủy văn. Chương 3 trình bày các kết quả nghiên cứu những tác động trực tiếp hoặc gián tiếp của biến đổi khí hậu lên sản xuất lúa trên thế giới và Chương 4 là liệt kê một số nghiên cứu hiện nay cho chủ đề ứng phó với biến đổi khí hậu lên sản xuất lúa gạo, các nguy cơ của biến đổi khí hậu, các tác động bất lợi của sự thay đổi thời tiết lên các yếu tố sinh lý và sinh thái cây lúa.

Trong quyển sách này, người viết đã có trích xuất các báo cáo khoa học được liệt kê ở phần tài liệu tham khảo. Một số hình tham khảo của các tác giả tham khảo đã được Việt hoá trong quyển sách này để người đọc Việt Nam dễ xem. Do bị hạn chế trong điều kiện liên lạc với các tác giả để xin được trích dẫn, mong quý tác giả có liên quan thông cảm và cho phép. Dù rất cố gắng, nhưng khó có thể tránh khỏi các sai sót khi biên soạn, người viết rất mong muốn sự đóng góp ý của các bạn đọc nhằm hoàn chỉnh cuốn sách cho các ấn bản về sau.

Trân trọng,

Lê Anh Tuấn

MỤC LỤC

LỜI MỞ ĐẦU.....	ii
MỤC LỤC	iv
Các từ viết tắt tiếng Việt	vi
Các từ viết tắt tiếng Anh	vi
Danh sách hình.....	x
Danh sách bảng.....	xi
Chương 1. CƠ SỞ KHOA HỌC KHÍ HẬU	1
1.1 Hệ thống khí hậu.....	1
1.1.1 Cấu trúc các quyển trên Trái đất.....	1
1.1.2 Thành phần của khí quyển.....	2
1.1.3 Hệ thống khí hậu.....	4
1.1.4 Các thuật ngữ cơ bản	5
1.2 Cơ chế hình thành khí hậu toàn cầu.....	8
1.2.1 Cân bằng nhiệt trong bầu khí quyển.....	8
1.2.2 Các thành phần khí nhà kính.....	11
1.2.2.3 Khí ozone (O ₃).....	14
1.2.2.4 Khí nitrous oxide (N ₂ O).....	15
1.2.2.5 Khí Chlorofluorocarbons (CFCs).....	17
1.2.2.6 Khí Oxides of Nitrogen (NO _x).....	18
1.2.2.7 Hơi nước (H ₂ O).....	19
1.2.2.8 Chất hạt (PM).....	19
1.3 Quá trình hình thành khí hậu	19
1.3.1 Lịch sử thay đổi khí hậu toàn cầu	20
1.3.2 Nguyên nhân gây biến đổi khí hậu	22
1.3.3 Sự thay đổi khí hậu toàn cầu trong quá khứ	24
1.4 Phỏng đoán sự thay đổi khí hậu toàn cầu	27
Chương 2. ẢNH HƯỞNG THỜI TIẾT LÊN CÂY LÚA.....	30
2.1 Tổng quan về cây lúa	30
2.2 Sinh thái cây lúa.....	34
2.2.1 Phân bố cây lúa.....	34
2.2.2 Ảnh hưởng nhiệt độ lên sinh trưởng cây lúa.....	35
2.2.2.1 Tồn hại đến cây lúa khi nhiệt độ xuống thấp.....	36
2.2.2.2 Tồn hại đến cây lúa khi nhiệt độ lên cao	37
2.2.3 Ảnh hưởng của mưa lên sinh trưởng cây lúa.....	39
2.2.4 Ảnh hưởng ngập úng lên sinh trưởng cây lúa.....	39
2.2.5 Ảnh hưởng của khô hạn lên sinh trưởng cây lúa	45
2.2.6 Ảnh hưởng của sự nhiễm mặn lên sinh trưởng cây lúa	46
2.2.7 Ảnh hưởng của yếu tố thiên tai khác lên canh tác lúa	47
Chương 3. TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA	51
3.1 Sơ đồ chuỗi tác động của biến đổi khí hậu	51
3.2 Thay đổi năng suất và sản lượng lúa qua các mô hình phỏng đoán.....	57
3.3 Một số phỏng đoán và đánh giá tác động BĐKH lên sản xuất lúa vùng ĐBSCL	66
3.3.1 Chỉ số Tồn thương Vụ Lúa	67
3.3.2 Mô hình PRECIS	68

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

3.3.3	Mô hình WOFOST	73
3.3.4	Mô hình DDSAT, SDSM và CERES	74
Chương 4.	ỨNG PHÓ VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TRONG SẢN XUẤT LÚA	77
4.1	Chiến lược tổng quát.....	77
4.1.1	Vấn đề liên quan đến biến đổi khí hậu và an ninh lương thực.....	77
4.1.2	Chiến lược của Viện Nghiên cứu Lúa Quốc tế.....	78
4.1.3	Chiến lược của Chương trình Môi trường Liên hiệp quốc	79
4.1.4	Chiến lược của Ấn Độ	80
4.1.5	Chiến lược của Úc.....	81
4.1.6	Chiến lược của Thái Lan.....	82
4.1.7	Chiến lược của Việt Nam.....	82
4.2	Một số biện pháp ứng phó	85
4.2.1	Quản lý đất.....	85
4.2.2	Cải thiện giống lúa	86
➤	Giống lúa chịu mặn (salt-torlerant rice).....	86
➤	Giống lúa chịu ngập (submergence-torlerant rice)	87
➤	Giống lúa chịu lạnh (cold- torlerant rice)	88
➤	Giống lúa chịu nóng (heat- torlerant rice).....	88
4.2.3	Biện pháp quản lý nước	88
4.2.4	Gia tăng các kỹ thuật nông nghiệp khác	89
4.3.	Một số dự án nghiên cứu sản xuất lúa trong điều kiện biến đổi khí hậu	89
	TÀI LIỆU THAM KHẢO	92
	Phụ lục 1: Dữ kiện tóm tắt về lúa gạo.....	101
	Phụ lục 2: Phỏng đoán sự thay đổi nông sản ở các nước do biến đổi khí hậu.....	102

Các từ viết tắt tiếng Việt

BĐKH	Biến đổi khí hậu
ĐBSCL	Đồng bằng Sông Cửu Long
NN	Nông nghiệp
PTNT	Phát triển Nông thôn
TB	Trung bình

Các từ viết tắt tiếng Anh

AWD	Alternate Wetting and Drying <i>Phương pháp Khô Ướt Xen kẽ</i>
BLASTSIM	Rice leaf BLAST epidemic SIMulation model <i>Mô hình mô phỏng bệnh đạo ôn (cháy lá) lúa</i>
BMA	Bangkok Metropolitan Administration <i>Cục Quản lý Thủ đô Bangkok</i>
CC	Climate Change <i>Biến đổi Khí hậu</i>
CERES-Rice	A rice growth simulation model <i>Mô hình mô phỏng sự tăng trưởng cây lúa</i>
CIA	Central Intelligence Agency <i>Cơ quan Tình báo Trung ương</i>
CIEP	Chief Inspectorate for Environmental Protection <i>Trưởng Văn phòng Thanh tra Bảo vệ Môi trường (Ba Lan)</i>
CLUES	Climate Change affecting Land Use in the Mekong Delta: Adaptation of rice-based cropping systems <i>Ảnh hưởng của Biến đổi Khí hậu lên Sử dụng đất ở ĐBSCL: Thích ứng cho hệ thống canh tác trên nền lúa</i>
CSDS-IACC	Comparative Studies on Development Strategies considering Impacts of Adaptation to Climate Change <i>Nghiên cứu So sánh Chiến lược Phát triển qua Xem xét các Tác động Thích ứng đến Biến đổi Khí hậu</i>
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation <i>Tổ chức Nghiên cứu Khoa học và Công nghiệp Khối Thịnh vượng chung</i>
CTU	Can Tho University <i>Đại học Cần Thơ</i>
DDSAT	Decision Support System for Agrotechnology Transfer <i>Hệ thống Hỗ trợ Quyết định trong Chuyển giao Kỹ thuật Nông nghiệp</i>
DRAGON	Delta Research And Global Observation Network <i>Mạng lưới Nghiên cứu Đồng bằng và Quan trắc Toàn cầu</i>
EIA-3D	Environmental Impact Assessment – 3 Dimensions <i>Đánh giá Tác động Môi trường - 3 chiều</i>
ENSO	El Niño/La Nina Southern Oscillation <i>Dao động phía Nam của hiện tượng El Niño/La Nina</i>

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations <i>Tổ chức Lương Nông của Liên hiệp quốc</i>
FORTTRAN	Mathematical FORMula TRANslating System <i>Hệ thống Biên dịch Công thức Toán học</i>
GAP	Good Agricultural Practices <i>Thực hành Nông nghiệp Tốt</i>
GCM	General Circulation Model <i>Mô hình Luân chuyển Tổng quát</i>
GDP	Gross Domestic Product <i>Tổng Sản phẩm Quốc nội</i>
GFDL	General Fluid Dynamics Laboratory <i>Phòng Thí nghiệm Động lực học Chất lưu Tổng quát</i>
GHG	GreenHouse Gas <i>Khí Nhà kính</i>
GISS	Goddard Institute for Space Studies <i>Viện Nghiên cứu Không gian Goddard</i>
GUMCAS	A model describing the growth of Cassava <i>Mô hình mô tả sự tăng trưởng cây sắn (khoai mì)</i>
GWP	Global Warming Potential <i>Tiềm năng Nóng lên Toàn cầu</i>
IARI	Indian Agricultural Research Institute <i>Viện Nghiên cứu Nông nghiệp Ấn Độ</i>
IEA	International Energy Agency <i>Cơ quan Năng lượng Quốc tế</i>
IEHS	Institute for Environment and Human Security <i>Viện An ninh Môi trường và Con người</i>
IFPRI	International Food Policy Research Institute <i>Viện Nghiên cứu Chính sách Lương thực Quốc tế</i>
IMK-IFU	Institute of Meteorology and Climate Research - Atmospheric Environmental Research <i>Viện Nghiên cứu Khí tượng và Khí hậu - Viện Nghiên cứu Môi trường Khí quyển</i>
IMPACT	International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade <i>Mô hình Quốc tế cho Phân tích Chính sách về Sản phẩm và Thương mại Nông nghiệp</i>
INTERCOM	INTERplant COMpetition model <i>Mô hình Cạnh tranh Giữa các Cây trồng</i>
IPCC	InterGovernment for Climate Change <i>Ủy ban Liên Chính phủ về Biến đổi Khí hậu</i>
IRG	International Rice Genebank <i>Ngân hàng Gen Lúa Quốc tế</i>
IRRI	International Rice Research Institute <i>Viện Nghiên cứu Lúa Quốc tế</i>
LAI	Leaf Area Index <i>Chỉ số Diện tích Lá</i>

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

MAGICC	Model for the Assessment of Greenhouse-gas Induced Climate Change <i>Mô hình Đánh giá Khí Nhà kính Gây nên Biến đổi Khí hậu</i>
MACROS	Modules of an Annual CROp Simulator <i>Mô-đun Mô phỏng Vụ mùa Hằng năm</i>
NASA	National Aeronautics and Space Administration <i>Cơ quan Quản trị Không gian Quốc gia (Mỹ)</i>
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration <i>Cơ quan Quản trị Khí quyển và Đại dương Quốc gia (Hoa Kỳ)</i>
NZCCO	New Zealand Climate Change Office <i>Văn phòng Biến đổi Khí hậu của Tân Tây Lan</i>
ORYZA1	An ecophysiological model for irrigated rice production <i>Mô hình Lý Sinh cho vùng Sản xuất Lúa có Tưới</i>
PM	Particulate Matter <i>Chất hạt</i>
PRA	Participatory Rapid Appraisal <i>Đánh giá Nhanh có sự Tham gia</i>
PRECIS	Providing REgional Climates for Impacts Studies <i>Mô hình Cung cấp Khí hậu Vùng cho các Nghiên cứu Tác động</i>
QTL	Quantitative Trait Loci <i>Vị trí Tính trạng Số lượng</i>
RCCC	Rice and Climate Change Consortium <i>Liên minh Lúa và Biến đổi Khí hậu</i>
RCVI	Rice Crop Vulnerability Indices <i>Chỉ số Tôn thương Vụ lúa</i>
SAR	Second Assesemnt Report <i>Báo cáo Đánh giá lần thứ 2 (về BĐKH)</i>
SCENGEN	A Regional Climate SCENario GENerator <i>Phần mềm Tạo nên Kịch bản Khí hậu Khu vực</i>
SDSM	Statistical Downscaling Model <i>Mô hình Chi tiết hoá Thống kê</i>
SEA START RC	South East Asia – SysTEM for Analysis, Research and Training – Regional Center <i>Trung tâm Vùng Đông Nam Á – Hệ thống Phân tích, Nghiên cứu và Huấn luyện</i>
SIMRIW	Simulation Model for Rice – Weather relations <i>Mô hình Phỏng đoán quan hệ Lúa – Thời tiết</i>
SSNM	Site-Specific Nutrient Management <i>Quản lý Dinh dưỡng theo Địa điểm Chuyên biệt</i>
SPAM	Spatial Production Allocation Model <i>Mô hình Định vị Sản xuất theo Không gian</i>
SRES	Special Report on Emissions Scenarios <i>Báo cáo Đặc biệt về các Kịch bản Phát thải</i>
SUCROS	Simple and Univerisal CROp Simulator <i>Mô phỏng Vụ mùa Giản đơn và Phổ quát</i>
TAR	Third Asessment Report <i>Báo cáo lần thứ 3</i>

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

TTK	Teknillinen korkeakoulu (Helsinki University of Technology) <i>Đại học Công nghệ Helsinki</i>
UKMO	United Kingdom Meteorological Office <i>Cục Khí tượng Vương quốc Anh</i>
UNDP	United Nations Development Programme <i>Chương trình Phát triển của Liên hiệp quốc</i>
UNEP	United Nations Environment Programme <i>Chương trình Môi trường Liên hiệp quốc</i>
UNU	United Nations University <i>Đại học Liên hiệp quốc</i>
USDA	United States Department of Agriculture <i>Cục Nông nghiệp Hoa kỳ</i>
US-EPA	United States Environmental Protection Agency <i>Cục Bảo vệ Môi trường Hoa kỳ</i>
UV	Ultra Violet <i>Tia Cực tím</i>
VIC	Variable Infiltration Capacity <i>Khả năng Thẩm nhập Biến số</i>
WB	World Bank <i>Ngân hàng Thế giới</i>
WMO	World Meteorological Organization <i>Tổ chức Khí tượng Thế giới</i>
WOFOST	World Food Studies <i>Nghiên cứu Lương thực Thế giới</i>

Danh sách hình

Hình 1.1: Bốn quyển trên Trái đất và các chiều tác động qua lại	1
Hình 1.2: Các tầng trong bầu khí quyển	2
Hình 1.3: Cân bằng nhiệt trung bình năm trong bầu khí quyển.....	9
Hình 1.4: Dòng cân bằng bức xạ sóng ngắn toàn cầu.....	10
Hình 1.5: Dòng cân bằng bức xạ sóng dài toàn cầu.....	10
Hình 1.6: Đường xu thế nồng độ CO ₂ trong không khí đo tại Mauna Loa, Hawaii	12
Hình 1.7: Quan hệ giữa khí hậu, cây lúa và đất trong tiến trình phát thải metan.	13
Hình 1.8: Diễn biến gia tăng nồng độ khí metan trong khí quyển thời gian gần đây.....	14
Hình 1.9: Thay đổi lượng ozone trong không khí trung bình năm tại Belsk từ 1964 - 2008 .	15
Hình 1.10: Mức thải N ₂ O do các hoạt động nông nghiệp ở thiên niên kỷ vừa qua.....	16
Hình 1.11: Mức thải CH ₄ và N ₂ O do hoạt động nông nghiệp năm 2020 so với 1990.....	17
Hình 1.12: Quá trình phát thải khí CFCs trên toàn cầu từ 1950 đến 1992	18
Hình 1.13: Các thành phần và tương tác trong hệ thống khí hậu toàn cầu	20
Hình 1.14: Diễn biến sự thay đổi nhiệt độ Trái đất theo thời gian trong quá khứ.....	22
Hình 1.14: Sự thay đổi nhiệt độ nóng nhất, nồng độ CO ₂ và số điểm đen mặt trời	25
Hình 1.15: Sự thay đổi nhiệt độ trung bình trên trái đất từ 1986 – 2000.....	25
Hình 1.16: Kết quả phân tích sự thay đổi nhiệt độ toàn cầu trong thế kỷ 20.....	26
Hình 1.17: Phỏng đoán mức gia tăng nhiệt độ bề mặt toàn cầu sau năm 2000	28
Hình 2.1: Tranh vẽ nông dân Nhật cấy lúa trong mưa của Utagawa Hiroshige (1797–1858)	30
Hình 2.2: Bản đồ các vùng trồng lúa trên thế giới.....	31
Hình 2.3: Sản lượng lúa gạo (x 1000 tấn) trên thế giới từ 1960-2008.....	31
Hình 2.4: Các bộ phận chính của một cây lúa trưởng thành.....	33
Hình 2.5: Các thời kỳ phát triển của cây lúa ngăn ngày vùng nhiệt đới.....	33
Hình 2.6: Các vùng trồng lúa trên thế giới	35
Hình 2.8: Tương quan giữa nhiệt độ lớn nhất, nhỏ nhất và bức xạ với năng suất hạt, sinh khối trên mặt đất và số bông trên mỗi m ²	38
Hình 2.9: Sự phát triển của lúa nước sâu (lúa nổi) theo thời đoạn gieo trồng.....	41
Hình 2.10: Quan hệ giữa thời gian gieo hạt lúa (trước khi lũ bắt đầu) và năng suất.....	42
Hình 3.1: Dòng tác động của sự thay đổi môi trường trong nông lâm và ngư nghiệp	52
Hình 3.2: Hệ quả của sự gia tăng nhiệt độ không khí lên canh tác lúa.....	54
Hình 3.3: Hệ quả của sự thay đổi lượng mưa lên canh tác lúa	55
Hình 3.4: Hệ quả của sự thay đổi lượng dòng chảy sông ngòi lên canh tác lúa.....	56
Hình 3.5: Hệ quả của hiện tượng nước biển dâng lên canh tác lúa	57
Hình 3.6: Hệ quả của sự gia tăng thiên tai và thời tiết bất thường lên canh tác lúa	57
Hình 3.8: Sự thay đổi năng suất giống lúa Nipponbare dưới các điều kiện nhiệt độ không khí trung bình ngày, bức xạ mặt trời, nồng độ khí CO ₂ và các điều kiện môi trường.....	59
Hình 3.9: Phỏng đoán sự thay đổi giá trị nông nghiệp thế giới năm 2080 so với năm 2000 .	60
Hình 3.10: Tồn thất lương thực dự đoán do biến đổi khí hậu đến năm 2080.....	61
Hình 3.11: Sự thay đổi sản lượng lúa vùng có tưới ở Châu Á năm 2050.....	62
Hình 3.12: Sự thay đổi sản lượng lúa vùng nước trời ở Châu Á năm 2050	62
Hình 3.13: Sơ đồ mô hình ORYZA1	63
Hình 3.14: Khung mô hình IFPRI's IMPACT	65
Hình 3.15. Bản đồ rủi ro sản xuất lúa ĐBSCL trong bối cảnh khí hậu biến đổi	68

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Hình 3.16: Sơ đồ quan hệ mô hình phỏng đoán và bước đánh giá tác động - thích nghi.....	69
Hình 3.17: Sự thay đổi nhiệt độ lớn nhất trung bình thập niên 2030 so với thập niên 1980..	70
Hình 3.18: Sự suy giảm tổng lượng mưa thập niên 2030 so với thập niên 1980	70
Hình 3.19: Sự thay đổi lượng mưa tháng ở ĐBSCL giai đoạn 2030-2040 so với 1980-2000	71
Hình 3.20: So sánh sự thay đổi tính chất mưa các tỉnh An Giang, Cần Thơ và Sóc Trăng....	71
Hình 3.21: Các phỏng đoán sự thay đổi nhiệt độ và lượng mưa	72
Hình 3.22: Phỏng đoán thời gian ngập của thập niên 1980 (hiện tại) và 2030 (tương lai)....	72
Hình 3.23: Phỏng đoán độ sâu ngập của thập niên 1980 (hiện tại) và 2030 (tương lai).....	72
Hình 3.24: Khung mô hình tổng hợp đánh giá tác động của BĐKH lên canh tác lúa.....	73
Hình 3.25: Các bước đánh giá tác động của BĐKH lên sản xuất lúa và biện pháp thích ứng	75
Hình 3.26: Phỏng đoán suy giảm năng suất lúa vào mùa mưa ở Cần Thơ.....	76
Hình 4.1: Các câu hỏi chủ yếu và vấn đề nghiên cứu từ canh tác đến an ninh lương thực	77
Hình 4.2: Một số biện pháp ứng phó với biến đổi khí hậu trong sản xuất lúa.....	85

Danh sách bảng

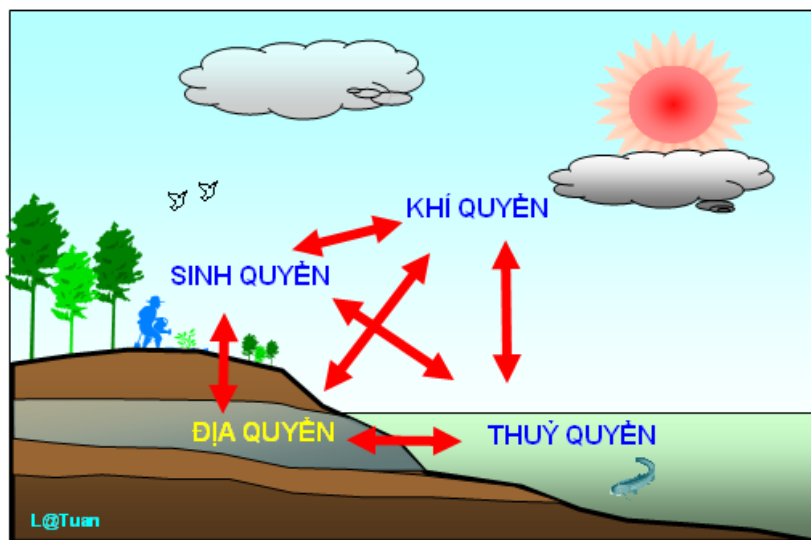
Bảng 1.1: Thành phần các chất khí trong không khí khô	4
Bảng 1.2: Thống kê 10 quốc gia có mức thải CO ₂ cao nhất thế giới năm 2008.....	24
Bảng 2.1: Sản lượng gạo của 15 quốc gia trồng lúa lớn nhất thế giới (2000 - 2008).....	32
Bảng 2.2: Đáp ứng của cây lúa đối với nhiệt độ ở các giai đoạn sinh trưởng khác nhau.....	35
Bảng 2.3: Biểu hiện tổn hại cho cây lúa khi nhiệt độ xuống thấp	36
Bảng 2.4: Mức độ chịu ngập (ngày) của lúa ở các giai đoạn sinh trưởng	43
Bảng 2.5: Đánh giá tính thích nghi của cây lúa theo độ sâu ngập trên ruộng	44
Bảng 2.6: Mức độ ngập có ảnh hưởng đến cây lúa qua các thời kỳ khác nhau.....	44
Bảng 2.7: Mức độ chịu mặn (nồng độ %) của lúa ở các giai đoạn sinh trưởng.....	47
Bảng 3.1: Phỏng đoán sự thay đổi các yếu tố khí hậu, khả năng gây rủi ro và các tác động lên sản xuất lúa vùng Châu Á vào thập niên 2030 - 2050	53
Bảng 3.2: Sự suy giảm sản lượng gạo ở Châu Á năm 2050 so với năm 2000	61
Bảng 3.3: Thay đổi năng suất lúa trung bình ở Châu Á theo khí hậu và nồng độ CO ₂	64
Bảng 3.4: Các kịch bản biến đổi khí hậu và thay đổi năng suất lúa ở Hàn Quốc.....	64
Bảng 3.5: Phỏng đoán sự thay đổi buôn bán gạo quốc tế do biến đổi khí hậu	66

Chương 1. CƠ SỞ KHOA HỌC KHÍ HẬU

1.1 Hệ thống khí hậu

1.1.1 Cấu trúc các quyển trên Trái đất

Trái đất là hành tinh có sự sống duy nhất trong Thái dương hệ. Về cấu trúc tự nhiên, trái đất tồn tại 4 quyển khác nhau: khí quyển, thủy quyển, địa quyển và sinh quyển. Bốn quyển này có sự tác động qua lại lẫn nhau (Hình 1.1).



Hình 1.1: Bốn quyển trên Trái đất và các chiều tác động qua lại

- **Khí quyển (Atmosphere):** là lớp không khí bao bọc bên ngoài Trái đất có chiều dày xấp xỉ 600 km. Khí quyển là nơi tồn tại các thành phần cơ bản của thời tiết như nhiệt độ, mưa, gió, ... Bầu khí quyển bao quanh trái đất luôn luôn thay đổi và di chuyển từ vùng này sang vùng khác. Khí quyển thay đổi nhanh với các tác động bên ngoài như bức xạ mặt trời, thành phần không khí và các hoạt động xảy ra trên vỏ Trái đất.

- **Thủy quyển (Hydrosphere):** bao gồm đại dương, biển cả, sông ngòi, khe suối, ao hồ, đầm lầy, v.v... kể cả các khối băng đá bao phủ ở hai cực của Trái đất (một số tác giả muốn tách các lớp băng thành một quyển riêng, gọi là *băng quyển*). Đại dương và biển chiếm $\frac{3}{4}$ bề mặt Trái đất đóng một vai trò quan trọng thứ hai lên sự thay đổi của thời tiết khu vực sau khí quyển. Lớp nước trong thủy quyển, nhất là ở độ sâu từ mặt thoáng xuống 100 mét, có khả năng hấp thụ rất nhiều nhiệt năng từ bức xạ mặt trời để chống lại nóng lên của vỏ Trái đất vào ban ngày và đồng thời cũng phóng thích ra nhiều nhiệt năng để hạn chế sự lạnh đi của vỏ Trái đất vào ban đêm. Khối băng đá ở hai đầu cực và trên các ngọn núi cao cũng ảnh hưởng với khí hậu của thủy quyển. Các bức xạ mặt trời đến các lớp băng đá sẽ bị phản xạ mạnh trở lại khí quyển. Ở các vùng cực, băng đá có thể phản xạ từ 80 – 90% bức xạ mặt trời, gấp 3 lần so với các vùng nhiệt đới (chỉ khoảng 30%). Nếu lớp không khí bị nóng lên, các khối băng

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

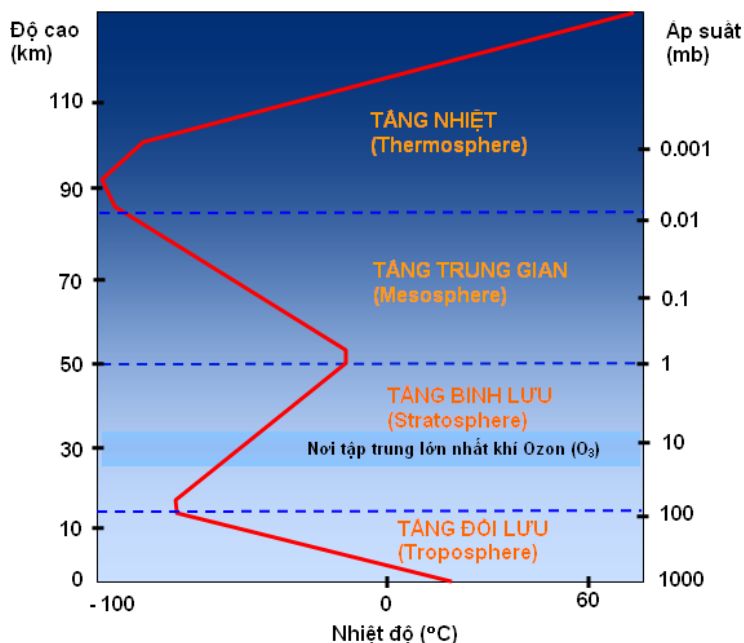
sẽ tan chảy một phần làm gia tăng mực nước biển và đồng thời làm giảm các phản xạ nhiệt trở lại không trung. Sự tương tác giữa khí quyển và thủy quyển là quá trình trao đổi nhiệt năng và động năng, tạo nên sự thay đổi của thời tiết.

- **Địa quyển** (*Lithosphere/ Geosphere*) là các lớp đất đá, núi đồi, kể cả lớp dung nham của Trái đất. Địa quyển tuy có sự thay đổi chậm về cấu trúc và thành phần nhưng vẫn tạo sự tác động và chịu ảnh hưởng qua lại của các quyển khác. Sự hấp thụ nhiệt vào vỏ Trái đất phụ thuộc vào thành phần đất đá, độ ẩm của lớp thổ nhưỡng, lớp phủ thực vật trên bề mặt địa quyển. Địa quyển là nơi tập trung các nguồn nhiên liệu hóa thạch từ lớp vỏ Trái Đất, bao gồm than đá, dầu mỏ, khí thiên nhiên và metan hydrate.

- **Sinh quyển** (*Biosphere*) để chỉ các sự sống tồn tại trên cả 3 quyển của Trái đất. Các hoạt động của sinh quyển ảnh hưởng lớn đến sự thay đổi về tính chất của khí quyển và ngược lại, khí quyển cũng quyết định sự phát triển và phân bố của sinh vật trong sinh quyển. Sinh quyển tạo nên các sản phẩm hữu cơ như thức ăn, gỗ, dược phẩm, ... và các sản phẩm vô cơ như khí carbon, metan, oxy, ... Sinh quyển và khí quyển cũng làm thay đổi sự phân phối nguồn nước trên Trái đất và ngược lại động thái, lượng và chất của thủy quyển cũng ảnh hưởng đến chất lượng của sinh quyển và đặc điểm lý hóa của khí quyển.

1.1.2 Thành phần của khí quyển

Khí quyển có thể chia thành 4 tầng dựa theo nhiệt độ, độ cao và áp suất không khí (Hình 1.2).



Hình 1.2: Các tầng trong bầu khí quyển
(Đồ họa lại từ hình của NASA)

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

- **Tầng đối lưu (Tropospheric):** là tầng kể từ mặt đất đến độ cao trung bình là 11 km, ở 2 cực của Trái đất dày khoảng 8 - 10 km, còn ở vùng xích đạo là 15 - 18 km. Đây là tầng ảnh hưởng đến thời tiết khí hậu rõ rệt nhất đối với Trái đất. Mây và hơi nước tập trung dày đặc từ độ cao 1 - 8 km, tất cả các hiện tượng như mưa, gió, bốc hơi, bão, ... đều xảy ra ở tầng này. Tầng đối lưu là môi trường sống của tất cả các sinh vật trên Trái đất. Tầng này chiếm 80% khối lượng không khí và 90% hơi nước và luôn có sự tác động qua lại giữa mặt đất, đại dương và khí quyển.

Thời tiết là tập hợp các trạng thái của các yếu tố khí tượng như nhiệt độ, áp suất, độ ẩm, mưa, gió, bức xạ, ... xảy ra trong khí quyển ở một thời điểm và một khoảng thời gian nhất định.

Sự chuyển dịch khối không khí gần mặt đất tạo nên các hình thái thời tiết khác nhau, biểu hiện qua các biến số khí tượng như nhiệt độ, mưa, gió, ẩm độ, mây, bão lốc và các hiện tượng thời tiết khác. Các đo đạc và ghi chép nhiều năm diễn biến các biến số thời tiết cho hình ảnh đặc trưng khí hậu của một khu vực nào đó. Thành phần và tính chất vật lý và hóa học của khí quyển sẽ thay đổi theo độ cao và phụ thuộc vào khu vực từng trên trái đất. Ở tầng

đối lưu, không khí chuyển động theo hình thẳng đứng, gọi là dòng thẳng (không khí đi từ dưới lên trên) và dòng giáng (không khí đi theo chiều từ trên xuống dưới). Sự chuyển động của không khí tạo ra sự thay đổi của động năng, nó phụ thuộc vào áp suất khí quyển và tạo ra trạng thái nhiệt. Khi khối không khí chuyển động đi lên, áp suất giảm dần và dẫn ra do giảm mật độ và làm nhiệt độ giảm theo. Ngược lại, khi khối không khí đi xuống, áp suất tăng lên và nhiệt độ cũng gia tăng theo. Hiện tượng thẳng giáng các khối không khí là nguyên nhân chính làm biến đổi thời tiết trên Trái đất. Trong tầng đối lưu, cứ lên cao 100 m nhiệt độ không khí giảm đi khoảng 0,6 °C. Ở độ cao gần 11 km, nhiệt độ không khí có thể xuống độ lạnh âm 60 - 50 °C.

- **Tầng bình lưu (Stratospheric):** ở độ cao từ 11 km đến 50 km. Nơi đây mật độ hơi nước rất nhỏ hoặc không đáng kể nên không có mây. Trong tầng bình lưu không khí ít bị xáo trộn theo chiều thẳng đứng. Trong tầng bình lưu không khí rất loãng, nhiệt độ ít thay đổi trong khoảng từ 15 - 35 km, khoảng - 55 °C. Ở tầng này, tỉ lệ khí Ôzôn (O₃) cao, tầng bình lưu có tác dụng hấp thụ các tia sóng ngắn của bức xạ mặt trời (tia tử ngoại), giảm thiểu đáng kể sự nguy hiểm của các tia này từ mặt trời chiếu xuống trái đất.

- **Tầng trung gian (Mesosphere):** ở độ cao khoảng 50 - 80 km, nằm giữa tầng bình lưu và tầng nhiệt là tầng chuyển tiếp giữa khí quyển và không gian vũ trụ (trên 2000 km), không khí ở đây vô cùng loãng chỉ chứa hydro và heli.

- **Tầng nhiệt (Thermospheric):** hay còn gọi là tầng điện ly hay tầng ion (Ionospheric), ở độ cao trên 85 km, không khí rất loãng, chỉ có ở dạng các hạt ion mang điện, tầng này có tác dụng ngăn cản bớt các bức xạ mặt trời giúp sinh vật trên trái đất tồn tại. Đặc điểm quan trọng của tầng này là nhiệt độ khá cao và tăng nhanh theo độ cao. Ở chiều cao 200 km, nhiệt độ là 200 °C và giới hạn vào khoảng 2.000 °C. Tầng này có độ dẫn điện cao làm phản hồi các sóng vô tuyến phát đi từ mặt đất.

Ngoài 4 tầng khí quyển kể trên là lớp chuyển tiếp của Trái đất ra vũ trụ với độ cao khó xác định, ước chừng xấp xỉ 1.000 km – 10.000 km, gọi là tầng ngoài (exosphere), tầng này có

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

hiệt độ rất cao có thể lên đến 2.500°C. Tầng này không khí rất loãng, chủ yếu là khí hydrogen và helium. Tầng ngoài chứa các phần tử chuyển động tự do theo hướng từ trường gọi là gió mặt trời (*solar wind*).

Lớp không khí trong khí quyển tập trung chủ yếu ở tầng đối lưu. Không khí có thành phần chủ yếu là các khí nitrogen, oxygen và argon. Các loại khí khác chiếm tỉ lệ rất nhỏ nhưng đóng vai trò quan trọng trong hiện tượng nhà kính, được trình bày chi tiết ở mục 1.2.2), bao gồm hơi nước, carbon dioxide, methane, nitrous oxide và ozone. Trong không khí tồn tại những phần tử hạt li ti như bụi đất, tro núi lửa, bụi thiên thạch, phấn hoa, bào tử nấm,... và các phức hợp ô nhiễm công nghiệp khác nhau. Thành phần không khí trung bình trong khí quyển cho ở bảng 1.1.

Bảng 1.1: Thành phần các chất khí trong không khí khô

Chất khí	Ký hiệu	Phần triệu thể tích (ppmv)	Tỉ lệ (%)
Nitrogen	N ₂	780.840	78,084
Oxygen	O ₂	209.460	20,946
Argon	Ar	9.340	0,9340
Carbon dioxide	CO ₂	390,0	0,0390
Neon	Ne	18,18	0,001818
Helium	He	5,24	0,000524
Methane	CH ₄	1,79	0,000179
Krypton	Kr	1,14	0,000114
Hydrogen	H ₂	0,55	0,000055
Nitrous oxide	N ₂ O	0,3	0,00003
Carbon monoxide	CO	0,1	0,00001
Xenon	Xe	0,09	9 × 10 ⁻⁶
Ozone	O ₃	0,0 - 0,07	0 - 7 × 10 ⁻⁶
Nitrogen dioxide	NO ₂	0,02	2 × 10 ⁻⁶
Iodine	I	0,01	1 × 10 ⁻⁶
Ammonia	NH ₃	dấu vết	
Chất khí không nằm trong thành phần không khí khô			
Hơi nước	H ₂ O	Khoảng 0,40% trong toàn bộ khí quyển, thường khoảng 1% – 4% tại vị trí sát mặt đất.	

(Nguồn: NASA, 2007 – có thể tham khảo trên Wikipedia website)

1.1.3 Hệ thống khí hậu

Sự thay đổi về khí hậu có thể diễn ra theo mùa (mùa mưa – mùa nắng, xuân – hạ – thu – đông), theo năm (năm ít nước – năm nhiều nước – năm nước trung bình). Nếu theo dõi chuỗi số liệu thời tiết suốt một thời kỳ dài, từ thập kỷ này sang thập kỷ khác, hoặc suốt vài ba thế kỷ, thậm chí qua các thời kỳ địa chất xa hơn thì chúng ta có thể thấy có sự biến động theo một quy luật tổng quát nào đó. Khí hậu mà chúng ta thường nói ở một địa phương nào đó là khí hậu khu vực. Khí hậu thay đổi theo vĩ độ địa cầu, nghĩa là khoảng cách từ đường xích

Khí hậu được định nghĩa theo nghĩa hẹp là “Thời tiết trung bình”, hoặc chính xác hơn là trị trung bình của một chuỗi thống kê các biến số thời tiết liên quan trong một khoảng thời gian khác nhau, từ vài chục tháng cho đến hàng nghìn hoặc, hàng triệu năm. Theo định nghĩa của Tổ chức Khí tượng Thế giới (World Meteorological Organization - WMO), khoảng thời gian chính thống là 30 năm. Các giá trị thường được xem xét là các biến số về nhiệt độ, lượng mưa và gió. Khí hậu trong nghĩa rộng hơn là một trạng thái, bao gồm thống kê mô tả của hệ thống khí hậu.

(Nguồn: IPCC, 2007)

đạo. Tất cả các diễn biến như nhiệt độ, áp suất không khí, mưa, gió và các hiện tượng thiên nhiên khác diễn ra trong các quyển tạo nên một hệ thống khí hậu.

Hệ thống khí hậu có nhiều ảnh hưởng rõ rệt đến sự sống trên trái đất. Trong hệ thống khí hậu, khí quyển đóng vai trò trung tâm, tương tác với khí quyển là sự chuyển vận và thay đổi của khối nước trong đại

dương và biển, các khối băng đá ở hai cực và trên các rặng núi cao, các tính chất của đất liền và các hoạt động của sinh vật trên trái đất. Sự thay đổi và các diễn biến bất thường của khí quyển có thể tạo ra các thảm họa thiên tai cho sự sống. Ngược lại, sự sống trên trái đất, chủ yếu là do các hoạt động con người trong vài ba thế kỷ gần đây, cũng chính là nguyên nhân tạo nên các xáo trộn có tính tiêu cực cho Trái đất như gây ô nhiễm không khí và nguồn nước, các công trình làm thay đổi cấu trúc mặt đất, thay đổi dòng chảy tự nhiên, khai thác tài nguyên thiên nhiên cạn kiệt như phá rừng, khai khoáng. Nhiều nhà khoa học cũng công nhận các hoạt động của con người liên quan đã tạo nên sự thay đổi của hệ thống khí hậu khu vực hoặc toàn cầu. Trong nghiên cứu hệ thống khí hậu, con người là một thành phần quan trọng của sinh quyển (Kellogg, 1977). Các bằng chứng khoa học cho điều này đã được Ủy ban Liên Chính phủ về Biến đổi Khí hậu (1995) trình bày trong Báo cáo Đánh giá thứ 2 (*Second Assesment Report – SAR*) chẳng hạn như sự phát tán khí thải ra bầu khí quyển.

1.1.4 Các thuật ngữ cơ bản

Trong quyển sách này, nhiều thuật ngữ khoa học liên quan đến biến đổi khí hậu sẽ được định nghĩa và giải thích. Tuy nhiên để thuận lợi, tránh nhầm lẫn và thống nhất trong ngôn ngữ tiếng Việt, các từ ngữ và cụm từ sau sẽ được lặp lại nhiều lần, nên cũng cần khái quát để hiểu ban đầu. Bên cạnh từ tiếng Việt (sắp theo A, B, C, ...), từ tiếng Anh trong ngoặc sẽ được hiểu như một nghĩa tương đương.

- **Biến đổi khí hậu** (*Climate change*): thể hiện xu hướng thay đổi các thông số trạng thái của khí hậu so với trị trung bình nhiều năm do tác động liên tục của con người.
- **Các lựa chọn thích ứng** (*Adaptation options*): Các hành động được thực hiện để giảm thiểu tính tổn thương đối với các thay đổi khí hậu trên thực tế hay được dự đoán. Thích ứng là điều chỉnh trong các hệ thống thiên nhiên và con người để ứng phó với các yếu tố thay đổi khí hậu thực tế hay được dự báo hoặc các ảnh hưởng của chúng. Thích ứng có thể làm giảm thiểu tác hại và phát huy cơ hội có lợi. Nhiều kiểu thích ứng khác nhau có thể phân biệt được như thích ứng chủ động và phòng ngừa, thích ứng cá nhân và tập thể, thích ứng tự phát, theo kinh nghiệm bản năng và thích ứng có kế hoạch.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

- **Giảm thiểu** (*Mitigation*): bao gồm các hoạt động riêng rẽ hoặc tập hợp các biện pháp mà con người có thể làm được nhằm giảm bớt mức độ phát thải khí nhà kính hoặc tối thiểu các tác hại của thiên tai hoặc biến đổi khí hậu.
- **Hệ sinh thái** (*Ecosystem*): là hệ quần thể sinh vật trong một khu vực địa lý tự nhiên nhất định cùng tồn tại và phát triển, có tác động qua lại với nhau. Hệ sinh thái bao gồm cả một hệ thống các cấp hệ thống khác nhau theo thứ bậc của một khoảng không gian nhất định. Nó có thể bao hàm cả hệ thống toàn cầu, một quần xã sinh vật hay một hệ thống không gian rất nhỏ hẹp.
- **Hiệu ứng nhà kính** (*Greenhouse effect*): Hiện tượng hấp thụ bức xạ nhiệt làm gia tăng nhiệt độ của không khí trong một không gian được bao phủ bởi một lớp chắn trong suốt hoặc lớp khí nhà kính.
- **Hoạt động sinh kế** (*Livelihood activities*): Các hình thức kiếm sống; nguồn thu nhập. Sinh kế bao gồm một loạt các hoạt động và chương trình mà cố hướng đến hay nhằm nâng cao sự tự lực bao gồm: các chương trình đào tạo phi chính quy, đào tạo nghề, các hoạt động tăng thu nhập, chương trình hỗ trợ lương thực, dự án học nghề, chương trình tín dụng nhỏ, chương trình nông nghiệp, chương trình khởi sự doanh nghiệp, dự án hỗ trợ giống và nông cụ, dự án vay gia súc, chương trình giới thiệu việc làm và tự tạo việc làm. Mục đích của bất kỳ chiến lược sinh kế nào cũng nhằm vào việc nâng cao tính tự lực.
- **Khả năng thích ứng** (*Adaptive capacity*): Mức độ mà cá nhân, toàn thể, các loài hay một hệ thống có thể điều chỉnh thích ứng với thay đổi khí hậu (như các hiện tượng thay đổi thời tiết và các hiện tượng cực đoan); nhằm giảm thiểu các thiệt hại tiềm ẩn, và tranh thủ các cơ hội, hoặc để ứng phó với các hậu quả. Khả năng thích ứng bao gồm cả năng lực, nguồn lực, các thể chế của một quốc gia hay của một vùng để thực hiện các biện pháp thích ứng có hiệu quả.
- **Kịch bản biến đổi khí hậu** (*Climate change scenarios*): Các giả định tình huống trên cơ sở phát thải khí nhà kính kết hợp với hành động của con người liên quan đến các hệ quả làm thay đổi tính chất khí hậu và nước biển dâng ở khu vực hay toàn cầu.
- **Lồng ghép** (*Integration*): Lồng ghép thích ứng với biến đổi khí hậu là sự cân nhắc để kết hợp các vấn đề về biến đổi khí hậu vào quá trình hoạch định chính sách và giải pháp trong quy trình lập kế hoạch phát triển nhằm đảm bảo sự bền vững lâu dài cũng như hạn chế các hoạt động có tính nhạy cảm đối với khí hậu hôm nay và mai sau.
- **Môi trường** (*Environment*): bao gồm các yếu tố tự nhiên và vật chất nhân tạo bao quanh con người, có ảnh hưởng đến đời sống, sản xuất, sự tồn tại, phát triển của con người và sinh vật. Thành phần môi trường là yếu tố vật chất tạo thành môi trường như đất, nước, không khí, âm thanh, ánh sáng, sinh vật, hệ sinh thái và các hình thái vật chất khác.
- **Môi trường sống** (*Habitat*): Nơi hay nhà ở tự nhiên mà ở đó một loài cây, một con thú, hay một nhóm các vật thể sống có quan hệ gần gũi nhau sinh sống.
- **Mục tiêu phát triển** (*Development targets*): Các mục tiêu phát triển kinh tế xã hội được đặt ra cho một vùng địa lý trong một thời gian nhất định (ví dụ một xã, huyện, tỉnh hay một quốc gia) bao gồm các nội dung kế hoạch phát triển cơ sở hạ tầng, thay

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

đổi về cấu trúc xã hội hay cơ cấu chính trị, và /hoặc các quyết định đầu tư để mở rộng hay thay đổi một ngành công nghiệp nào đó (ví dụ như công nghiệp khai khoáng, xuất khẩu, trồng rừng).

- **Nhạy cảm (Sensitivity):** Mức độ mà một hệ thống bị ảnh hưởng cả mặt tiêu cực hay tích cực bởi biến đổi khí hậu. Ảnh hưởng có thể là trực tiếp (ví dụ như thay đổi năng suất vụ mùa do thay đổi nhiệt độ) hoặc gián tiếp (ví dụ như thiệt hại do sự gia tăng về cường độ của lũ lụt vì hiện tượng nước biển dâng).
- **Nước biển dâng (Sea level rise):** Sự dâng mực nước của biển và đại dương cao hơn so với cao trình trung bình toàn cầu do sự gia tăng nhiệt độ khí quyển và hiện tượng băng tan bất thường. Sự dâng nước biển này không xem xét đến các yếu tố làm thay đổi mực nước như dao động thủy triều, nước biển dâng do bão, lốc xoáy, động đất, sóng thần, ...
- **Phân tích rủi ro (Risk analysis):** Phân tích rủi ro trong bối cảnh BĐKH, rủi ro được định nghĩa như là sự kết hợp giữa hai yếu tố: (1) Khả năng xảy ra hiện tượng/ hiện tượng thời tiết cực đoan (ví dụ như lũ lụt, bão, sóng nhiệt...) và (2) hậu quả của hiện tượng/ hiện tượng thời tiết cực đoan đó (ví dụ như ngập lụt ở đường cao tốc đã gây ngưng hoạt động trong vòng nhiều ngày) (theo NZCCO, 2004). Phân tích Rủi ro sẽ giúp lượng hóa các yếu tố phơi nhiễm và yếu tố dễ bị tổn thương. Trong quá trình xây dựng đánh giá nguy cơ rủi ro và chạy các biến rủi ro để làm công cụ xếp hạng ưu tiên, rủi ro được định nghĩa chính xác là khả năng xảy ra và hậu quả của một hiện tượng nào đó. Như vậy, Rủi ro = (Khả năng xảy ra hiện tượng) x (Hậu quả của hiện tượng đó) (Snover *et al.*, 2007).
- **Phát thải khí nhà kính (Greenhouse gas emission):** Sự thoát ra khí quyển của các chất khí có thể gây ra hiệu ứng nhà kính như khí CO₂, CH₄, N₂O, CFCs, O₃, hơi nước,... Các khí này thoát ra do các hoạt động sản xuất và sinh hoạt của con người hoặc do sự phân hủy sinh hóa tự nhiên hoặc do hệ quả của những thiên tai trên Trái đất.
- **Phỏng đoán biến đổi khí hậu (Climate change projection):** Các phản ứng của hệ thống khí hậu được tính toán đối với kịch bản phát thải khí nhà kính và aerosols. Nó thường được dựa trên các tính toán xác suất và mô phỏng từ các mô hình khí hậu. Dự báo khí hậu phụ thuộc vào kịch bản phát thải nào được sử dụng và chính vì vậy nó cũng rất phụ thuộc vào các giả định không chắc chắn về sự phát triển khoa học kỹ thuật và kinh tế xã hội tương lai
- **Tác động (Impacts):** là các ảnh hưởng và thiệt hại do các rủi ro liên quan đến thời tiết và khí hậu hay hệ quả của biến đổi khí hậu lên các hệ thống thiên nhiên và con người. Tùy thuộc vào mức độ xem xét đến các biện pháp thích ứng, người ta có thể phân biệt được giữa các tác động tiềm tàng và tác động còn lại. Tác động tiềm tàng là tất cả các tác động có thể xảy ra khi có thay đổi về khí hậu mà không tính đến các biện pháp thích nghi. Tác động còn lại là các tác động của biến đổi khí hậu xảy ra sau khi có các biện pháp thích ứng
- **Tổn thương (Vulnerability):** khả năng dễ bị ảnh hưởng của các hệ thống tự nhiên hoặc xã hội đối với những ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, xu hướng biến đổi khí hậu và các hiện tượng khí hậu cực đoan. Tính tổn thương là một phần của tính chất,

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

cường độ và mức độ của biến đổi khí hậu và sự thay đổi của một hệ thống bị phơi nhiễm và sự nhạy cảm của hệ thống đó cũng như khả năng thích ứng của nó.

- **Thích ứng (Adaptation):** chiến lược hoặc phản ứng và hành động đối với những ảnh hưởng tiềm năng đang hoặc đã diễn ra của biến đổi khí hậu nhằm giảm bớt rủi ro của chúng hoặc tận dụng và hiện thực hóa các lợi ích.
- **Thích ứng sai (Maladaptation):** Một hành động thích ứng mà dẫn đến việc tăng thêm tính tổn thương. Thích ứng sai thường do kế hoạch cấp rập với mong muốn lợi ích trước mắt vì vô tình hay cố ý. Thích ứng sai gây ra tình hình xấu hơn trong tương lai và gây ra thêm nhiều vấn đề hơn. Thích ứng sai cũng do kế hoạch không bao quát mà chỉ mang lại lợi ích cho một nhóm người và làm cho nhóm người khác phải trả giá vì điều đó. Ví dụ, như các hành động giúp người dân đầu nguồn sông có nước vào thời điểm hạn hán có thể là làm cho người dân ở dưới hạ nguồn ít nước hơn.
- **Ứng phó (Response/Copping):** bao gồm tất cả những hoạt động của con người nhằm giảm nhẹ và thích ứng các tác động tiêu cực do biến đổi khí hậu.

1.2 Cơ chế hình thành khí hậu toàn cầu

1.2.1 Cân bằng nhiệt trong bầu khí quyển

Diễn biến của khí hậu toàn cầu chủ yếu xảy ra ở trong bầu khí quyển. Toàn bộ bầu khí quyển đều tuân theo quy luật của phương trình cân bằng năng lượng. Khí hậu là kết quả sự tương tác phức tạp của các quá trình vật lý, hóa học và sinh học dưới tác động của năng lượng mặt trời. Mặt trời là một quang cầu khổng lồ nằm ở vị trí trung tâm của Thái dương hệ. Trên bề mặt của mặt trời các phản ứng nhiệt hạch xảy ra gần như liên tục khiến lớp vỏ của nó nóng đến 6000 K¹. Năng lượng từ mặt trời cung cấp ánh sáng liên tục cho Trái đất, là tác nhân tạo nên sự sống trong sinh quyển thông qua quá trình quang hợp. Mặt trời là nguồn cung cấp năng lượng cho cuộc sống trên trái đất và là nguồn năng lượng cho khí hậu thông qua quá trình tuần hoàn nhiệt, tuần hoàn hơi nước và sự hoàn lưu khí quyển. Bức xạ mặt trời điều khiển tình trạng thời tiết, các dòng thủy lưu của thủy quyển, cũng như ảnh hưởng quá trình kiến tạo cấu trúc địa quyển như sự phong hóa đất đá trên vỏ trái đất.

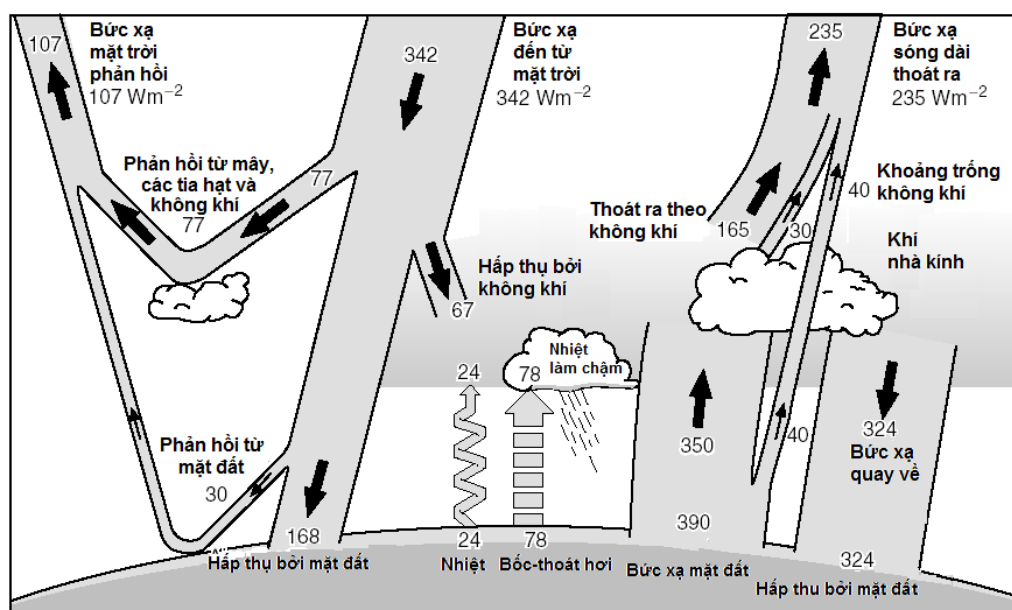
Bức xạ mặt trời thực chất là sóng điện từ lan truyền trong không gian với tốc độ ánh sáng, bước sóng của nó không như nhau mà tạo ra một dải quang phổ (Spectrum). Năng lượng mặt trời phát ra mọi hướng dưới dạng bức xạ điện từ: bức xạ tử ngoại (có bước sóng $\lambda = 0,20 - 0,39 \mu$), ánh sáng nhìn thấy ($\lambda = 0,39 - 0,76 \mu$), bức xạ hồng ngoại ($\lambda = 0,76 - 24,0 \mu$).

Kiehl và Trenberth (1997) đã minh họa một bức tranh cân bằng nhiệt từ bức xạ mặt trời qua bầu khí quyển xuống bề mặt của Trái đất (Hình 1.3). Trong đó, mặt trời đã truyền xuống Trái đất một năng lượng nhiệt là 342 W/m² và cũng phóng thích một lượng nhiệt tương

¹ K (Kelvin) là một trong các đơn vị đo lường cơ bản cho nhiệt độ. Mỗi K trong nhiệt giai Kenvin (1K) bằng một độ trong nhiệt giai Celsius (1 °C) và 0 °C ứng với 273,15K.
Công thức quy đổi: [K] = [°C] + 273,15

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

đương ra không trung của vũ trụ. Mặt đất hấp thu một lượng nhiệt lớn hơn là 492 W/m^2 và cũng tạo ra một bức xạ nhiệt ra bầu khí quyển tương đương như vậy từ mặt đất. Pidwirny (2006) công bố kết quả nghiên cứu cân bằng bức xạ trên trái đất, cho rằng nếu xem năng lượng từ bức xạ mặt trời xuống trái đất dưới dạng bức xạ sóng ngắn (*shortwave radiation*), gồm sóng ánh sáng và sóng tia tử ngoại, là 100 đơn vị thì khí quyển hấp thu khoảng 19 đơn vị gồm 2 đơn vị ở tầng bình lưu và 17 đơn vị ở tầng đối lưu. Bức xạ mặt trời xuống trực tiếp trái đất từ mặt trời là 28 đơn vị và chừng 23 đơn vị là do sự khuếch tán bức xạ. Khoảng 20 đơn vị bức xạ bị các đám mây bao quanh bầu khí quyển phản xạ trở lại không trung. Các phần tử hạt ti ti trong không khí tạo nên sự phản xạ khoảng 6 đơn vị và chừng 4 đơn vị là phản xạ từ mặt đất. Tổng lượng bức xạ sóng ngắn từ mặt trời bị mất đi được gọi chung là suất phản chiếu từ trái đất (*Earth albedo*), theo Hình 1.4 minh họa thì suất phản chiếu này là 30 đơn vị.



Hình 1.3: Cân bằng nhiệt trung bình năm trong bầu khí quyển

(Nguồn: Kiehl và Trenberth, 1997)

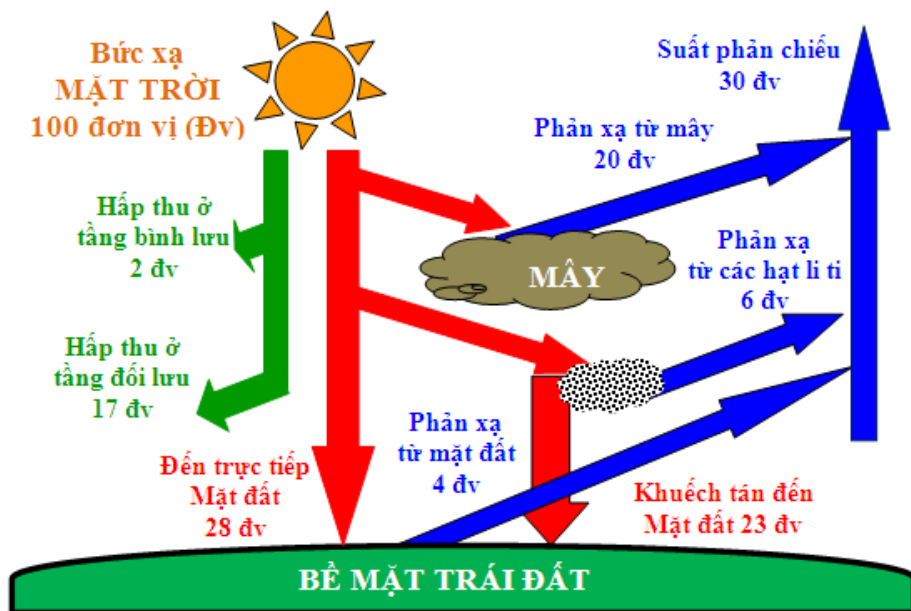
Phần bức xạ mặt trời truyền xuống mặt đất làm mặt đất nóng lên dưới dạng các bức xạ sóng dài (*longwave radiation*) gây nên các hiện tượng đối lưu hoặc bốc thoát hơi của lớp phủ thực vật và mặt thoáng mặt nước, một phần nguồn nhiệt này khi vào khí quyển lại bị tái xạ trở lại do hiệu ứng nhà kính.

Dòng bức xạ sóng dài toàn cầu chỉ thị đường đi của năng lượng thoát ra từ bề mặt trái đất theo ba tiến trình khác nhau (Hình 1.5).

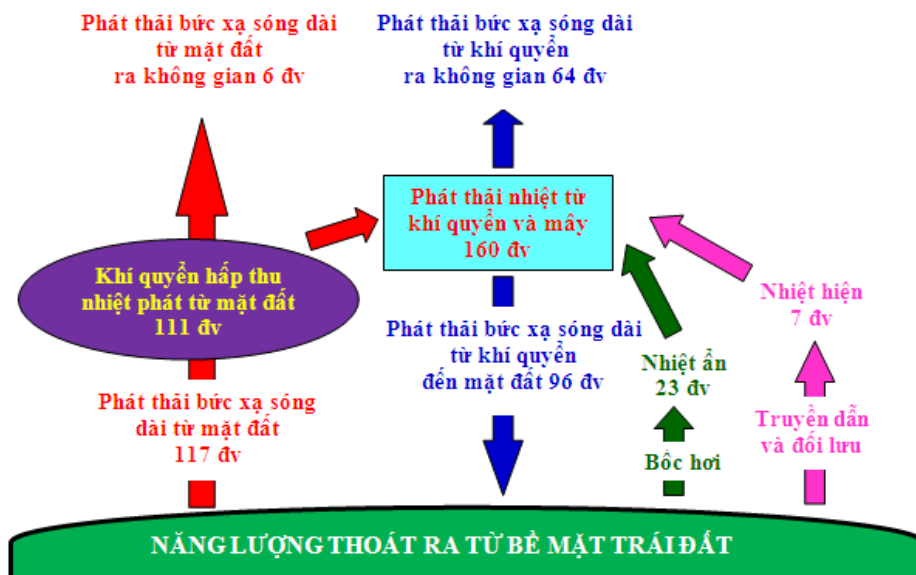
- Bề mặt trái đất phát ra 117 đơn vị bức xạ sóng dài, trong đó chỉ có khoảng 6 đơn vị thoát trực tiếp vào không gian, phần còn lại 111 đơn vị được khí nhà kính trong bầu khí quyển hấp thu biến thành năng lượng nhiệt (*heat energy*).
- Khí quyển phát ra 160 đơn vị năng lượng sóng dài, trong đó phần đi vào không gian là 64 đơn vị, phần còn lại 96 đơn vị đi xuống mặt trái đất.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

- iii. Phần năng lượng nhiệt đi đến bề mặt trái đất làm mất nước nóng lên và làm tan một phần băng đá, nước bốc hơi vào không trung mang theo khoảng 23 đơn vị nhiệt ẩn (*latent heat*). Sự nóng lên ở mặt đất gây hiện tượng truyền dẫn nhiệt vào không gian và hiện tượng không khí đối lưu mang khoảng 7 đơn vị nhiệt hiện (*sensible heat*). Cả phần nhiệt ẩn và nhiệt hiện đều góp phần làm bầu khí quyển thêm năng lượng nhiệt.



Hình 1.4: Dòng cân bằng bức xạ sóng ngắn toàn cầu
(Vẽ lại từ nguồn: Pidwirny, 2006)



Hình 1.5: Dòng cân bằng bức xạ sóng dài toàn cầu
(Vẽ lại từ nguồn: Pidwirny, 2006)

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Tổng lượng nhiệt mất đi vào không gian trong dòng bức xạ sóng dài toàn cầu theo hình 1.5 là 70 đơn vị (gồm 6 đơn vị bức xạ phát ra từ mặt đất và 64 đơn vị phát ra từ khí quyển). Tổng lượng nhiệt này cân bằng với dòng bức xạ sóng ngắn toàn cầu. Mặt dầu các giải thích trên có những cơ sở lập luận dựa vào một số quan trắc và suy luận nhưng cũng nên hiểu là các số liệu này không hoàn toàn chính xác.

Mô hình toán học dùng để cân bằng bức xạ sóng ngắn thực, cân bằng bức xạ sóng dài thực và cân bằng bức xạ thực cho bề mặt trái đất tại một vị trí nào đó một thời điểm tức thời như sau (Pidwirny, 2006):

$$K^* = (K + k)(1 - a)$$

$$L^* = (LD - LU)$$

$$Q^* = (K + k)(1 - a) - LU + LD$$

trong đó:

Q^* - bức xạ thực của mặt đất (tổng bức xạ toàn cầu theo năm là zero, $Q^* = 0$, nguyên lý bảo tồn năng lượng);

K^* - bức xạ sóng ngắn thực đến mặt đất;

K - bức xạ sóng ngắn trực tiếp đến trái đất;

k - bức xạ sóng ngắn khuếch tán tại mặt đất;

a - suất phản chiếu từ mặt đất;

L^* - bức xạ sóng dài thực tại mặt đất;

LD - bức xạ đối từ khí quyển trực tiếp đến bề mặt trái đất;

LU - bức xạ sóng dài mất đi từ bề mặt trái đất.

1.2.2 Các thành phần khí nhà kính

Trong các lớp không khí bao quanh Trái đất, có khá nhiều chất khí chỉ chiếm một tỉ lệ nhỏ trong tổng thành phần khí quyển như một dạng khí hiếm nhưng chúng có thể có những

“Hiệu ứng nhà kính” xảy ra khi các tia bức xạ sóng ngắn của mặt trời xuyên qua bầu khí quyển đến mặt đất và được phản xạ trở lại thành các bức xạ nhiệt sóng dài. Nhờ có hiệu ứng nhà kính, nhiệt độ trung bình toàn trái đất được duy trì ở mức khoảng 15°C. Nếu không có hiệu ứng nhà kính, nhiệt độ trung bình trên trái đất có thể tụt xuống đến -18°C.

Một số phân tử trong bầu khí quyển như hơi nước, khí CO₂, CH₄, N₂O, O₃,... gia tăng có thể hấp thụ những bức xạ nhiệt nhiều hơn làm cho bầu khí quyển nóng hơn lên. Bức xạ nhiệt sóng dài không thể xuyên qua các lớp khí nhà kính để khuếch tán ra bên ngoài không gian.

vai trò quan trọng ảnh hưởng đến bức xạ khí quyển. Các loại khí này được gọi là khí nhà kính (*Greenhouse Gas – GHG*) vì chúng có khả năng gây nên hiệu ứng nhà kính trong bầu khí quyển.

Nếu xét trong một đoạn thời gian không dài lắm, thành phần khí quyển xem như ổn định. Tuy nhiên, khoảng giữa thế kỷ thứ 18 đến hiện nay, sự bùng phát mạnh mẽ các hoạt động công nghiệp của con người đã tạo nên sự thay đổi đáng kể nồng độ các khí nhà kính. Hoạt động của con người đồng thời cũng tung lên bầu khí quyển các chất khí hoàn toàn nhân tạo như các hợp chất chlorofluorocarbon -CFCs- khiến sự cân bằng nhiệt bình thường trong bầu khí quyển bị thay đổi. Các khí này chỉ chiếm một tỉ lệ

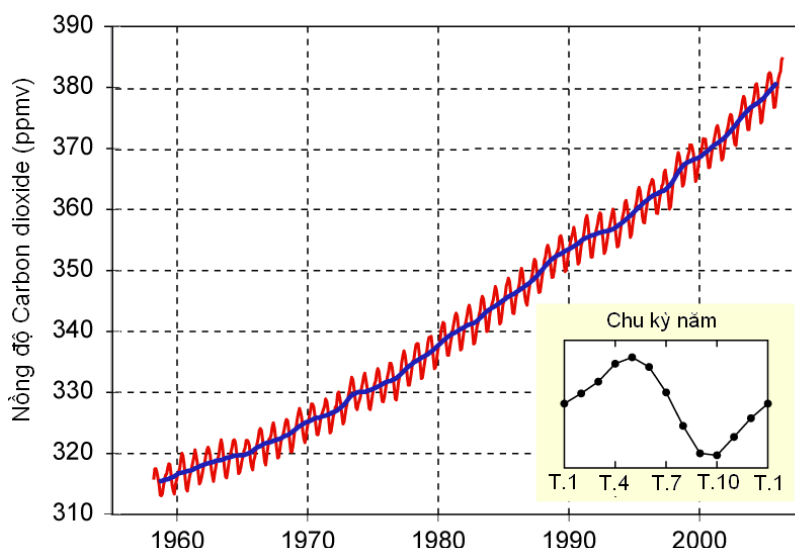
TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

nhỏ trong bầu khí quyển nhưng chúng hấp thu bức xạ hồng ngoại từ mặt đất phát ra, đồng thời phát xạ trở lại mặt đất khiến mặt đất bị nóng hơn. Điều này tạo nên hiện tượng biến đổi khí hậu. Các loại khí gây nên khí nhà kính bao gồm:

1.2.2.1 Khí carbon dioxide (CO₂)

Carbon dioxide hay còn gọi là thán khí, có công thức hóa học là CO₂. Đó là một chất khí không màu. Ở nồng độ thấp, CO₂ không có mùi nhưng khi hiện diện trong không khí ở nồng độ cao, CO₂ có mùi acid rõ nét, mang độc tính cao. Khi hít phải carbon dioxide ở nồng độ trên 1% (> 10.000 ppm) có thể làm con người cảm thấy uể oải, lơ đãng. Với nồng độ từ 7% - 10%, CO₂ có thể làm con người chóng mặt, nhức đầu, nghe và thấy bất thường và có thể bất tỉnh nếu hít phải từ vài phút đến một giờ. CO₂ là một khí nhà kính chiếm một nửa khối lượng khí nhà kính và là nguyên nhân gây 60% hiện tượng nóng lên toàn cầu. Hầu hết khí carbon dioxide tích tụ trong khí quyển, phần còn lại bị giữ trong đại dương và được các rừng cây hấp thụ. Tuy nhiên, với sự đốt cháy nguyên liệu hóa thạch trong sản xuất công nghiệp, sản xuất điện và hoạt động giao thông cũng như tình trạng phá hủy các khu rừng nhiệt đới làm nồng độ CO₂ gia tăng mạnh mẽ trong thế kỷ vừa qua. Với tốc độ phát triển như hiện nay, nếu không có sự đồng lòng cắt giảm khí carbon trên toàn thế giới, khối lượng CO₂ có thể gia tăng gấp đôi vào giữa thế kỷ 21 so với thời kỳ tiền công nghiệp (Hoffman and Wells, 1987).

Hiện nay, carbon dioxide hiện diện trong khí quyển với nồng độ trung bình là 383 ppmv (phần triệu theo thể tích) hoặc 582 ppmm (phần triệu theo khối lượng) (NASA, 2009). Các hoạt động như đốt cháy các nhiên liệu hóa thạch và cháy rừng trên toàn cầu hiện nay đã làm gia tăng lượng CO₂ khoảng 35% nếu so với lượng CO₂ trong không khí ở thời kỳ tiền công nghiệp (từ năm 1750). Trạm quan trắc CO₂ của Cơ quan Quản trị Khí quyển và Đại dương Quốc gia, Hoa Kỳ (National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA) tại Mauna Loa, Hawaii đã thu thập chuỗi số liệu nồng độ carbon dioxide từ năm 1958 đến nay cho thấy nồng độ CO₂ (ppmv) trong không khí đang gia tăng liên tục (Hình 1.6).



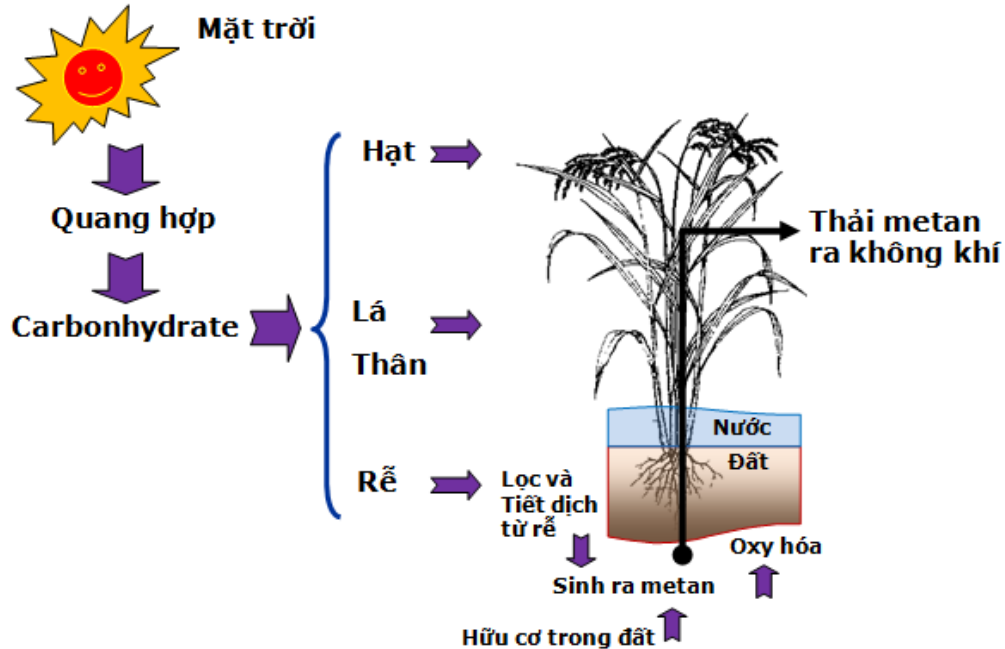
Hình 1.6: Đường xu thế nồng độ CO₂ trong không khí đo tại Mauna Loa, Hawaii
(Nguồn: NOAA, 2009)

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Carbon Monoxide (CO) là một khí độc có cấu trúc hóa học rất gần gũi với khí carbon dioxide. CO là chất khí chủ yếu của sự đốt cháy vật chất không hoàn toàn. Thông thường, CO tồn tại trong không khí nhiều tháng trước khi chuyển thành CO₂ do các tiến trình khí quyển tự nhiên. Khi đun nấu lò củi không cải tiến, khí carbon monoxide sẽ phát thải ra không khí nhiều hơn 10-15% lượng phát thải CO₂, nếu đốt bằng than cây hoặc than đá, lượng CO còn cao hơn nữa. Khí CO có khả năng gây hiện tượng nóng lên toàn cầu cao gấp 3 lần so với CO₂.

1.2.2.2 Khí metan (CH₄)

Metan (*methane*), công thức hóa học là CH₄, là một khí hydrocarbon, có đặc điểm không màu, không mùi, dễ bị đốt cháy và gây nổ. Metan bị đốt cháy sẽ sản sinh ra khí carbon dioxide và hơi nước. Khí metan hình thành chủ yếu từ sự phân hủy yếm khí các chất hữu cơ, các xác bã thực và động vật, sự lên men đường ruột của các loài động vật móng guốc. Các hoạt động nhiều khí metan gồm canh tác nông nghiệp, chăn nuôi, các bãi rác thải và sự phân hủy tự nhiên thực vật đầm lầy. Tổng số khối lượng phát thải khí metan trên toàn cầu ước tính vào khoảng 30 – 50 tỉ tấn hằng năm, tương đương khoảng 750 – 1.250 tỉ tấn CO₂ (Soyez and Graßl, 2008). Các cánh đồng lúa là một trong những nguồn phát thải metan đáng kể, quá trình phát sinh khí metan qua ruộng lúa có thể minh họa qua hình 1.7. Sự phát thải khí metan còn được gọi là hệ thống ướt vì khoảng 75% khí metan sản sinh trên thế giới hiện nay từ quá trình sản xuất lúa.

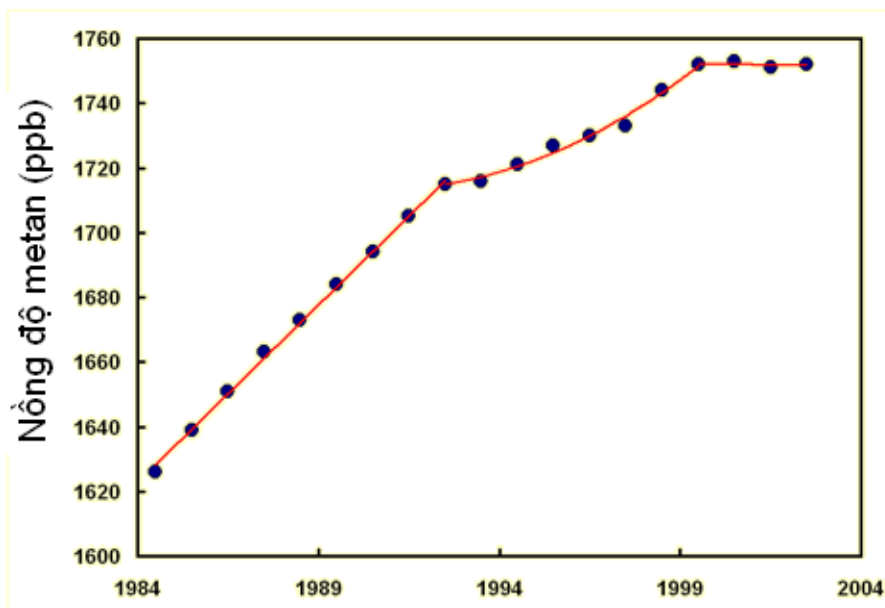


Hình 1.7: Quan hệ giữa khí hậu, cây lúa và đất trong tiến trình phát thải metan.

(Vẽ lại từ nguồn: Sass and Cicerone, 2002)

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Khí metan cũng bị rò rỉ từ trong lòng địa quyển ra khí quyển qua các hoạt động khai khoáng hoặc chế biến khoáng sản (than đá, dầu khí). Metan được xem là khí gây hiệu ứng nhà kính quan trọng thứ hai, khoảng một nửa khí metan hiện diện trong bầu khí quyển là do các hoạt động của con người gây ra. Mật độ của nó đã tăng khoảng 150% từ năm 1750 và đến năm 1998, mật độ trung bình của metan trên bề mặt Trái Đất khoảng 1745 ppb (phần tỷ). Theo quan sát của Dlugokencky và các cộng sự (2003), từ năm 1985 đến năm 2000 nồng độ khí metan trong không khí gia tăng liên tục nhưng trong khoảng vài năm sau đó, sự gia tăng này dường như diễn ra chậm lại (Hình 1.8). Theo báo cáo của NOAA (2008), nồng độ metan trong khí quyển đã đạt đến mức 1800 ppb vào năm 2008.



Hình 1.8: Diễn biến gia tăng nồng độ khí metan trong khí quyển thời gian gần đây
(Nguồn: Dlugokencky et al., 2003)

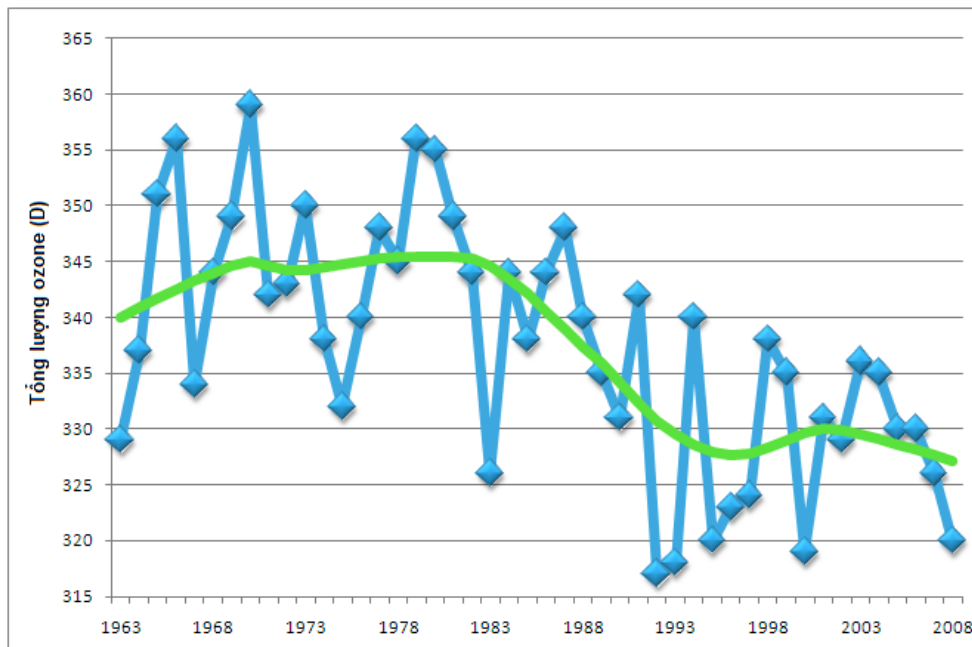
1.2.2.3 Khí ozone (O_3)

Ozone còn có tên gọi là *Trioxxygen* do nó có công thức hoá học là 3 nguyên tử oxygen kết hợp. O_3 là chất khí có tính oxy hoá mạnh, có độ ổn định kém hơn khí O_2 , trong điều kiện mật độ cao ozone dễ chuyển thành oxygen ($2O_3 \rightarrow 3O_2$). Vai trò của ozone phụ thuộc vào độ cao. Ozone hiện diện ở tầng thấp của bầu khí quyển (tầng đối lưu) có tác dụng làm nguy hại cho sinh vật, ozone nhân tạo được sử dụng làm chất khử trùng, diệt khuẩn. Tuy nhiên, sự hiện diện càng nhiều ở tầng cao của bầu khí quyển (tầng bình lưu) là tạo ra một lớp chắn có lợi, ngăn cản các tia tử ngoại từ bức xạ mặt trời xuống Trái đất. Ở tầng đối lưu, ozone là loại khí gây hiệu ứng nhà kính đáng kể, chỉ sau CO_2 và CH_4 . Cũng như nhiều chất khí gây hiệu ứng nhà kính khác, ozone có thể hình thành do những nguyên nhân tự nhiên hay nguyên nhân nhân tạo. Trong tự nhiên, O_3 có thể sản sinh do hoạt động bức xạ điện từ trường năng lượng cao, hoặc hình thành từ các tia sấm chớp ở các trận mưa dông, ở các khu rừng thông, quá trình oxy hoá nhựa thông cũng tạo ra khí ozone. Con người cũng tạo ra khí ozone từ các thiết bị điện, điện tử như mô-tơ điện, máy nâng thủy lực, động cơ xe cộ, máy phát điện, máy phát vô tuyến truyền hình, máy photocopy,...

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Hình 1.9 cho thấy sự thay đổi thành phần khí ozone từ số liệu đo lường tại Đài Quan trắc Địa vật lý của Viện Vật lý Địa cầu của Viện Hàn lâm Khoa học Ba Lan Belsk. Theo quan sát của các nhà khoa học tại Ba Lan, từ đầu thập niên 1980, tầng ozone suy giảm đáng kể, ngoại trừ các khu vực nhiệt đới. Ở Bắc bán cầu vào năm 2008 nếu so sánh với giá trị trung bình từ thời kỳ 1964-1979, mức trung bình của tổng lượng ozone thấp hơn 3,2% (tối đa 5% - trong mùa đông, tối thiểu 2,5% vào mùa hè). Ở Nam bán cầu, trong vùng vĩ độ trung bình, tổng lượng ozone năm 2008 thấp hơn 7% (tối đa 7,7% - trong mùa hè, tối thiểu 6,4% vào mùa thu) (CIEP, 2010).

Đơn vị đo sự thay đổi tầng ozone ký hiệu là D (Dobson). D được lấy từ tên nhà khoa học tiên phong về nghiên cứu ozone là Gordon Miller Bourne Dobson (1889 – 1976). Một Dobson (D) tương đương chiều dày 0.01 millimet của cột khí ozone trong khí quyển.



Hình 1.9: Thay đổi lượng ozone trong không khí trung bình năm tại Belsk từ 1964 - 2008

(Nguồn: CIEP, 2010)

1.2.2.4 Khí nitrous oxide (N₂O)

Nitrous oxide là một phức hợp hóa học với công thức là N₂O. Trong điều kiện bình thường, N₂O là một khí không màu, không gây cháy, có mùi dễ chịu. Nitrous oxide sản sinh từ nguồn gốc tự nhiên và từ nhân tạo. Nguồn thải nitrous oxide chủ yếu hiện nay từ sử dụng phân bón hóa học cho nông nghiệp, do đốt các nhiên liệu hóa thạch, phân giải các hợp chất hữu cơ, sản xuất các chất nylon, đốt sinh khối, phá rừng, ... Sản xuất lúa chiếm gần 20% của mức tiêu thụ phân bón N toàn cầu (Wassmann and Dobermann, 2006).

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

N_2O là loại khí tham gia khoảng 6% thành phần gây hiệu ứng nhà kính trong khí quyển. N_2O cũng được xem là chất khí làm suy giảm tầng Ozon. Theo Cục Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ, US.EPA (2006), hoạt động của con người đóng góp khoảng 30% lượng metan trong khí quyển, còn lại 70% là từ sự rò rỉ ở các lớp thổ nhưỡng và đại dương. Theo kết quả công bố bản Báo cáo Đánh giá thứ hai của IPCC (1996) về Tiềm năng Nóng lên Toàn cầu, khí nitrous oxide N_2O có khả năng giữ nhiệt trong khí quyển gấp 310 lần nếu so sánh với khí carbon dioxide CO_2 trong thời đoạn 100 năm. Sản xuất nông nghiệp nhằm tạo ra một lượng lớn lương thực cho con người nhưng sự gia tăng hoạt động này trong 10 thế kỷ vừa qua đã thải ra khí quyển một lượng N_2O ngày càng gia tăng (Hình 1.10). Trong hoạt động sản xuất nông nghiệp, lượng phát thải từ khí CH_4 và N_2O là đáng kể. Nếu lấy năm 1990 làm chuẩn thì đến năm 2020, phần trăm lượng phát thải hai loại khí này sẽ gia tăng theo phỏng đoán của US-EPA (1996) từ hai nhóm các nước đang phát triển và các nước phát triển cho như hình 1.11.

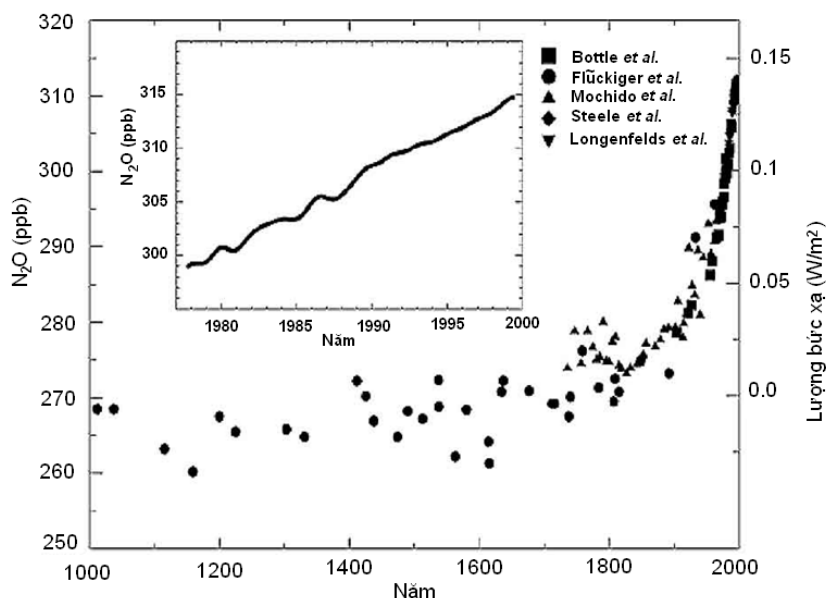
Tiềm năng Nóng lên Toàn cầu (Global Warming Potential – GWP) của một chất khí nhà kính nào đó được định nghĩa là tỉ số đo khả năng bẫy nhiệt của một đơn vị khối lượng của chất khí đó với một đơn vị khối lượng khí CO_2 trong cùng một thời đoạn năm so sánh (ngắn có thể là 20 năm, thông thường là 100 năm hoặc dài hơn đến 500 năm).

Bảng 1.1: So sánh GWP của một số khí nhà kính

Khí nhà kính	Thời gian (năm)		
	20	100	500
CO_2	1	1	1
CH_4	62	23	7
N_2O	275	296	156
CFC-12	7900	8500	4200
HCFC-22	4300	1700	520

(Nguồn:

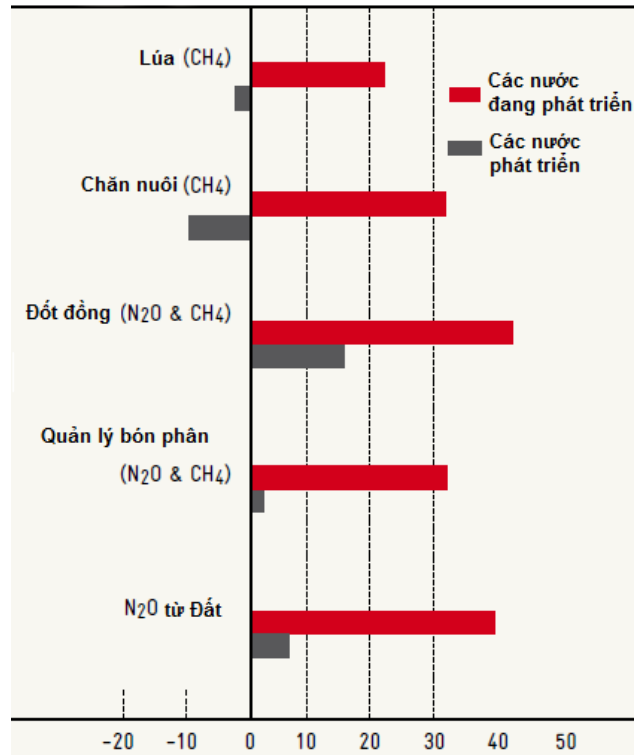
http://www.ace.mmu.ac.uk/eae/Global_warming/older/GWPs.htm)



Hình 1.10: Mức thải N_2O do các hoạt động nông nghiệp ở thiên niên kỷ vừa qua
(Nguồn: Martin Radcliffe, 2005)²

² <http://www.craigsams.com/pages/martinradcliffe.html>

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA



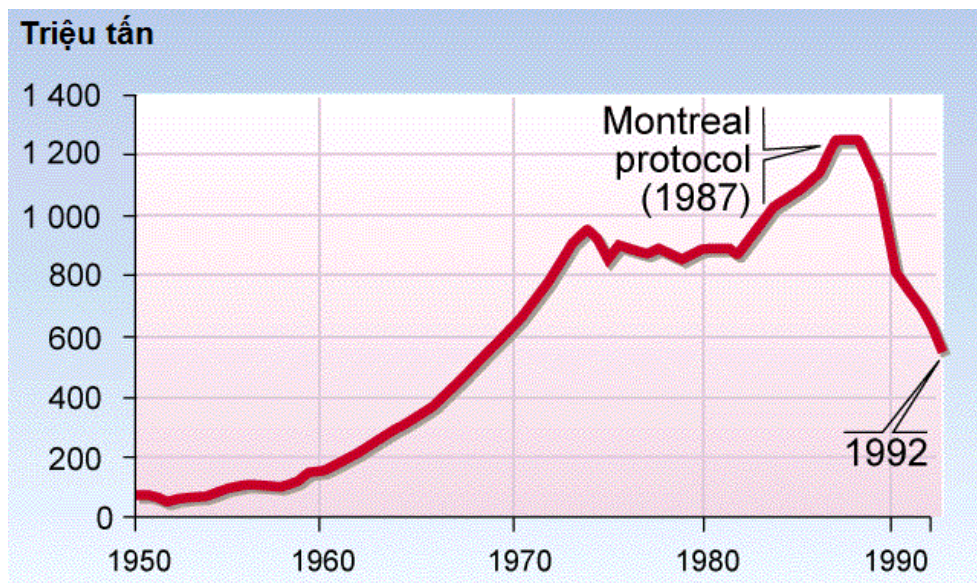
Hình 1.11: Mức thải CH₄ và N₂O do hoạt động nông nghiệp năm 2020 so với 1990
(Nguồn: US-EPA, 2006, trình bày bởi Rosegrant et al., 2008)

1.2.2.5 Khí Chlorofluorocarbons (CFCs)

Các hoạt động của con người trong công nghiệp làm lạnh, tủ lạnh, máy điều hoà không khí, làm hoá chất xịt tẩy rửa, bình xịt nước hoa, bình xịt thuốc sâu và các linh kiện điện tử, ... đã tạo nên những hoá chất bay hơi, chủ yếu là các loại khí CFCs (chlorofluorocarbons). CFC là một phức hợp hữu cơ gồm carbon, chlorine và fluorine, tạo ra một chất dễ bay hơi dạng methane and ethane. Khi khí CFC có chứa thêm hydrogen, nó trở thành hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) như là một hợp chất phụ của CFCs. Các khí CFC làm phá huỷ khí ozone ở tầng bình lưu, có thể làm mỏng lớp khí ozone gây nguy hại cho sinh vật, đặc biệt làm gia tăng chứng bệnh ung thư da, gây đục thủy tinh thể và phá huỷ hệ miễn dịch đối với người. Khi lượng khí ozone giảm 1% thì lượng bức xạ tia tử ngoại hay tia cực tím (UltraViolet - UV) tăng 1,3%. Lưu ý rằng, khi lớp ozone ở tầng bình lưu bị mỏng đi sẽ làm giảm nhiệt độ bầu khí quyển.

Khí CFCs được con người tạo ra từ thập niên 1930. Nước Mỹ đã chính thức cấm sử dụng thiết bị xịt nước hoa, hoặc bình phun thuốc sâu tạo ra khí CFC từ năm 1978. Theo Nghị định thư Montreal, toàn thế giới sẽ ngưng sản xuất các chất CFCs vào năm 2010. Thực tế, mục tiêu này vẫn chưa đạt được trên toàn cầu mặt dầu hiện nay, mặc dầu nồng độ chất khí CFCs đang có xu hướng giảm đi (Hình 1.12).

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA



Hình 1.12: Quá trình phát thải khí CFCs trên toàn cầu từ 1950 đến 1992

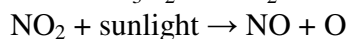
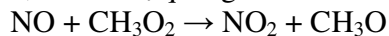
(Nguồn: UNEP, 1996)

1.2.2.6 Khí Oxides of Nitrogen (NO_x)

NO_x là tên gọi chung cho một thể khí bao gồm oxygen và nitrogen hoặc nhiều nitrogen oxides (NO) sản sinh từ quá trình đốt cháy do nhiệt độ cao đủ lớn để có thể thiêu đốt nitrogen trong không khí. NO_x có thể hiện diện trong các dạng phức chất:

- Nitric oxide (NO), nitrogen (II) oxide
- Nitrogen dioxide (NO₂), nitrogen (IV) oxide
- Nitrous oxide (N₂O), nitrogen (I) oxide
- Nitrosylazide (N₄O), nitrogen (I) oxide + diatomic nitrogen
- Nitrate radical (NO₃), nitrogen (VI) oxide
- Dinitrogen trioxide (N₂O₃), nitrogen (II,IV) oxide
- Dinitrogen tetroxide (N₂O₄), nitrogen (IV) oxide
- Dinitrogen pentoxide (N₂O₅), nitrogen (V) oxide
- Trinitramide (N(NO₂)₃)

NO_x ảnh hưởng đến hoá tính khí quyển theo những cách phức tạp, bao gồm sự tương tác với các ion gốc -OH và đóng góp vào quá trình hoá học tạo ozone. Ở vùng đối lưu của khí quyển, vào ban ngày, khí NO phản ứng với các hình thái hữu cơ oxit hoá (CH₃O₂) tạo nên NO₂, sau đó bị quang hoá do ánh sáng mặt trời hình thành NO theo chuỗi phản ứng sau:



Nguyên tử oxygen hình thành từ phản ứng thứ hai sẽ kết hợp với nhau thành khí ozone, có tác dụng lên hiệu ứng nhà kính và gây nên hiện tượng nóng lên toàn cầu. NO_x là một tiền chất ozone và khí chất này hoà tan trong hơi ẩm không khí có thể gây những đám khí ozone gần mặt đất, lẫn trong sương mù, tạo nên những trận mưa acid, làm suy giảm chất lượng nước và gây nên sự bất lợi cho sinh vật.

1.2.2.7 Hơi nước (H₂O)

Hơi nước luôn luôn hiện diện trong khí quyển do hiện tượng bốc hơi từ mặt thoáng mặt nước hoặc thoát hơi từ tế bào sinh vật. Mật độ hơi nước chỉ tồn tại trong không khí khoảng vài ngày và có chỉ số GWP thấp nhưng hơi nước lúc nào cũng có nhiều trong không khí. Hơi nước là loại khí giữ nhiệt trong khí quyển phổ biến nhất. Trường hợp khí bầu trời trong xanh, hơi nước đóng góp 60%, khí carbon dioxide (CO₂) góp 26% của tổng bức xạ vào khí quyển, phần còn lại là các loại khí khác và các hạt bụi li ti trong không khí góp phần. Điều này cho thấy hơi nước, chủ yếu ở dạng các đám mây, cũng là một trong các tác nhân lớn góp phần gây hiện tượng nóng lên ở Trái đất.

1.2.2.8 Chất hạt (PM)

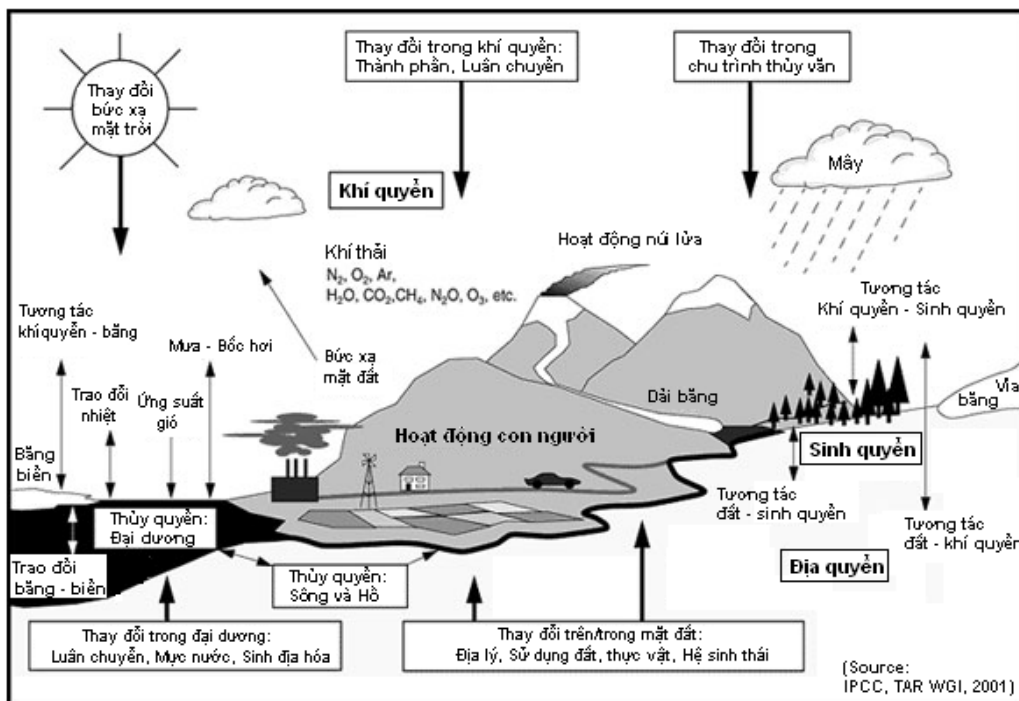
Chất hạt (*Particulate Matter* - PM) có kích thước rất nhỏ do các phần tử rắn và lỏng kết dính lơ lửng trong bầu khí quyển. Các chất hạt chứa nhiều mầm bệnh tác động đến sức khỏe người và động vật khác như mầm bệnh hen suyễn, khói gây ung thư phổi, bệnh tim mạch, chết yểu. Các chất hạt hấp thụ và phân tán bức xạ mặt trời, góp phần gây nên tình trạng nóng lên toàn cầu.

1.3 Quá trình hình thành khí hậu

Sự hình thành khí hậu trên Trái đất là một quá trình phức tạp và thay đổi không ngừng. Sự cân bằng tinh trong hệ thống khí hậu chỉ ở dạng phiếm định, tồn tại trong thời gian rất ngắn và ở một phạm vi không gian hẹp. Quá trình này có thể là do nguyên nhân bên ngoài cũng như nguyên nhân bên trong nhưng không hề có sự phân biệt tuyệt đối giữa quá trình bên trong hay bên ngoài. Quá trình bên ngoài và bên trong này tác động và bổ sung lẫn nhau theo thời gian. Các quá trình bên ngoài có thể kể đến như phát xạ liên tục và đều đặn đến từ mặt trời hay phát xạ đột ngột và rời rạc như hoạt động bất thường của núi lửa qua hoạt động phun trào nham thạch nóng bỏng từ bên trong lòng vỏ trái đất. Các quá trình phát xạ nhiệt bên trong thì khá phức tạp và khó đo đạc hơn như quá trình trao đổi năng lượng và chuyển hóa khối lượng của các thành phần của hệ thống khí hậu qua lại khí quyển – thủy quyển – địa quyển – sinh quyển (Hình 1.13).

Sự hình thành hệ thống khí hậu có thể phân ra thành hệ thống khí hậu thay đổi nhanh và hệ thống khí hậu thay đổi chậm (Gordon, 1991). Hệ thống khí hậu thay đổi nhanh chủ yếu từ sự tương tác giữa khí quyển và thủy quyển, trong đó chuyển động gió và dòng chảy mặt thoáng đại dương đóng vai trò rất quan trọng, ngoài ra còn phải kể thêm sự thay đổi trên mặt đất. Hệ thống khí hậu thay đổi chậm liên quan đến sự trao đổi nước lớp trên và lớp dưới của đại dương cũng như các khối băng hà trên bề mặt. Sự biến động mực nước biển và trao đổi nhiệt trong các đại dương và biển có thể xảy ra trong những thời đoạn ngắn như thay đổi theo mùa (mùa hè – mùa đông hoặc mùa mưa – mùa khô) như một quá trình bên ngoài hình thành khí hậu khu vực. Tuy nhiên, khi xét đến một giai đoạn thời gian dài hơn như vài chục năm hoặc vài thế kỷ thì như một quá trình bên trong của quá trình hình thành khí hậu trái đất (như chu kỳ hiện tượng El Nino – La Nina hoặc kỷ băng hà hoặc thời kỳ biến tiến – biến lùi,...).

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA



Hình 1.13: Các thành phần và tương tác trong hệ thống khí hậu toàn cầu

(Nguồn: IPCC, 2001)

Đại dương và biển có một vai trò rất lớn trong sự hình thành khí hậu, đặc biệt đại dương chứa lượng CO_2 gấp 50 lần so với khí quyển nên có vai trò điều chỉnh nồng độ CO_2 trong khí quyển. CO_2 trong khí quyển có thể nhanh chóng được đại dương hấp thụ hoặc phóng thích. Ở các nơi có vĩ độ cao của những vùng biển ôn đới hoặc hàn đới, chênh lệch nhiệt độ trong khối nước đại dương thường rất lớn, khối nước mặt tiếp xúc với không khí lạnh sẽ có khối lượng riêng lớn, lớn nhất ở nhiệt độ 4°C . Khối nước lạnh này sẽ chìm xuống đáy đại dương và đẩy khối nước có nhiệt độ cao hơn ở bên dưới lên trên cao tạo nên sự trao đổi nhiệt trong lòng đại dương và khối không khí gần mặt nước. Chính sự trao đổi và cân bằng nhiệt trong thủy quyển làm chậm quá trình thay đổi khí hậu trên quy mô toàn cầu và ngược lại hiện tượng nóng lên toàn cầu cũng ảnh hưởng trở lại cân bằng nhiệt trong thủy quyển, chủ yếu xảy ra trong đại dương và biển. Ngoài ra, các tương tác và thay đổi của các thành phần của hệ sinh thái và cấu trúc đất đá cũng như các hoạt động của con người đều góp phần làm ảnh hưởng hình thành hệ thống khí hậu khu vực hoặc toàn cầu.

1.3.1 Lịch sử thay đổi khí hậu toàn cầu

Nhiều bằng chứng khoa học cho thấy khí hậu toàn cầu đã có những giai đoạn thay đổi mạnh mẽ trong quá trình lịch sử hình thành và phát triển sự sống từ thời cổ đại trên trái đất đến nay. Mặc dầu các ghi chép và đo đạc diễn biến về thời tiết chỉ mới có vào giữa thế kỷ thứ 19 đến nay so với chiều dài hàng nghìn năm lịch sử của con người nhưng ngành khoa học cổ khí hậu học (*Paleoclimatology*) và cổ khí tượng học (*Paleometeorology*) đã có những phát kiến mới giúp nhân loại có cơ hội nhìn lại những diễn biến của khí hậu trên trái đất trong quá khứ, kể cả từ lúc lịch sử loài người chưa xuất hiện. Hai tác phẩm của nhóm Leinen and

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Sarnthein (1989) và Flohn (1980) về lãnh vực này được xem là tài liệu kinh điển về bức tranh mô tả lịch sử khí hậu trái đất.

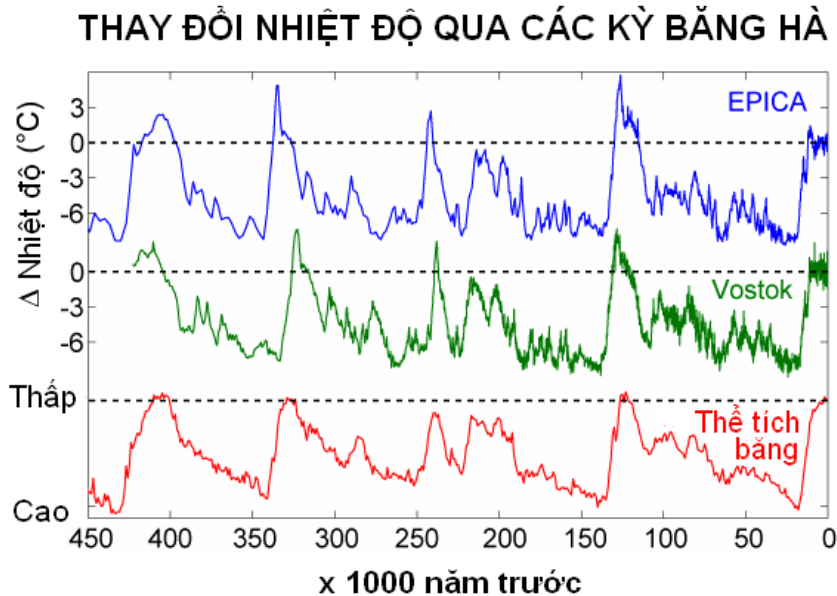
Hai đối tượng để khảo cứu diễn biến của khí hậu trong quá khứ của ngành cổ khí hậu học là nghiên cứu các thông tin của đối tượng sinh vật và đối tượng không thuộc sinh vật. Các thông tin này được các mô hình máy tính phân tích các quá trình để cho một chuỗi kết quả khí hậu trong quá khứ. Đối tượng sinh vật như là các vòng tròn vân cây qua mặt cắt ngang một cây cổ thụ bị chôn vùi trong lớp bùn hoặc đá hóa thạch, dùng kính hiển vi để đếm số phần hoa thực vật còn lưu lại trong các lớp trầm tích, đo vòng sinh trưởng của các răng san hô cổ, hoặc các dấu vết còn lại của loài khủng long đã tuyệt chủng, phân tích đồng vị carbon các mẫu vật sinh vật trầm tích dưới đáy đại dương,... để suy diễn sự thay đổi khí hậu. Đối tượng không thuộc về sinh vật như dấu vết trầm tích hoặc bọt khí của các lõi băng (*ice cores*) tồn tại hàng trăm ngàn năm ở hai đầu cực.

Năm 2004, các nhà khoa học Châu Âu đã tiến hành Dự án khoan lõi băng ở Antartuca, Nam cực (*European Project for Ice Coring in Antarctica – EPICA*) để phân tích các lượng muối, bụi và một số chất bọt khí đã hé lộ thông tin về lịch sử khí hậu của Trái đất trong suốt 740.000 năm về trước. Kết quả cho biết, Trái đất đã trải qua 8 chu kỳ thay đổi khí hậu, mỗi chu kỳ là một đợt băng hà và một đợt trái đất nóng lên. Trung tâm Dữ liệu Thế giới về Cổ khí hậu của Cơ quan Quản trị Khí quyển và Đại dương (*National Ocean and Atmosphere Administration – NOAA*) của Mỹ

Việc khảo cứu thành phần của tuyết rơi tích lũy trong quá khứ ở các đầu cực và vĩa băng đá đã cung cấp một cơ sở cho việc tái cấu trúc khí hậu thời cổ đại. Tuyết rơi thời cổ bị nén chặt được gọi là tuyết hạt (firn hoặc névé). Tuyết hạt hình thành khi các tinh thể tuyết bị ép chặt, biến dạng và tái kết tinh ở dạng bị nén chặt hơn (Rapp, 2008).

cũng đã tiến hành khoan lõi băng ở Vostok năm 2008. Kết quả nghiên cứu lõi băng ở Antartuca của EPICA và ở Vostok của NOAA đều cho thấy sự tương quan về dữ liệu nhiệt độ Trái đất thời cổ đại như ở Hình 1.14.

Ngoài việc khảo sát các lõi băng, các nhà khoa học còn tiếp cận quá trình thay đổi nhiệt độ trên trái đất liên quan đến các giai đoạn tan băng bằng cách khoan các giải đất sét (*varved clay*) để phân tích quá trình sự tích tụ các dấu vết các nguyên liệu thô hoặc nguyên tố kim loại nặng trầm tích. Nếu mùa đông trên trái đất kéo dài, băng tan ít hơn khiến dòng chảy nhỏ làm các hạt sét mịn lắng tụ nhiều hơn. Ngược lại, mùa hè nóng hơn sẽ làm băng tan nhiều làm dòng chảy sông ngòi mạnh mẽ hơn, quá trình xói mòn mạnh khiến các hạt thô hòa lẫn trong dòng chảy tăng lên, kết quả là vật liệu trầm tích sẽ tích tụ các hạt thô nhiều hơn. Bằng cách đo chiều dày các lớp vật liệu thô – mịn xen kẽ, các nhà khoa học có thể suy đoán thời gian tan băng, mức độ tan băng trong quá khứ.



Hình 1.14: Diễn biến sự thay đổi nhiệt độ Trái đất theo thời gian trong quá khứ
(Nguồn: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ice_Age_Temperature.png)

1.3.2 Nguyên nhân gây biến đổi khí hậu

Xét về chuỗi số liệu và sự kiện lịch sử dài hạn khoảng vài triệu năm cho đến thời hạn ngắn hơn khoảng vài chục năm gần đây, khí hậu trái đất đã có những biến đổi đáng kể, thể hiện qua việc xuất hiện những thay đổi các trị đo thời tiết bất thường và có thể trái với các quy luật diễn biến từ hàng trăm năm trước. Nguyên nhân của các thay đổi này khá phức tạp do nhiều yếu tố tác động qua lại lẫn nhau. Các nguyên nhân này có thể là do:

- (i). yếu tố bên ngoài vũ trụ tác động lên trái đất;
- (ii). yếu tố bên trong từ hoạt động của vỏ trái đất;
- (iii). yếu tố thay đổi thành phần khí quyển chung quanh trái đất.

1.3.2.1 Yếu tố bên ngoài

Yếu tố bên ngoài trái đất hay còn gọi là yếu tố thiên văn, tác động bởi vị trí tương đối của mặt trời và các hành tinh khác lên trái đất. Từ thế kỷ thứ 18 và 19, học thuyết về thời kỳ băng hà (*Theory of Ice Age*) đã xuất hiện và được nhiều khoa học gia Châu Âu nghiên cứu. Lập luận về yếu tố thiên văn ảnh hưởng đến thời kỳ lạnh hơn và nóng hơn trên trái đất ban đầu được nhà toán học người Pháp là Joseph Alphonse Adhemar (1797 – 1862) phát hiện. Trong tác phẩm “*Revolutions of the Sea*” xuất bản 1842, Adhemar cho rằng sự thay đổi quỹ đạo hình ellip của trái đất quanh mặt trời có thể là nguyên nhân làm thay đổi khối lượng băng hà. Trong các thời điểm hạ chí và đông chí, xuân phân và thu phân, góc chiếu của các tia sáng từ mặt trời đến trái đất sẽ bị ảnh hưởng do sự độ lệch trục trái đất so với mặt phẳng hình ellip của quỹ đạo trong những thời đoạn này. Ở Bắc bán cầu, mùa xuân và mùa hạ số giờ trái đất được mặt trời chiếu sáng trong ngày sẽ dài hơn mùa thu và mùa đông khoảng 168 giờ (7 ngày) nên thời tiết ấm áp hơn. Ngược lại, ở Nam bán cầu sẽ lạnh hơn do số giờ trong bóng tối nhiều hơn.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Theo Adhemar (1842), chu trình lặp lại một kỳ điềm xuân phân – thu phân là khoảng 22.000 năm. Bán cầu nào có kỳ mùa đông dài hơn sẽ là kỳ băng hà. Như vậy, mỗi 11.000 năm thời kỳ băng hà sẽ có sự thay đổi theo vị trí bán cầu. Tuy nhiên, Alexander Von Humbolt (1852) không cho rằng số giờ chiếu sáng là yếu tố ảnh hưởng nhiệt độ lên khí quyển mà chính là số năng lượng do băng calories từ mặt trời xuống trái đất mới chính là yếu tố quyết định. Lý thuyết của Adhemar sau đó được James Croll (1968) và Mulutin Milankovitch (1920) tiếp tục bổ sung. Croll khẳng định rằng sự suy giảm hấp thụ lượng bức xạ mặt trời trong mùa đông sẽ dẫn đến sự lũy tích băng tuyết. Khi vị trí trái đất gần mặt trời, mùa đông sẽ ấm hơn và ngược lại, khi vị trí trái đất xa mặt trời trên quỹ đạo, nhiệt độ không khí sẽ xuống thấp hơn bình thường. Khi vùng cực của một bán cầu trở nên lạnh hơn, các luồng gió Mậu dịch (*trade winds*) của bán cầu đó sẽ trở nên mạnh hơn, các dòng nước ấm của vùng xích đạo trong đại dương của bán cầu này sẽ bị đẩy qua phía bán cầu kia làm nhiệt độ bị hạ thấp hơn nữa. Milankovitch đã tính sự biến động của ba yếu tố thiên văn là độ lệch tâm quỹ đạo trái đất (có chu kỳ là 92.000 năm), độ nghiêng của trục trái đất so với mặt phẳng quỹ đạo (có chu kỳ là gần 40.000 năm) và thời kỳ vị trí trái đất gần nhất hoặc xa nhất mặt trời (có chu kỳ là gần 21.000 năm). Kết quả tính toán của Milankovitch tương đối phù hợp với các quá trình băng hà kỷ đệ tứ (*Quaternary*).

1.3.2.2 Yếu tố bên trong

Yếu tố bên trong bao gồm các hoạt động bên trong vỏ Trái đất tạo nên sự phun trào dung nham từ các miệng núi lửa. Khi núi lửa hoạt động sẽ có hàng triệu tấn sulfur dioxide và tro bụi được tung lên bầu khí quyển bao trùm một không gian rộng lớn. Khí sulfuric biến đổi thành các hạt lơ lửng dạng sulfate, trong đó khoảng 75% là sulfuric acid. Các phân tử li ti sulfate này có thể tồn tại ở tầng địa tĩnh của bầu khí quyển khoảng vài ba năm. Sự phun trào tro núi lửa sẽ làm giảm lượng bức xạ mặt trời đến bề mặt Trái đất khiến nhiệt độ ở tầng đối lưu của bầu khí quyển bị giảm thấp và làm thay đổi sự luân chuyển không khí khu vực. Điều này có thể dẫn đến sự tác động ngắn hạn lên khí hậu toàn cầu, gây ảnh hưởng tiêu cực lên sự sống của con người và các sinh vật khác. Ngày 16 tháng 6 năm 1991, núi lửa Pinabuto ở Philippines đã phun ra khoảng 20 triệu tấn sulfur dioxide và tro bụi lên bầu khí quyển tới độ cao 20 - 30 km (McCormick *et al.*, 1995). Một tháng sau đó, núi Hudson ở phía nam Chile cũng phun trào dung nham. Khối khí bụi của cả hai ngọn núi Pinabuto và núi Hudson đã khuếch tán khắp toàn cầu và các quan trắc cho thấy nhiệt độ trung bình của Trái đất đã giảm trong khoảng 0,5 - 1 °C trong thời gian 1-2 năm liền sau đó.

Sự di chuyển các dòng hải lưu qua các đại dương trên trái đất cũng có thể gây nên sự thay đổi khí hậu cục bộ ở các vĩ độ địa lý, làm cán cân phân phối nhiệt độ giữa đất liền và vùng biển trong khu vực thay đổi. Nghiên cứu của Rahmstorf (2006) cho biết sự luân chuyển những dòng hải lưu trong các đại dương đã mang những khối nước có nhiệt độ cao hơn khiến vùng biển phía Bắc Đại Tây Dương ấm lên khoảng 5 °C so với các vùng vịnh các đại dương khác. Sự thay đổi khối nhiệt khổng lồ do chuyển dịch các dòng hải lưu lên phía bắc trái đất có thể tạo nên hiện tượng băng tan đột ngột làm khí hậu thay đổi và nồng độ mặn trong nước biển cũng bị ảnh hưởng.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

1.3.2.3 Yếu tố thành phần khí quyển

Khí quyển chứa nhiều chất khí khác nhau, hơi nước và các hạt rắn lơ lửng có thể ảnh hưởng đến cân năng lượng nhiệt đến và đi từ bức xạ mặt trời đến bề mặt Trái đất. Thành phần khí quyển là yếu tố ít thay đổi, nhất là trong thời đoạn ngắn. Tuy nhiên, sự hoạt động của con người đang tạo ra những gia tăng nồng độ đáng kể sự hiện diện các thành phần khí nhà kính như CO₂, CH₄, O₃, CFCs,... Các nhà khoa học đã chứng minh rằng sự gia tăng thành phần khí nhà kính đã làm nhiệt độ không khí ở tầng đối lưu tăng lên trong các thập kỷ gần đây. Trong 150 năm qua, nồng độ khí CO₂ trong bầu khí quyển đã gia tăng khoảng 30%, từ 280 ppm lên đến 370 ppm. Bảng 1.2 cho thống kê 10 quốc gia trên thế giới mức thải CO₂ cao nhất theo thống kê năm 2007. Đứng đầu hiện nay là Trung Quốc và Mỹ, chiếm hơn 40% tổng lượng thải CO₂ trên toàn thế giới.

Bảng 1.2: Thống kê 10 quốc gia có mức thải CO₂ cao nhất thế giới năm 2008

TT	Quốc gia	Mức thải CO ₂ hằng năm (x 1000 tấn)	Phần trăm (%) trên thế giới
1	Trung Quốc*	6.538.367	22.30
2	Mỹ	5.830.381	19.91
3	Ấn Độ	1.612.362	5.50
4	Nga	1.537.357	5.24
5	Nhật	1.254.543	4.28
6	Đức	787.936	2.69
7	Canada	557.340	1.90
8	Anh	539.617	1.84
9	Hàn Quốc	503.321	1.72
10	Iran	495.987	1.69

(Nguồn: IEA, 2008)

* Số liệu này bao gồm cả lãnh thổ Hồng Kông, Macao và Đài Loan

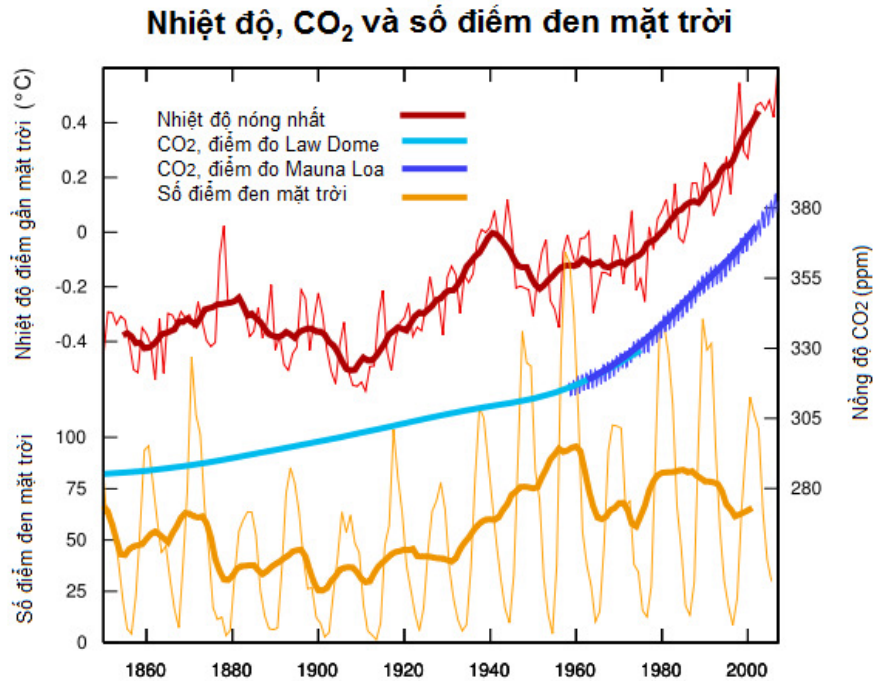
1.3.3 Sự thay đổi khí hậu toàn cầu trong quá khứ

Trong vài thập kỷ trước, ở giai đoạn đầu phát hiện những dấu hiệu có sự thay đổi khí hậu mang tính toàn cầu, nhiều người đã đặt câu hỏi rằng liệu sự nóng lên ở nhiều nơi của trái đất có liên quan gì đến sự thay đổi bức xạ mặt trời hay không. Các nghiên cứu trước thập kỷ 1980 chưa được chứng minh rõ rệt các câu hỏi này. Tuy nhiên qua những năm sau thập kỷ 1990, dựa vào các quan trắc và phân tích các điểm đen ở mặt trời (*sunspots*) nhờ sự hỗ trợ của các kết quả đo khá tin cậy của vệ tinh, các khoa học về thiên văn và khí hậu thấy rằng chu kỳ thay đổi của mặt trời làm gia tăng năng lượng bức xạ chỉ có thể đóng một vai trò nhỏ so với những hoạt động của con người gây phát thải khí nhà kính làm nhiệt độ trung bình trên trái đất tăng lên (Hình 1.14). Theo một thông cáo báo chí của Viện Nghiên cứu Không gian Goddard (GISS), trực thuộc cơ quan NASA, thì “*sự gia tăng năng lượng mặt trời không có khả năng gây ra tăng nhiệt độ đáng kể của trái đất mà chính sự gia tăng khí nhà kính mới thực sự đóng vai trò chi phối*” (GISS, 1999).

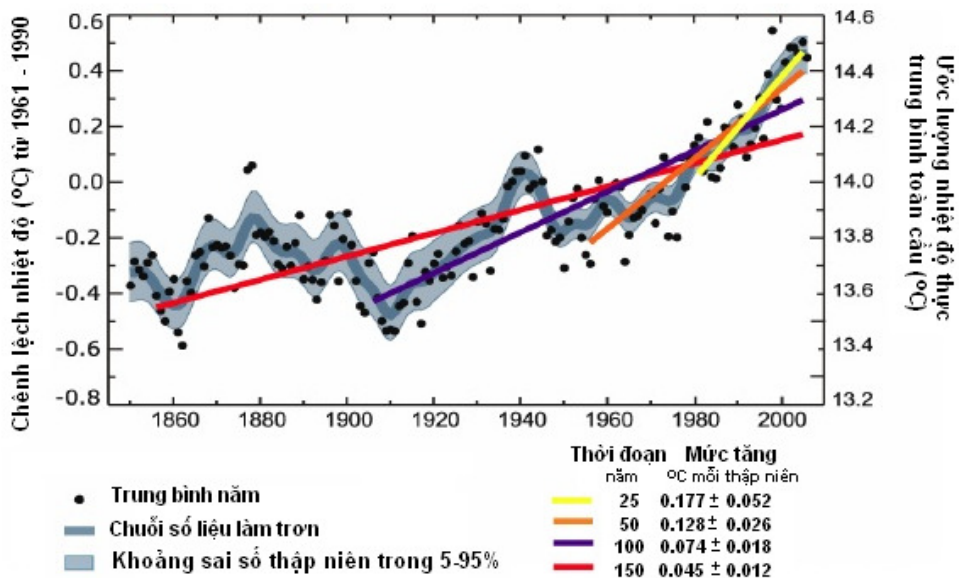
Qua phân tích chuỗi số liệu nhiệt độ thực đo trong suốt hơn một thế kỷ vừa qua, các nhà khoa học (IPCC, 2007) đã chứng minh một cách định lượng rằng nhiệt độ trung bình trên toàn cầu đã gia tăng lên có ý nghĩa. Nhiệt độ trung bình toàn cầu đã gia tăng $0,74 \pm 0,2$ °C

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

trong thời đoạn 100 năm (1906-2005), nhiệt độ trung bình trong 50 năm gần đây tăng gần gấp đôi so với 50 năm trước (xem hình 1.15).



Hình 1.14: Sự thay đổi nhiệt độ nóng nhất, nồng độ CO₂ và số điểm đen mặt trời
(Nguồn: <http://solar-center.stanford.edu/sun-on-earth/glob-warm.html>)

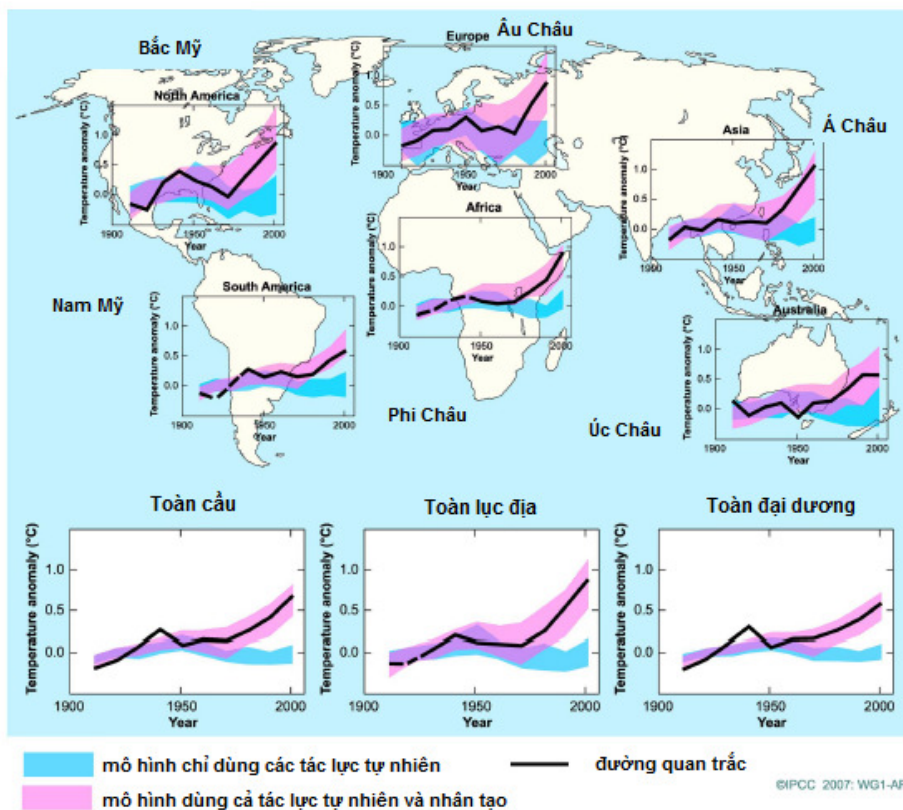


Hình 1.15: Sự thay đổi nhiệt độ trung bình trên trái đất từ 1861 – 2000
(Nguồn: IPCC, 2007^a)

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Trong vài thập niên gần đây nhân loại đã chứng kiến và ghi nhận các biểu hiện bất thường của thời tiết, thiên tai xảy ra cực đoan hơn. Các thống kê nhiều năm từ các nghiên cứu độc lập của nhiều nhà khoa học khắp nơi trên thế giới hơn 30 năm qua đã chứng tỏ khí hậu của trái đất đã có những thay đổi có ý nghĩa. Những biểu hiện chính của biến đổi khí hậu trên toàn cầu trong các thập niên vừa qua có thể chứng minh qua các biểu hiện:

- Nhiệt độ trung bình ghi nhận ở nhiều nơi trên thế giới đều có xu thế gia tăng;
- Lượng mưa thay đổi bất thường, mùa khô ngày càng ít mưa hơn, ngày bắt đầu mùa mưa các vùng gió mùa đến trễ hơn nhưng cuối mùa mưa lại có nhiều trận mưa lớn hơn và số trận mưa cũng thay đổi khác thường;
- Các hiện tượng thời tiết dị thường ngày càng rõ hơn và xuất hiện nhiều hơn. Các trận lũ trên thế giới dữ dội hơn, nhiều nơi băng giá dày hơn vào mùa đông, nhiều trận cháy rừng khốc liệt hơn và nhiều vùng khô hạn kéo dài và mở rộng hơn. Các thiên tai và hiện tượng thời tiết cực đoan (lốc xoáy, sấm sét, bão lũ, sóng biển,...) gia tăng cường độ và vị trí;
- Mực nước biển dâng cao hơn do sự tan băng ở hai đầu cực trái đất và do sự giãn nở vì nhiệt của khối nước từ đại dương và biển.
- Theo công bố khoa học của IPCC (2007), sự gia tăng nhiệt độ trung bình đều được ghi nhận ở khắp châu lục (Hình 1.16), trong đó sự nóng lên do các yếu tố nhân tạo cao hơn sự thay đổi nhiệt độ do các yếu tố tự nhiên.



Hình 1.16: Kết quả phân tích sự thay đổi nhiệt độ toàn cầu trong thế kỷ 20
(Nguồn: IPCC, 2007)

1.4 Phỏng đoán sự thay đổi khí hậu toàn cầu

Năm 1995, IPCC giới thiệu một bộ kịch bản phát thải khí nhà kính của thế giới với tên gọi là IS92, từ chữ viết tắt của “IPCC Scenarios 1992”. IS92 (IPCC Scenarios 1992) sử dụng trong Báo cáo lần thứ 2 của IPCC năm 1995 (IPCC Second Assessment Report). Đến năm 2000, IPCC đã thay thế IS92 bằng một *Báo cáo đặc biệt về Các kịch bản phát thải* (SRES) cho phiên họp Báo cáo lần thứ 3 (TAR – Third Assessment Report) năm 2001. Từ đó, SRES được các nhà khoa học dùng làm cơ sở để phát triển các mô hình toán học nhằm phỏng đoán các diễn biến của khí hậu, chủ yếu là sự thay đổi nhiệt độ cho quy mô toàn cầu và khu vực. Theo SRES, có 4 họ kịch bản dựa vào sự thay đổi của thế giới theo 5 yếu tố khác nhau cùng đồng hành là tốc độ gia tăng dân số, quy mô phát triển kinh tế - xã hội, các ứng dụng kỹ thuật, cách thức sử dụng các nguồn năng lượng và việc canh tác nông nghiệp (liên quan đến sử dụng đất). Theo SRES, có 4 kịch bản gốc được đưa ra:

- **Họ kịch bản A1:** trong tương lai, kinh tế thế giới phát triển rất nhanh, dân số toàn cầu tăng, mức tăng cao nhất đến giữa thế kỷ 21 và sau đó giảm dần. Các công nghệ mới phát triển rất nhanh và đạt hiệu quả cao. Đặc điểm nổi bật của kịch bản này là sự tương đồng phát triển và tăng cường giao lưu văn hóa xã hội giữa các khu vực, sự khác biệt về thu nhập giữa các vùng được thu hẹp lại. Trong họ A1 hình thành 3 nhóm kịch bản phát triển theo công nghệ hệ thống năng lượng:
 - **Kịch bản A1FI** (kịch bản phát thải cao): sử dụng tối đa các nguồn nhiên liệu hóa thạch có thể khai thác được;
 - **Kịch bản A1B** (kịch bản phát thải trung bình): cân bằng giữa các nguồn năng lượng có thể khai thác (gồm các nguồn năng lượng hoá thạch và phi hoá thạch);
 - **Kịch bản A1T** (kịch bản phát thải thấp): tập trung sử dụng các nguồn năng lượng phi hoá thạch (năng lượng tái tạo).
- **Họ kịch bản A2** (kịch bản phát thải cao): thế giới phát triển không đồng bộ, dân số thế giới tiếp tục tăng, kinh tế phát triển có tính chất khu vực, sự giao lưu giữa các vùng miền hạn chế. Các thay đổi về ứng dụng công nghệ và tốc độ phát triển kinh tế theo GDP (*Tổng Sản phẩm Quốc nội*) tăng trưởng chậm và riêng rẽ so với các kịch bản khác.
- **Họ kịch bản B1** (kịch bản phát thải thấp): dân số thế giới tăng cao, đạt mức tối đa vào giữa thế kỷ 21 và giảm dần xuống như họ kịch bản gốc A1, nhưng khác A1 là có sự thay đổi nhanh chóng về cấu trúc kinh tế theo hướng dịch vụ và thông tin, giảm mức tiêu thụ nguyên vật liệu, ứng dụng công nghệ sạch và sử dụng hiệu quả nguồn tài nguyên, và có giải pháp phát triển bền vững kinh tế, xã hội và môi trường ở quy mô toàn cầu.
- **Họ kịch bản B2** (kịch bản phát thải trung bình): mô tả một thế giới tập trung vào các giải pháp địa phương về bền vững kinh tế, xã, hội và môi trường. Dân số thế giới vẫn gia tăng một cách liên tục nhưng thấp hơn A2, tốc độ phát triển kinh tế trung bình, ứng dụng công nghệ chuyển đổi chậm và không đồng bộ như kịch bản B1 và A1. Kịch bản B2 tập trung bảo vệ môi trường và công bằng xã hội ở quy mô địa phương và khu vực.

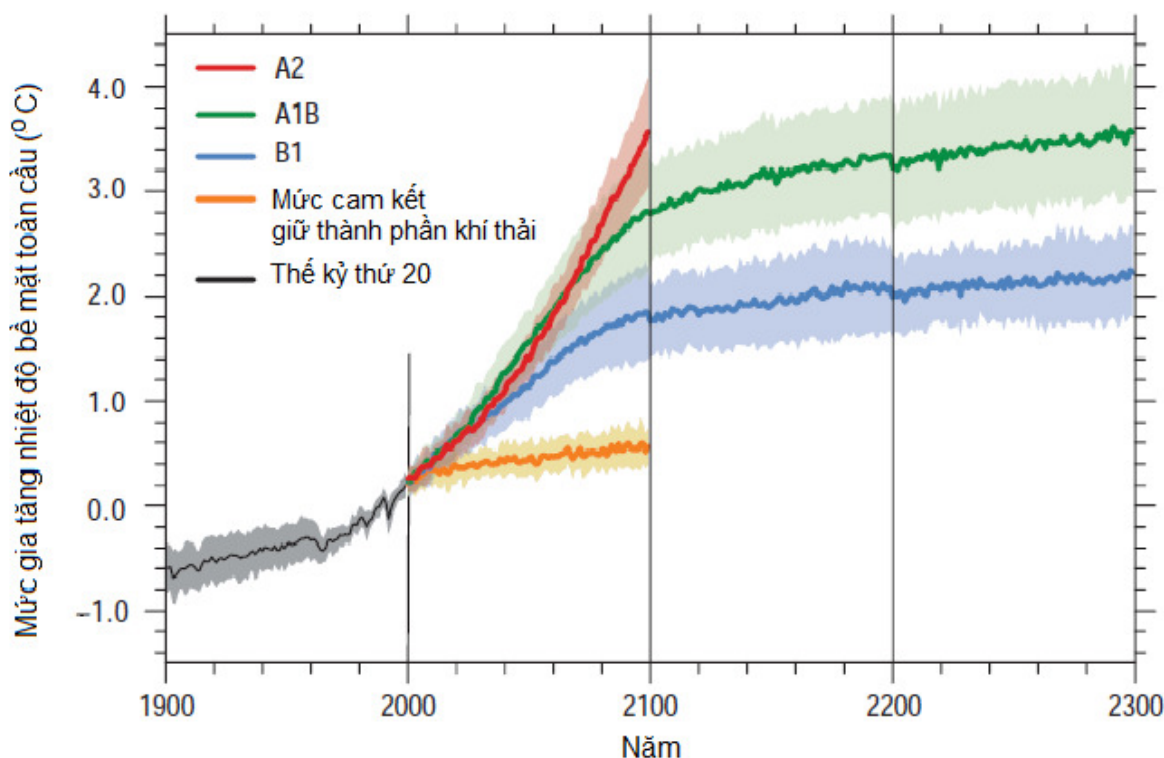
Hình 1.17 là kết quả phỏng đoán sự thay đổi nhiệt độ bề mặt toàn cầu của các mô hình Luân chuyển Tổng quát (GCM) dựa vào các kịch bản SRES của IPCC. Theo đó, đến

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

năm 2050 cả ba kịch bản A1B, A2 và B1 cho sự gia tăng nhiệt độ bề mặt toàn cầu trung bình vào xấp xỉ khoảng 1°C so với nền nhiệt độ của thế kỷ 20. Sau thập niên 2050, sự gia tăng nhiệt độ trung bình giữa các kịch bản mới thấy sự khác biệt có ý nghĩa, trong đó kịch bản A2 cho sự gia tăng nhiệt độ bề mặt lớn nhất, lên đến 3.5 °C vào cuối thế kỷ thứ 21.

Trong các mô hình phỏng đoán khí hậu, có 3 yếu tố không chắc chắn (uncertainty) có thể làm ảnh hưởng đến kết quả của mô hình: không chắc chắn về số lượng, không chắc chắn về cấu trúc mô hình và không chắc chắn từ bất đồng giữa các chuyên gia mô phỏng về giá trị của số lượng hoặc chức năng của mô hình (Morgan và Henrion, 1990).

Theo Funtowicz và Ravetz (1990), có 3 nguồn gốc tạo nên sự không chắc chắn khi áp dụng mô hình: (i) dữ liệu không chắc chắn là đúng và đủ; (ii) mô hình không chắc chắn là thể hiện đầy đủ các tính chất tự nhiên của sự việc; và (iii) kiến thức người lập mô hình không chắc chắn là thật sự hiểu hết vấn đề.



Hình 1.17: Phỏng đoán mức gia tăng nhiệt độ bề mặt toàn cầu sau năm 2000
(Nguồn: IPCC, 2007)

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Bảng 1.4: Sự thay đổi khí hậu toàn cầu theo các GCM và kịch bản SRES, 2000–2050

Các mô hình luân chuyển tổng quát GCM	Kịch bản SRES	Thay đổi giữa năm 2000 và 2050 theo trung bình năm			
		Lượng mưa (%)	Lượng mưa (mm)	Nhiệt độ tối thiểu (°C)	Nhiệt độ tối đa (°C)
CSIRO	B1	0.0	0.1	1.2	1.0
CSIRO	A1B	0.7	4.8	1.6	1.4
CSIRO	A2	0.9	6.5	1.9	1.8
ECH	B1	1.6	11.6	2.1	1.9
CNR	B1	1.9	14.0	1.9	1.7
ECH	A2	2.1	15.0	2.4	2.2
CNR	A2	2.7	19.5	2.5	2.2
ECH	A1B	3.2	23.4	2.7	2.5
MIROC	A2	3.2	23.4	2.8	2.6
CNR	A1B	3.3	23.8	2.6	2.3
MIROC	B1	3.6	25.7	2.4	2.3
MIROC	A1B	4.7	33.8	3.0	2.8
Trung bình chung các mô hình					
	A1B	1.51		1.75	
	A2	1.33		1.65	
	B1	1.65		1.29	

(Nguồn: *Gerald et al., 2010*)

Chương 2. ẢNH HƯỞNG THỜI TIẾT LÊN CÂY LÚA

2.1 Tổng quan về cây lúa

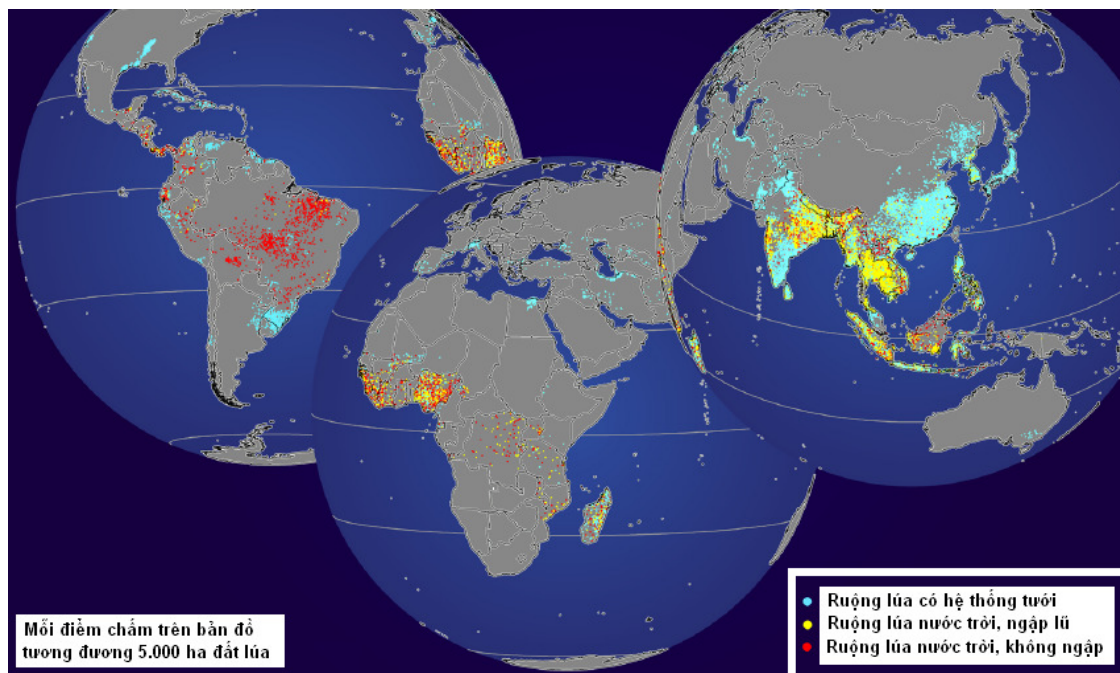
Lúa là cây lương thực chính của hơn 40% dân số trên thế giới, đặc biệt là ở châu Á. Phụ lục 1 là tóm tắt một số dữ kiện về cây lúa. Hơn 90% người dân ở đây sản xuất và tiêu thụ lúa như là thức ăn chính hàng ngày. Thậm chí, nhiều quốc gia ở vùng Đông Nam Á và vùng Đông Á còn được xem là khu vực có nền văn minh lúa nước. Canh tác cây lúa nước đã có cách đây khoảng 10.000 năm nay, tập trung chủ yếu ở các quốc gia vùng Đông Nam Á (De Datta, 1981, Wilhelm Solheim, 1994). Một số hình vẽ xưa cũng cho thấy cảnh nông dân trồng lúa dưới ảnh hưởng của thời tiết, ví dụ như ở hình 2.1.

Theo tài liệu công bố của FAO (<http://faostat.fao.org>), lúa được canh tác trên 150 triệu ha trong hơn 117 quốc gia trên thế giới (Hình 2.2). Gạo cung cấp khoảng 2/3 lượng calori cho người dân Châu Á (IRRI, 1998). Nhu cầu tiêu thụ lúa trên thế giới ngày càng nhiều, hiện đang lên đến hơn 425 triệu tấn (USDA, 2007), dự báo đến năm 2030, nhân loại có thể phải cần đến 800 triệu tấn lúa. Ước đoán đến năm 2050, dân số thế giới có thể đạt đến con số 10 tỷ người, tập trung chủ yếu ở các quốc gia tiêu thụ gạo ở Châu Á và Châu Phi. Hệ quả là nhu cầu sản xuất gạo đang và sẽ tiếp tục gia tăng cao. Thống kê sản lượng gạo trên thế giới và 15 quốc gia canh tác lúa lớn nhất thế giới cho thấy mức gia tăng sản xuất lúa (Hình 2.3 và Bảng 2.1).



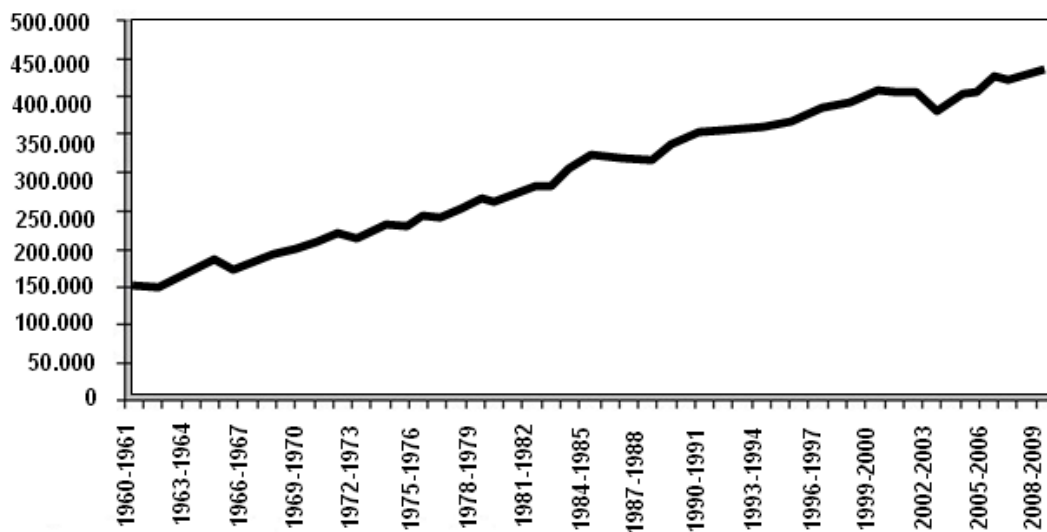
Hình 2.1: Tranh vẽ nông dân Nhật cấy lúa trong mưa của Utagawa Hiroshige (1797–1858)

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA



Hình 2.2: Bản đồ các vùng trồng lúa trên thế giới

(Nguồn: Robert Hijmans, 2007)



Hình 2.3: Sản lượng lúa gạo (x 1000 tấn) trên thế giới từ 1960-2008

(Nguồn: <http://faostat.fao.org>)

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Bảng 2.1: Sản lượng gạo của 15 quốc gia trồng lúa lớn nhất thế giới (2000 - 2008)

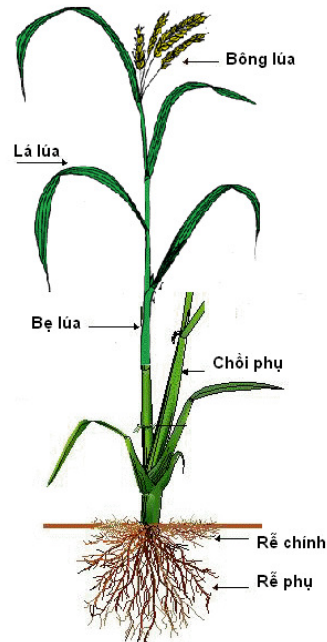
TT Quốc gia	Sản lượng (tấn)				
	2000	2002	2004	2006	2008
1 Trung Quốc	189.814.060	176.342.195	180.522.603	183.276.048	193.354.175
2 Ấn Độ	127.464.896	107.730.300	124.697.100	139.137.000	148.260.000
3 Indonesia	51.898.000	51.489.696	54.088.468	54.454.937	60.251.072
4 Bangladesh	37.627.500	37.593.000	36.235.976	40.773.000	46.905.000
5 Việt Nam	32.529.500	34.447.200	36.148.900	35.849.500	38.725.100
6 Thái Lan	25.844.000	26.057.000	28.538.228	30.924.000	31.650.632
7 Miến Điện	21.323.868	21.805.000	24.751.000	29.641.871	30.500.000
8 Philippines	12.389.400	13.270.653	14.496.784	15.326.706	16.815.548
9 Brazil	11.089.800	10.457.100	13.277.008	11.526.685	12.061.465
10 Nhật Bản	11.863.000	11.111.000	10.912.000	10.695.000	11.028.750
11 Pakistan	7.203.900	6.717.750	7.537.200	81.57.600	10.428.000
12 Hoa Kỳ	8.657.819	9.568.985	10.539.760	8.826.227	9.241.173
13 Ai Cập	6.000.490	6.105.456	6.352.370	6.755.000	7.253.373
14 Hàn Quốc	7.196.582	6.687.225	6.736.925	6.410.950	6.919.250
15 Cambodia	4.026.092	3.822.509	4.170.284	6.264.123	7.175.473

(Nguồn: <http://faostat.fao.org/default.aspx>)

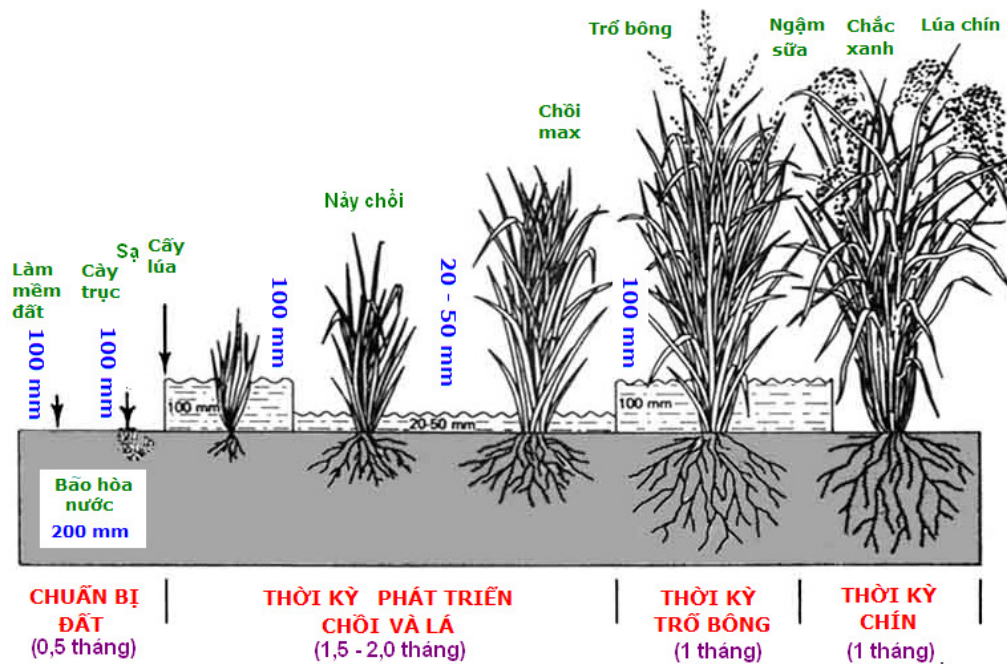
Lúa là một thực vật loại Hoà thảo (Graminae), có tên khoa học để chỉ giống lúa phổ biến vùng Châu Á là *Oryza sativa L.*. Nhiều minh chứng cho rằng cây lúa có nguồn gốc từ Ấn Độ và vùng Đông Nam Á (Sampath and Rao, 1951, Dayler *et al.*, 2005). Các nhà nghiên cứu về lúa đã thống kê được hơn 22 loài *Oryza sativa L* (Oka, 1988). Cây lúa gần như có thể mọc quanh năm ở các quốc gia nhiệt đới vùng gió mùa, nóng. Cây lúa tồn tại ở các vùng đầm lầy, vùng đồng bằng trũng ngập đến vùng đồi núi và cả vùng nhiễm mặn hoặc nhiễm phèn. Lúa được xem là loại cây lương thực ngắn ngày. Đất trồng lúa được xem như vùng đất ngập nước theo định nghĩa của Công ước Ramsar năm 1971. Hạt lúa nảy mầm trong đất ướt hay bằng phương pháp ủ ẩm. Hạt lúa nảy chồi phát triển thành cây và rễ (Hình 2.4). Thân chính của cây lúa có chồi bên được gọi là chồi có khả năng phát triển rễ và phát triển thành cây mới. Tùy theo giống lúa, thời gian canh tác lúa thường từ 3 đến 6 tháng. Ngoài thời kỳ làm đất, cây lúa có 3 thời kỳ tăng trưởng chính: thời kỳ phát triển chồi và lá, thời kỳ trở bông và thời kỳ chín (Hình 2.5).

Hiện nay, có khoảng 963 triệu người trên thế giới đang thiếu lương thực, chủ yếu là gạo. Đến năm 2050, nhân loại phải đối mặt với cuộc khủng hoảng lương thực, với dân số cần thức ăn lên đến 9,2 tỷ người, gấp đôi hiện nay (Nguồn: Mueller, 2009)

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA



Hình 2.4: Các bộ phận chính của một cây lúa trưởng thành



Hình 2.5: Các thời kỳ phát triển của cây lúa ngắn ngày vùng nhiệt đới

- Thời kỳ phát triển:** là giai đoạn tăng trưởng của cây lúa sau khi được sạ trực tiếp hay cấy đến lúc cây lúa đạt số chồi tối đa. Thời kỳ này kéo dài khoảng 1,5 đến 2 tháng, cây lúa hấp thụ dinh dưỡng từ đất và ánh sáng – nước để gia tăng số chồi, lá và nở bụi. Chiều dài rễ lúa cũng gia tăng tương ứng với chiều cao cây. Khi đạt đến số lượng chồi tối đa, cây lúa không nở bụi nữa, các chồi yếu (chồi vô hiệu) rụng dần và

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

cây lúa bắt đầu qua giai đoạn phân hoá dòng. Trong thời kỳ phát triển, nhu cầu nước cho cây lúa gia tăng dần dần theo tổng diện tích lá và chiều cao cây.

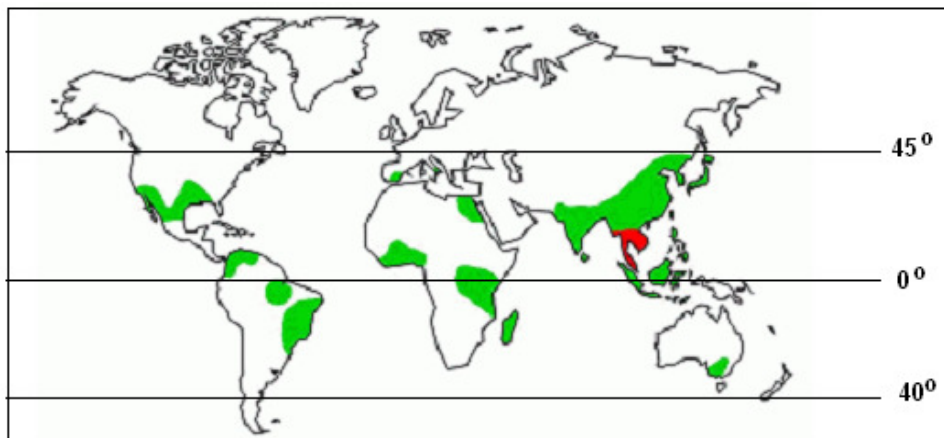
- **Thời kỳ trở bông:** là giai đoạn sinh sản của cây lúa, thời kỳ này kéo dài khoảng 1 tháng. Lúc này cây lúa cao lên do sự xuất hiện đồng lúa, rồi đồng lúa thoát khỏi lớp bẹ của chúng để qua giai đoạn trở bông. Đây là giai đoạn quan trọng và chịu nhiều tác động của yếu tố thời tiết tại thời điểm lúa trở bông. Số bông lúa hình thành nhiều và hạt lúa đạt kích thước lớn khi có đủ điều kiện dinh dưỡng từ đất, mực nước hợp lý, ánh sáng dồi dào, không nhiễm sâu bệnh và không bị các yếu tố thời tiết gây hại như sương mù, mưa nặng hạt, gió mạnh, ... thì cây lúa sẽ hứa hẹn một vụ mùa tốt. Ở thời kỳ cây lúa trở bông, nhu cầu nước cung cấp cho ruộng lúa là cao nhất.
- **Thời kỳ chín:** là giai đoạn từ khi hạt lúa ngậm sữa, rồi chắc xanh và chín. Thời kỳ này kéo dài khoảng 1 tháng. Nếu điều kiện thời tiết không thuận lợi (nhiều mưa, ít nắng) và thiếu lân dư đạm, giai đoạn này có thể kéo dài hơn. Khi bông lúa cong nặng xuống, hạt lúa chuyển sang màu vàng sậm vào khoảng hơn 80% số lượng hạt thì có thể bắt đầu gặt. Trong thời kỳ chín, việc cung cấp nước cho cây lúa giảm đi nhiều và gần như cần rút nước hoàn toàn khi bông lúa “cong trái me” đến khi thu hoạch.

2.2 Sinh thái cây lúa

2.2.1 Phân bố cây lúa

Trong tự nhiên, lúa có thể sống ở giới hạn từ vĩ độ 45° Bắc đến vĩ độ 40° Nam. Phổ biến hơn lúa được canh tác ở dưới vĩ độ 45° Bắc ở vùng Bắc Nhật Bản và vĩ độ 32° Nam của vùng đất Queenlands, Úc (Hình 2.6). Theo Duke (1978, 1979), các báo cáo cho biết cây lúa hiện diện ở các vùng có lượng mưa cực thấp 420 mm đến nơi vùng mưa cao 4.290 mm, các nơi có nhiệt độ trung bình năm từ 8.4 °C (vùng cận ôn đới lạnh) đến 27.8°C (vùng nhiệt đới nóng). Thật sự độ cao không ảnh hưởng nhiều đến năng suất cao của lúa trừ phi ở vị trí độ cao đó có sự biến động về nhiệt độ, bức xạ mặt trời, thời gian giữa ngày và đêm, gió, mưa và các yếu tố khác. Thực tế, lúa có thể mọc ở độ cao 1.500 mét hoặc hơn nữa so với mực nước biển, và năng suất so sánh theo các vị trí độ cao thường không lớn. Giống lúa vùng núi Himalayas có thể mọc ở độ cao 2.400 m so với mực nước biển nhưng năng suất rất thấp. Nơi độ cao lớn thường có nhiệt độ thấp sẽ ảnh hưởng đến sự tăng trưởng và năng suất lúa. Tùy thuộc vào đặc điểm thủy văn nơi trồng lúa, có thể phân ra chừng 79 triệu ha diện tích lúa vùng đất thấp có tưới, 54 triệu ha vùng lúa nước trời, 11 triệu ha vùng lúa ngập lũ và 14 triệu ha lúa vùng cao/ lúa rẫy (Bouman *et al.*, 2007).

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA



Hình 2.6: Các vùng trồng lúa trên thế giới

(Nguồn: Dayler et al., 2005, có bổ sung)

Ghi chú: Phần màu xanh là vùng trồng lúa, màu đỏ là nơi nguồn gốc của cây lúa.

2.2.2 Ảnh hưởng nhiệt độ lên sinh trưởng cây lúa

Nhiệt độ không khí và nhiệt độ nước là yếu tố quan trọng liên quan đến sự tăng trưởng và năng suất của cây lúa. Nhiều nghiên cứu khác nhau về khoảng nhiệt độ tốt nhất cho sự phát triển của cây lúa như kết quả ở Bảng 2.2.

Bảng 2.2: Đáp ứng của cây lúa đối với nhiệt độ ở các giai đoạn sinh trưởng khác nhau

Giai đoạn sinh trưởng	Nhiệt độ (°C)		
	Tối thấp	Tối cao	Tối hảo
Nảy mầm	10	45	20-35
Hình thành cây mạ	12-13	45	25-30
Ra rễ	16	35	25-28
Vươn lá	7-12	45	31
Nở bụi (để nhánh)	9-16	33	25-31
Tượng khối sơ khởi	15	-	-
Phát triển đòng	15-20	38	-
Thụ phấn	22	35	30-33
Chín	12-18	30	20-25

(Nguồn: Yoshida, 1981, trích dẫn bởi Đệ, 2009)

Tùy theo giống lúa, thời vụ, giai đoạn tăng trưởng và sinh lý, mà cây lúa có thể cho những khoảng chịu đựng nhiệt độ không khí và nhiệt độ nước khác nhau. Cây lúa vùng ôn đới quen với điều kiện nhiệt độ thấp trong khi cây lúa vùng nhiệt đới có khả năng chịu đựng nhiệt độ cao tốt hơn. Nếu điều kiện nhiệt độ cực đoan càng kéo dài thì càng bất lợi cho sự tăng trưởng và năng suất của cây lúa. Theo Đệ (2009), giới hạn tốt cho cây lúa là 20 – 30 °C, nhiệt độ càng cao hơn trong khoảng này thì lúa phát triển càng mạnh. Nghiên cứu của Oh-e và các đồng nghiệp (2004) ở Khoa Nông nghiệp, Đại học Okayama, Nhật Bản đã chứng minh rằng khi nhiệt độ gia tăng sẽ ảnh hưởng đến sự tăng trưởng, năng suất và sản lượng vật chất khô cho cả toàn vụ. Thí nghiệm chứng tỏ số lượng nhánh bông lúa sẽ bị giảm khi nhiệt

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

độ gia tăng vượt quá 29 °C. Nhiệt độ không khí gia tăng lên từ 32 – 35 °C sẽ làm tổn hại đến cây lúa (Satake and Yoshida, 1978). Khi nhiệt độ không khí cao hơn 40 °C và thấp hơn 17 °C thì sự tăng trưởng của cây lúa chậm lại rõ rệt, khi trời lạnh dưới 13 °C cây lúa ngừng phát triển, nếu nhiệt độ lạnh này kéo dài liên tục khoảng 1 tuần thì cây lúa sẽ chết (Đệ, 2009). Nhiệt độ tối hảo cho cây lúa mùa hè ở vùng nhiệt đới và bán nhiệt đới phát triển tốt là 24 - 25 °C trong điều kiện có ánh nắng mặt trời đầy đủ (Duke, 1978, 1979).

2.2.2.1 Tổn hại đến cây lúa khi nhiệt độ xuống thấp

Các cây trồng vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới thường bị ảnh hưởng nặng nề khi nhiệt độ xuống khoảng 0 °C đến 12 °C do hiện tượng lạnh giá tạo nên sự thiếu nước trong tế bào thực vật, màng tế bào khi gặp lạnh giá sẽ chuyển từ trạng thái tinh thể lỏng sang dạng gel không linh hoạt (Liên, 2010). Khi nhiệt độ không khí trở nên lạnh (từ 30 °C xuống dưới 15 °C) sự tăng trưởng của cây lúa bị tổn hại. Mức độ tổn hại khi thời tiết lạnh tùy theo giống lúa và giai đoạn sinh trưởng như ở Bảng 2.3.

Bảng 2.3: Biểu hiện tổn hại cho cây lúa khi nhiệt độ xuống thấp

Kỳ tăng trưởng	Biểu hiện tổn hại do nhiệt độ thấp
Trước khi trồng	<ul style="list-style-type: none">• Chuẩn bị đất bị chậm do rét đậm
Làm mạ	<ul style="list-style-type: none">• Nảy mầm kém, tăng trưởng yếu, rễ lúa bị teo, ...• Hạt mầm bị đông kết và không phát triển được do nhiệt độ thấp• Cây chậm do rét
Nảy chồi	<ul style="list-style-type: none">• Chồi và rễ ngưng tăng trưởng sau khi sạ cấy• Lá đổi màu và quăn lại do trời lạnh hoặc gió mạnh• Giảm số chồi và chậm ra chồi non• Ngưng tăng trưởng và kích thước chồi nhỏ
Chồi phát triển – chồi tối đa	<ul style="list-style-type: none">• Không ra chồi mới, chậm tăng trưởng do nhiệt độ thấp• Giảm số đòng• Chậm tăng chiều cao hoặc không tăng do thiếu dinh dưỡng• Lá chuyển qua màu nâu
Trở bông	<ul style="list-style-type: none">• Đòng không khát triển• Không trở bông• Khó hấp thu dinh dưỡng từ đất
Chín	<ul style="list-style-type: none">• Tỷ lệ hạt chắc ít, hạt lép hoặc thiếu màng trấu• Chậm chín do rét• Ngưng chín do sương giá

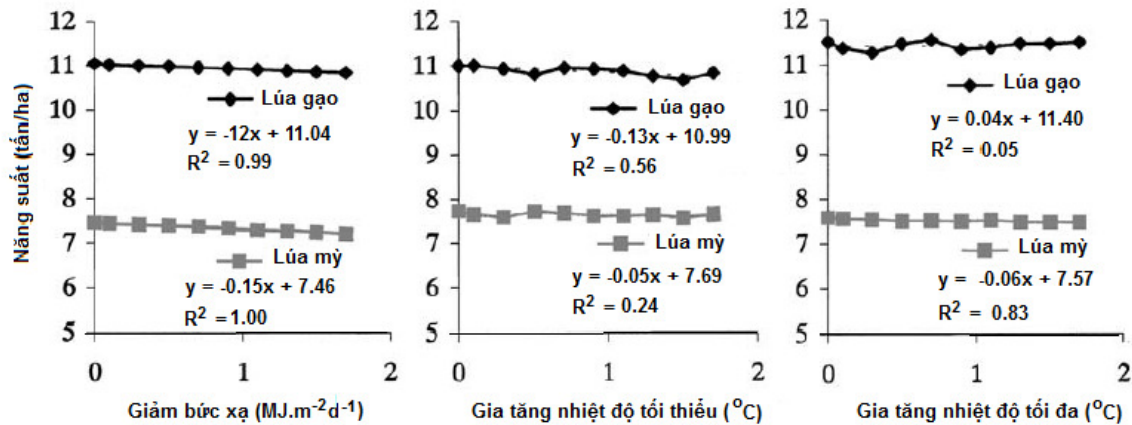
(Nguồn: Nishiyama, 1985)

Các hiện tượng trên chỉ có ở các vùng trồng lúa xứ ôn đới hoặc cận ôn đới như Mỹ, Châu Âu, Nhật Bản, Hàn Quốc, Bắc Hàn, Trung Quốc, Bắc Ấn Độ, Nepal, Pakistan, Iran, Úc, ... Ở Việt Nam chỉ một số vùng cao phía Bắc mới gặp các biểu hiện này. Theo Buchanan *et al.* (2000), cây lúa mạch có khả năng chống chịu lạnh giá tốt hơn các loại lúa nước, màng tế bào của cây lúa mạch có thành phần acid béo không no cao và có khả năng thích ứng với nhiệt độ không khí xuống thấp.

2.2.2.2 Tồn hại đến cây lúa khi nhiệt độ lên cao

Nhiều nghiên cứu các tồn hại khi nhiệt độ không khí tăng cao ảnh hưởng đến sự tăng trưởng, năng suất và phẩm chất hạt của cây lúa (Saseendran *et al.*, 2000; Singh, 2001; Pathak *et al.*, 2003; Peng *et al.*, 2004; Sheehy *et al.*, 2005). Đặc biệt, nhiều thực nghiệm đã chứng minh rằng cây lúa nhạy cảm với sự thay đổi nhiệt độ cao trong thời kỳ phát triển và thời kỳ trổ bông, gia tăng sai lệch nhiệt độ giữa ngày và đêm và chính bản thân giống lúa (Yoshida, 1981; Singh, 2001; Peng *et al.*, 2004).

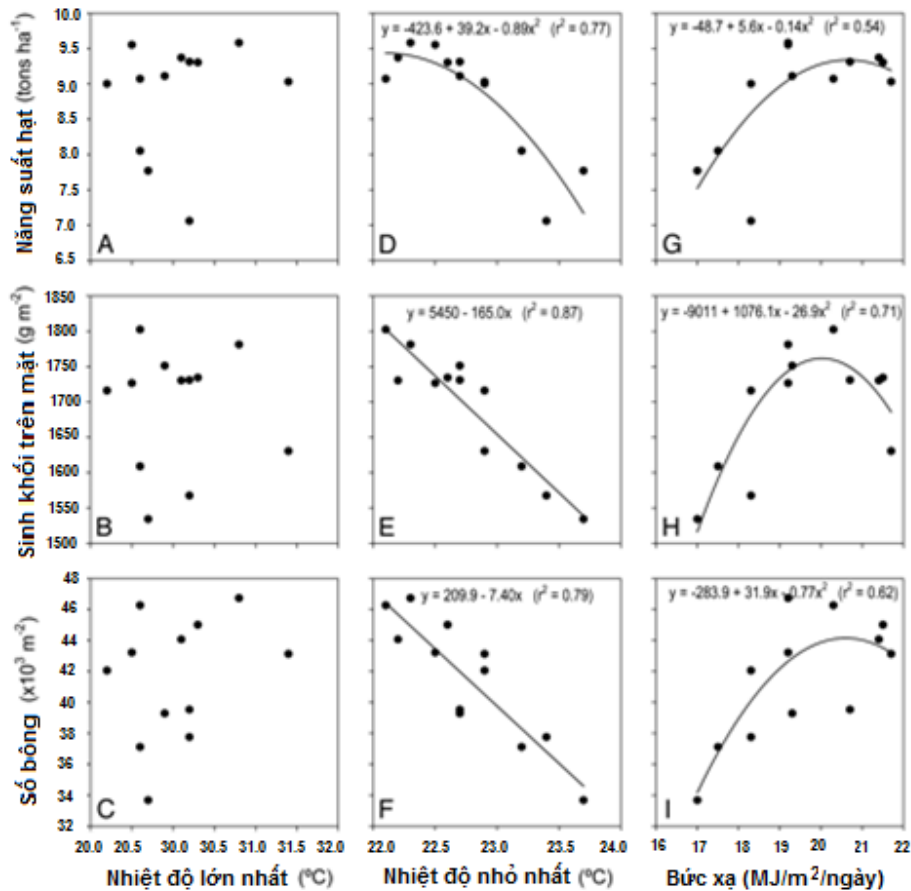
Theo công bố của Pathak *et al.* (2003), sự thay đổi bức xạ mặt trời và thay đổi nhiệt độ thấp đều làm cho năng suất lúa nước và lúa mỳ ở khu vực Indo-Gangetic Plains (Ấn Độ) suy giảm. Cụ thể, khi bức xạ mặt trời giảm 1,7 MJ/m² mỗi ngày thì năng suất lúa gạo giảm 10,9 – 10,3 tấn/ha và năng suất lúa mỳ giảm 8,3 – 7,5 tấn/ha. Trường hợp nhiệt độ không khí tối thiểu giảm đi 1,7 °C thì năng suất lúa gạo và lúa mỳ sẽ giảm tương ứng từ 10,9 – 10,0 tấn/ha và 8,3 – 8,1 tấn/ha. Khi nhiệt độ không khí tối đa gia tăng thì năng suất lúa thay đổi không đáng kể nhưng đối với lúa mỳ thì bị giảm rõ rệt (Hình 2.7).



Hình 2.7: Ảnh hưởng nhiệt độ lớn nhất, nhỏ nhất và bức xạ với năng suất lúa gạo và lúa mỳ (Nguồn: Pathak *et al.*, 2003)

Khảo cứu của Peng *et al.* (2004) đã phân tích tương quan giữa năng suất lúa và nhiệt độ từ số liệu thời tiết lấy từ Nông trại của Viện Nghiên cứu Lúa Quốc tế từ 1979 đến 2003. Nhóm nghiên cứu nhận thấy trong khoảng thời gian trên, nhiệt độ trung bình năm lớn nhất và nhỏ nhất đã gia tăng tương ứng là 0.35 °C và 1.13 °C có liên quan sát với năng suất lúa trong mùa khô (từ tháng 1 đến tháng 4). Nghiên cứu của Peng *et al.* đã chứng tỏ khi nhiệt độ nhỏ nhất trong vụ canh tác (chủ yếu vào đêm) giảm cứ 1°C thì năng suất hạt lúa sẽ giảm chừng 10%. Trong khí đó, tương quan giữa nhiệt độ tối đa và năng suất lúa thì không có ý nghĩa lắm (Hình 2.8).

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA



Hình 2.8: Tương quan giữa nhiệt độ lớn nhất, nhỏ nhất và bức xạ với năng suất hạt, sinh khối trên mặt đất và số bông trên mỗi m²

(Nguồn: Peng *et al.*, 2004)

Ghi chú:

A-B-C cho vụ cả năm, D-E-F cho vụ mùa khô (tháng 1 đến tháng 4) và G-H-I cho vụ mùa mưa (tháng 6 đến tháng 9).

Thực nghiệm của Sing *et al.* (2010) tại Viện Nghiên cứu Nông nghiệp Ấn Độ với giống lúa Pusa 44 (giống lúa trồng 16 tuần) ở trong một buồng kín với nhiệt độ không chế cao hơn trong khoảng 2 - 3 °C (trung bình 2,5 °C) vào thời kỳ phát triển và thời kỳ trổ bông sẽ làm giảm sinh khối lần lượt là 23% và 26%, năng suất sẽ thấp hơn 23% và 27%. Trong khi ở thời kỳ chín, nếu nhiệt độ không khí tăng ở mức thí nghiệm thì chỉ làm giảm 8% sinh khối và giảm 7% năng suất hạt. Đối với các giống lúa hiện đang được canh tác ở vụ Đông Xuân ở Đồng bằng Sông Cửu Long, nếu nhiệt độ không khí tăng cao hơn 35°C đúng vào giai đoạn cây lúa trổ bông và duy trì mức nhiệt độ này liên tục trong khoảng 4 - 5 giờ sẽ làm ảnh hưởng lớn đến năng suất lúa và chất lượng lúa sau này (tỷ lệ hạt lép cao, kích thước hạt lúa giảm và dễ bị gãy hạt khi xay xát).

Tuy nhiên, đối với các vùng trồng lúa ôn đới và hàn đới, với điều kiện khí hậu lạnh, nhiệt độ tăng cũng có thể làm tăng năng suất lúa (Cline, 2007; Kwon và Kim, 2008).

2.2.3 Ảnh hưởng của mưa lên sinh trưởng cây lúa

Các giống lúa trồng ở vùng đất thấp sử dụng nước trời (rainfed lowland rice) thì có điều kiện sinh trưởng khá đa dạng. Khả năng của giống lúa này trong chịu đựng sự thay đổi của mưa, có thể gây ngập lụt, tùy thuộc vào nhiều yếu tố:

- **Cường độ và thời gian mưa:** mưa càng lớn và càng kéo dài liên tục nhiều ngày có thể tạo ra những bất lợi cho cây lúa. Mưa rơi trong các thời điểm cây lúa trổ bông sẽ ảnh hưởng lớn đến quá trình thụ phấn khiến tình trạng lúa lép gia tăng.
- **Mưa lớn kết hợp với lũ:** năng suất và tăng trưởng của cây lúa có thể bị ảnh hưởng tùy theo chiều sâu và thời gian ngập khiến tình trạng ngập úng cục bộ có kéo dài gây bất lợi;
- **Loại đất:** đặc điểm của đất trồng lúa có ý nghĩa trong việc cầm giữ hoặc tiêu thoát nước. các loại đất có thành phần hạt lớn, độ rỗng cao (cát, sỏi) có khả năng tiêu nước tốt hơn các loại đất nặng như sét;
- **Địa hình:** liên quan đến độ dốc mặt đất và các chướng ngại vật trên đường thoát nước. Độ dốc địa hình càng lớn thì khả năng tiêu thoát nước càng tốt nhưng đồng thời gây các thiệt hại khác như bào mòn lớp đất canh tác, rửa trôi dưỡng chất, phân bón trong đất, ...
- **Các yếu tố thời tiết bất lợi phối hợp:** khi có mưa to thường đi kèm gió lớn, nhiệt độ xuống thấp, thời gian chiếu sáng trong ngày giảm, hạn chế quang hợp,... Các yếu tố này tạo nên một tác động cộng hưởng đến khả năng chống ngã đổ, khả năng duy trì tăng trưởng và có thể ảnh hưởng năng suất lúa.

2.2.4 Ảnh hưởng ngập úng lên sinh trưởng cây lúa

Các vùng đất thấp trồng lúa xấp xỉ 1,0 – 1,5 mét so với mực nước biển là các vùng có nguy cơ cao bị ngập úng do hiện tượng biến đổi khí hậu và nước biển dâng. Theo một nghiên cứu của Viện Nghiên cứu Chính sách Lương thực Quốc tế (IFPRI, 2010), hiện nay có khoảng 20 triệu ha đất trồng lúa trên thế giới nằm trong các vùng có nguy cơ bị ngập úng cao. Các quốc gia phải đối đầu với tình trạng ngập úng lên các vùng trồng lúa lớn là Ấn Độ, Bangladesh và Việt Nam.

Cây lúa được xem là một loại thực vật ưa nước. Bản thân cây lúa có thể phát triển tốt trong điều kiện ngập nước dài ngày trong khi các cây lương thực, cây rau màu khác có thể bị chết hoặc phát triển kém. Tuy nhiên, cây lúa cũng có những giới hạn khi bị ngập quá 2/3 chiều cao thân cây của nó trong một thời gian dài. Thường cây lúa chịu ngập ở độ sâu trung bình khoảng 25- 50 cm từ mặt đất. Khi bị ngập sâu hơn thì ảnh

hưởng đến sinh trưởng cây lúa vì ngập quá sâu làm lá cây lúa không hấp thụ CO₂ được, quá trình quang hợp bị hạn chế, phù sa và các chất lơ lửng khác bao che ngoài thân, lá dẫn đến việc tích lũy độc chất làm cây lúa bị tổn thương. Đặc biệt trong giai đoạn cây lúa trổ bông và chất hạt, nếu cây lúa bị ngập hoàn toàn thân cây trong một vài ngày thì năng suất sẽ bị ảnh

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

hưởng nghiêm trọng. Ngoài ra, cây lúa bị ngập sâu còn dễ bị các dịch hại (như ốc bươu vàng) tấn công phần đọt non.

Các ruộng lúa thấp, sử dụng nguồn nước trời (*rainfed lowland rice fields*) thường sử dụng các giống lúa có nhiều khả năng phát triển theo điều kiện mưa kéo dài (cả về lượng mưa và số ngày mưa liên tục), độ ngập sâu, số ngày ngập liên tục, cộng thêm yếu tố ngập lũ (tần số và thời gian). Khả năng chịu ngập của cây lúa vùng nước trời còn thay đổi theo kiểu đất và địa hình. Vùng đất thấp sử dụng nước trời có thể phân theo 5 nhóm:

- i. *Vùng đất thấp nước trời thuận lợi và ngập nông*: việc kiểm soát mưa và nước trong ruộng là tương đối thuận lợi. Có một số thời đoạn ngập ngắn hạn hoặc bị khô ngắn hạn, ảnh hưởng nhẹ đến sinh trưởng cây lúa nhưng không nghiêm trọng. Vùng này đôi khi cần phải tưới bổ sung.
- ii. *Vùng đất thấp nước trời thiên về khô hạn và ngập nông*: điều kiện tăng trưởng cây lúa nằm trong phạm vi từ vùng đất cao đến vùng đất thấp, mùa mưa kéo dài trong khoảng 90 – 110 ngày. Lượng nước mưa cung cấp cho ruộng lúa đôi lúc không đầy đủ tại một vài thời đoạn sinh trưởng. Thời vụ canh tác lúa thì không bị ràng buộc nhiều vào điều kiện ngập úng. Độ pH của đất trong các ruộng lúa này thường là trung tính đến kiềm.
- iii. *Vùng đất thấp nước trời bị úng, hạn và ngập nông xen kẽ*: vụ mùa lúa đôi khi bị ngập úng do mưa lớn kéo dài hoặc do bị nước sông dâng tràn khỏi bờ. Đất trong các ruộng này thường có kết cấu nhẹ và độ màu mỡ thấp.
- iv. *Vùng đất thấp nước trời thường ngập nông*: chiều sâu ngập lũ trong ruộng không cao nhưng thường xuyên duy trì ngập liên tục, không tiêu thoát được kéo dài khoảng 10 ngày trong các giai đoạn mưa lớn.
- v. *Vùng đất thấp nước trời bị úng đọng, ngập trung bình*: nước trong ruộng luôn bị cầm giữ khoảng 25 – 50 cm và không tiêu thoát được trong khoảng từ 2 – 5 tháng.

Sự phân chia này chỉ mang tính tương đối và có thể chưa được chấp nhận ở nhiều nơi. Một số quốc gia phân tiềm năng rủi ro ngập úng do mưa theo lượng mưa và số ngày mưa liên tục. Ví dụ ở một nghiên cứu ảnh hưởng của mưa lên canh tác lúa ở Bắc Hàn (CIA, 2010), phân 4 cấp mưa gây ảnh hưởng:

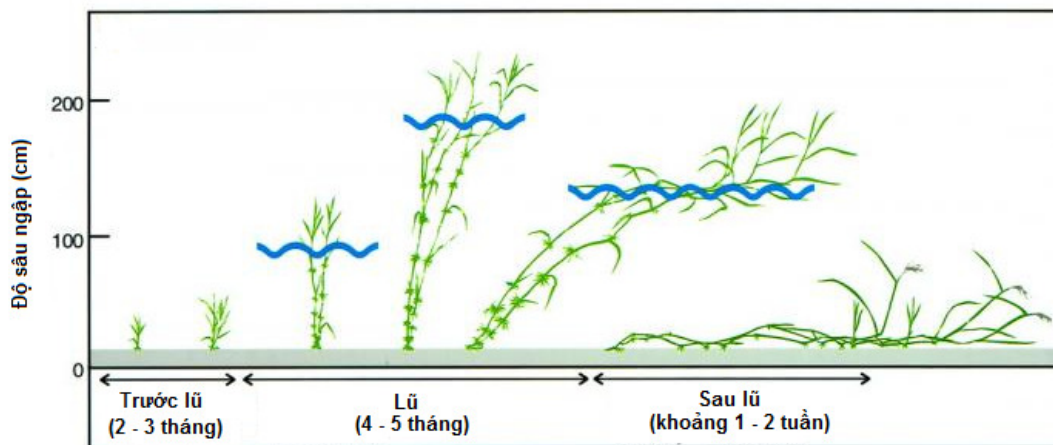
- Lượng mưa từ 100 mm/ngày đến trên 150 mm/ngày kéo dài từ 4 ngày trở lên sẽ gây nguy cơ tổn hại rất lớn;
- Lượng mưa từ 70 mm/ngày đến 100 mm/ngày kéo dài từ 4 ngày trở lên sẽ gây nguy cơ tổn hại lớn;
- Lượng mưa từ 50 mm/ngày đến 75 mm/ngày kéo dài từ 4 ngày trở lên sẽ gây nguy cơ tổn hại trung bình;
- Lượng mưa từ 50 mm/ngày đến 70 mm/ngày kéo dài ít hơn 4 ngày sẽ gây nguy cơ tổn hại nhỏ hoặc không đáng kể.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Nhiều vùng đất thấp bị ngập lũ hằng năm vùng Nam Á và vùng Đông Nam Á còn tồn tại giống lúa cổ truyền chịu ngập sâu (*deep water rice, Oryza sativa*). Ở Đồng bằng Sông Cửu Long, Việt Nam thì có tên gọi là giống lúa nổi (*floating rice*), là một loại lúa nước sâu. Lúa nước sâu phát triển ở các vùng châu thổ cuối cùng các lưu vực sông lớn, nơi cường suất nước lũ dâng không cao lắm. Ước tính có khoảng 90.000 km² đất là diện tích trồng lúa nước sâu, phần lớn ở vùng Đông Nam Á (Bhuiyan, 2004), vùng này là nơi cư trú và canh tác nông nghiệp của khoảng 100 triệu người. Vùng Tây Phi có diện tích lúa nước sâu ít hơn (khoảng 4.700 km², chủ yếu vùng hạ lưu sông Niger). Ở Trung Mỹ, quốc gia có trồng lúa nước sâu là Ecuador.

Vùng trồng lúa nước sâu thường được hiểu là vùng chịu ngập lũ hơn 50 cm trong giai đoạn sinh trưởng chính của mùa vụ canh tác cây lúa.

Các vùng ngập có thể cho cây lúa nước sâu phát triển có lớp nước ngập dao động từ 1 – 3 mét trong mùa lũ, cá biệt có nơi ngập đến gần 5 mét. Các giống lúa này có khả năng tự thân nó vươn dài ra kịp theo đà dâng nước của mực nước lũ, phần lá của cây bị ngập và một phần có thể nổi trên mặt nước. Phần nút của mắt thân lúa phát triển ra những đoạn rễ có vai trò hút các chất dinh dưỡng hiện diện trong phù sa của dòng nước. Khi nước rút đi, ở mắt lúa có các đoạn thân mọc hướng lên trên, trong khi các đoạn rễ ở phần dưới lại mọc dài ra (Hình 2.9). Mặt dầu năng suất các giống lúa nước sâu thường thấp nhưng nó là nguồn gen quý cần bảo tồn cho các vùng ngập úng sau này. Khi mà hiện tượng nước biển dâng và lũ lụt bất thường đe dọa, lúa nước sâu có thể cung cấp một lượng lượng thực cần thiết cho hàng triệu người sống trong vùng đất thấp trên thế giới. Lúa nổi là nguồn cung cấp gạo cho người dân vùng Đồng Tháp Mười từ hơn ba trăm năm nay.



Hình 2.9: Sự phát triển của lúa nước sâu (lúa nổi) theo thời đoạn gieo trồng
(Nguồn: Catling, 1992)

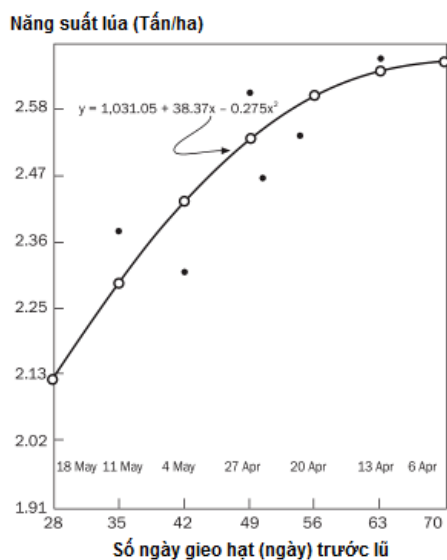
Ở các vùng đất ven biển hoặc trong nội địa các vùng ven biển, việc canh tác lúa có thể bị ảnh hưởng bởi tác động của thủy triều khiến nhiều ruộng lúa bị ngập theo từng thời đoạn thay đổi mực nước do ảnh hưởng của sự thay đổi thủy triều. Ngoài ra, chất lượng nước trong ruộng lúa còn có thể bị ảnh hưởng do có sự nhiễm mặn từ dòng triều biển hay không. Đôi khi sự thay đổi mực nước do thủy triều có thể làm gia tăng khả năng nhiễm phèn từ các lớp đất phèn tiềm tàng hoặc phèn hoạt động tại vùng canh tác lúa hoặc dòng nước nhiễm phèn ngoại

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

lai từ các vùng đất lân cận. Một số vùng ven biển có lớp đất than bùn tích tụ. Sự thay đổi mực nước do ảnh hưởng dao động của thủy triều cũng có thể gây những tác động không phù hợp cho sự tăng trưởng của cây lúa.

Năng suất từ canh tác lúa nước sâu thay đổi khá lớn, thường dao động trong khoảng 1,2 – 2,4 tấn/ha. Yếu tố ảnh hưởng đến năng suất lúa nước sâu có thể là do địa thế đất canh tác, tốc độ tăng của nước lũ (cường suất nước lên), thời gian lũ rút và các yếu tố thời tiết khác phụ họa. Một số nghiên cứu cho thấy nếu biết được thời kỳ bắt đầu lũ, người nông dân có thể chủ động việc gieo trồng lúa phù hợp có thể làm tăng năng suất lúa nước sâu. Lúa nước sâu cần thời gian từ lúc nước bắt đầu lên (đầu kỳ lũ) đến lúc lũ đạt mức ngập cao nhất là ít nhất khoảng 6 tuần lễ, nếu lũ lên quá nhanh, cây lúa có thể không kịp thời gian vươn dài thân của nó. Hạt lúa cần phải được gieo trước khoảng 2 tháng trước khi nước lũ về và nếu thời gian nước lũ bắt đầu rút đến lúc thu hoạch khoảng hơn 2 tuần thì khá thuận lợi để có một năng suất tốt cho lúa nước sâu. Quan hệ giữa thời gian gieo trồng lúa nước sâu và năng suất ở Bangladesh được thể hiện ở hình 2.10.

Theo Liên (2010), trong thành phần không khí, oxy chiếm 1/5 khối lượng không khí (khoảng 20,6%), nhưng trong nước, khối lượng oxy giảm đi khoảng 4 lần. Nếu rễ cây trồng không có khả năng thay đổi quá trình trao đổi chất để thích nghi với môi trường ngập úng sẽ rơi vào tình trạng thiếu oxy. Nếu tình trạng thiếu oxy này nếu kéo dài, cây sẽ chết do bị ngập úng. Rễ cây lúa có hình dạng bất định, có vùng dưới biểu bì phình to chứa các mô khí giữ oxy khỏi bị khuếch tán ra môi trường đất yếm khí bên ngoài. Cây lúa nổi có khả năng kéo dài chiều cao thân, giúp cho lá lúa có thể nổi lên mặt nước nên khả năng chịu ngập của cây lúa nổi rất cao.



Hình 2.10: Quan hệ giữa thời gian gieo hạt lúa (trước khi lũ bắt đầu) và năng suất
(Nguồn: Hasanuzzaman, 1974)

Các giống lúa nước sâu có một đặc điểm rất khác với các giống lúa nước cạn khác (như lúa rẫy, lúa mì, lúa mạch...) là lúa nước sâu có khả năng giữ được các lớp không khí dưới bề mặt phiến lá của nó nhiều hơn các giống lúa khác khi bị ngập nước. Khi bị ngập

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

chìm trong nước, phiến lá của giống lúa nước sâu không hoàn toàn bị ướt. Tổng thể tích của các lớp không khí bị giữ lại trên cả hai mặt của một phiến lá là khoảng 45% bề mặt của phiến lá. Nhờ khả năng này nên dù bị ngập dưới nước, lúa nước sâu vẫn có thể tồn tại và trao đổi với không khí được. Lớp không khí bị giữ lại quanh bề mặt lá lúa không hoàn toàn cố định mà vẫn có sự chuyển động do cả đặc điểm khuếch tán và cả do tác động của dòng chảy lũ.

Mô khí thường có 2 dạng: mô khí được hình thành từ vùng các tế bào chết; mô khí phát triển từ khoảng không được tách ra giữa các tế bào trong quá trình phân bào hoặc phát triển chiều dài. Mô khí thường phát triển ở nhiều cơ quan khác nhau của cây và đóng vai trò quan trọng trong việc vận chuyển khí từ chồi xuống rễ khi bị úng (Liên, 2010)

Vào ban ngày, cây lúa nước sâu hấp thu CO₂ trong không khí và tạo ra O₂ thông qua hiện tượng quang hợp. Khí O₂ tạo ra từ sự hô hấp của cây lúa nước sâu sẽ đi vào bầu khí quyển do độ tan của khí O₂ trong nước là thấp hơn nhiều nhiều so với khí CO₂. Lớp không khí bị giữ quanh bề mặt lá lúa có chức năng làm tăng tỷ lệ cố định carbon quang hợp bằng cách mở rộng bề mặt của giao diện giữa không khí và nước để gia tăng sự hấp thu CO₂ từ

Khi bơi rửa lá lúa nước sâu bằng một hóa chất (Triton X-100) để làm mất khả năng giữ lớp không khí dưới bề mặt của nó thì phần lá bị ngập dưới nước của cây lúa sẽ nhanh chóng bị chết đi do mất chất diệp lục tố và protein.

nước. Vào ban đêm, tiến trình hô hấp của cây lúa diễn ra ngược lại (hấp thu O₂ và thải ra CO₂), khi không có quang hợp. Cây lúa hấp thu O₂ trong lớp không khí bị giữ quanh lá lúa và thải ra CO₂. Nhờ lớp không khí bị giữ lại quanh phiến lá lúa có sức căng bề mặt tạo ra một gradien áp lực đủ lớn để hòa tan của CO₂ trong bản thân nó vào khối nước xung quanh.

Theo Đệ (2009), đối với các giống lúa cao sản ngắn tại Việt Nam, tùy theo giai đoạn sinh trưởng của cây lúa mà số ngày bị ngập úng hoàn toàn mà ảnh hưởng sống còn có thể khác nhau. Tỷ lệ cây lúa còn sống trong ruộng do ngập úng thay đổi tùy theo số ngày ngập (Bảng 2.4).

Bảng 2.4: Mức độ chịu ngập (ngày) của lúa ở các giai đoạn sinh trưởng

Mức độ chống chịu (% cây còn sống)	Nảy mầm (ngày)	Đẻ nhánh (ngày)	Làm đòng (ngày)	Trổ (ngày)	Vào chắc (ngày)
Cấp 1 100	1 - 3	1 - 2	1 - 2	0	1
Cấp 3 95 - 99	4 - 6	3 - 4	3 - 4	1	2
Cấp 5 75 - 94	7 - 9	5 - 6	5 - 6	2	3
Cấp 7 50 - 74	10 - 14	6 - 7	6 - 7	3	4
Cấp 9 0 - 49	15 - 21	8 - 10	8 - 10	4 - 5	5 - 7

(Nguồn: Viện DRAGON, 2009)

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Ngoài các yếu tố số ngày ngập, sự tăng trưởng của cây lúa còn bị ảnh hưởng do các yếu tố khác như mức nước ngập, tần số ngập (ngập và rút xen kẽ), đặc điểm chất lượng của nguồn nước gây ngập (nước có nhiều hoạt ít phù sa, có bị ô nhiễm các độc chất khác hay không), nhiệt độ của nước và các yếu tố thời tiết trong giai đoạn chịu ngập (nhiệt độ không khí, ẩm độ, bức xạ mặt trời, gió, lốc xoáy,...). Ngoài ra, các yếu tố như tình trạng dinh dưỡng, khả năng chống chịu với sâu bệnh và tính thích ứng của từng kiểu di truyền theo giống lúa cũng tác động đến tỷ lệ sống sót và ảnh hưởng đến năng suất về sau. Thời kỳ này mầm cây lúa chịu ngập tốt hơn (có thể đến 2 tuần). Thời kỳ trở và vào chác rất mẫn cảm với sự ngập úng, chỉ cần ngập kéo dài liên tục từ 1 đến 4 ngày là đã có ảnh hưởng nghiêm trọng đến năng suất lúa. Bảng 2.5 và Bảng 2.6 cho số liệu tham khảo về mức độ chịu ngập của lúa và theo mùa vụ ở Cần Thơ.

Bảng 2.5: Đánh giá tính thích nghi của cây lúa theo độ sâu ngập trên ruộng

TT	Ngập Vụ	Độ ngập (cm)		Ghi chú
		Lúa cao sản ngắn ngày	Lúa mùa	
	Thích nghi			
1	Tốt	0 - 10	0 - 20	Cần Thơ không còn lúa mùa, nhưng vẫn có khả năng có trường hợp chuyển đổi mùa vụ, thay vì trồng 3 vụ lúa, có thể trồng 2 vụ (Cao sản ngắn ngày và Mùa)
2	Trung bình	11 - 20	21 - 30	
3	Kém	21 - 30	31 - 40	
4	Không tốt	Trên 30	Trên 40	

(Nguồn: Viện DRAGON, 2009)

Bảng 2.6: Mức độ ngập có ảnh hưởng đến cây lúa qua các thời kỳ khác nhau

Mùa vụ	Thời gian xuống giống	Thời gian thu hoạch	Giai đoạn tăng trưởng	Số ngày sau khi sạ	Mức ngập ảnh hưởng (cm)
Đông Xuân	25/11 - 15/12	1 - 20/3	Mạ	1 - 15	>20
			Đẻ nhánh	16 - 35	>30
			Làm đòng	36 - 60	>30
			Trở - chín	61 - 95	>30
Hè Thu	15/4 - 10/5	20/7 - 15/8	Mạ	1 - 15	>20
			Đẻ nhánh	16 - 35	>30
			Làm đòng	36 - 60	>30
			Trở - chín	61 - 95	>30
Thu Đông	25/7 - 20/8	30/10 - 25/11	Mạ	1 - 15	>20
			Đẻ nhánh	16 - 35	>30
			Làm đòng	36 - 60	>30
			Trở - chín	61 - 95	>30

(Nguồn: Viện DRAGON, 2009)

2.3.5 Ảnh hưởng của khô hạn lên sinh trưởng cây lúa

Lúa là một loài thực vật cần nhiều nước để sinh trưởng, khi nguồn nước cung cấp cho cây lúa bị hạn chế đến một mức giới hạn theo một thời đoạn kéo dài nào đó thì sự sinh trưởng của cây lúa sẽ bị ảnh hưởng. Tại các quốc gia trồng lúa bị phụ thuộc vào nguồn nước trời thì khô hạn là thiên tai nghiêm trọng nhất. Chỉ riêng các nước vùng Nam Á và Đông Nam Á, hạn hán có thể đe dọa hơn 23 triệu ha đất trồng lúa. Ở các tiểu bang trồng lúa chính ở Ấn Độ, ước tính thiệt hại do hạn hán lên đến khoảng 800 triệu đô la Mỹ, năng suất có thể giảm tới 40 % so với những năm có lượng nước đầy đủ. Ở các nước Phi châu, trên 80% thiệt hại do giảm sút về sản lượng lúa đều do nguyên nhân là khô hạn kéo dài tại các vùng trồng lúa đất thấp sử dụng nước trời, với tổng diện tích xấp xỉ 20 triệu ha (Savitri Mohapatra, 2009). Hạn hán cũng là nguyên nhân làm sút giảm lương thực của các quốc gia như Úc, Trung Quốc, Mỹ và một số vùng ở Nam Mỹ. Ước tính đến năm 2025 có khoảng 15-20 triệu ha đất trồng lúa có tưới sẽ rơi xuống vài mức độ khan hiếm nước (Tuong and Bounman, 2003),

Theo phương thức canh tác cổ truyền, muốn có 1 kg lúa mì thì phải cung cấp khoảng 2.500 lít nước tưới và để có 1 kg gạo thì cần một lượng nước khoảng 5.000 lít.

Khi nguồn nước cung cấp cho cây lúa (từ nước mưa hay nước từ các hệ thống tưới) bị gián đoạn khoảng 1 tuần lễ ở các vùng trồng lúa rẫy, lúa vùng cao hoặc hơn 2 tuần lễ ở các vùng trồng lúa đất thấp thì năng suất lúa sẽ bị tác động tiêu cực. Khô hạn kéo dài sẽ dẫn đến hệ quả là năng suất lúa sẽ bị giảm sút, thậm chí khi ruộng lúa bị hạn hán trầm trọng, các hoạt động phát triển sinh học trong cây lúa sẽ ngưng trệ và cây lúa có thể chết vì khô héo. Ở các vùng trồng lúa nước trời hoặc vùng khan hiếm nước, khi gặp những năm thiếu nước, năng suất lúa thường giảm từ 17 – 40%. Dưới tác động của biến đổi khí hậu, tình trạng khan hiếm nguồn nước sẽ gia tăng ở nhiều vùng trên thế giới trong một tương lai gần (IPCC, 2007^b). Ngoài ra, dưới áp lực của sự gia tăng dân số, phỏng đoán trong 50 năm nữa sẽ nhiều gấp đôi so với hiện nay (Chaves and Davies, 2010), thì áp lực do nhu cầu sử dụng nước cho dân sinh sẽ gia tăng lên rất nhiều lần khiến nguồn nước khả năng quang hợp của cây trồng khi bị suy giảm do việc cung ứng nguồn nước cho cây bị giảm.

Nếu ruộng lúa nằm ở các vùng ven biển thì khô hạn kết hợp với sự nhiễm mặn sẽ làm giảm sút năng suất và sản lượng lúa trầm trọng thêm. Thông thường và phổ biến ở nhiều nơi, khô hạn thường xảy ra vào mùa hè hoặc mùa nóng, khi nhiệt độ không khí gia tăng và duy trì ở mức cao, hiện tượng bốc hơi mặt đất và thoát hơi qua bề mặt mô thực vật tăng lên mãnh liệt để chống lại sự khô nóng. Song song đó, lượng mưa giảm sút đáng kể khiến mực nước ở sông suối, ao hồ và cả mực nước ngầm bị tụt giảm nghiêm trọng khiến nguồn cung cấp nước không đủ cho cây trồng, nhất là cây lúa. Tuy nhiên, một số nơi như vùng Đồng bằng sông Cửu Long vẫn có thể bị khô hạn ngay cả trong mùa mưa, như tình trạng hạn đầu vụ mùa mưa và hạn Bà Chắn. Hạn đầu vụ thường xảy ra vào đầu hoặc giữa tháng 5, khi những trận mưa đầu mùa mưa vừa đủ để nông dân gieo hạt lúa, khi lúa vừa nảy mầm vài ngày hay 1 tuần thì mưa đột ngột giảm khiến cây mạ có nguy cơ bị chết nếu không được cung cấp nước kịp thời. Hạn Bà Chắn ở ĐBSCL thường xảy ra vào giữa mùa mưa, phổ biến vào tháng 8. Vào giữa mùa mưa, khoảng cuối tháng 7 hoặc đầu và giữa tháng 8, ở vùng ĐBSCL có xuất hiện các luồng gió xoáy nghịch trên cao, tạo nên những vùng áp cao ở vùng biển Thái Bình dương.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Khi đó các luồng gió Đông Nam ít hơi nước và nóng hơn sẽ đẩy lùi các luồng gió Tây và Tây Nam (có nhiều mây và không khí ẩm ướt hơn) khiến khu vực trở nên khô ráo và xuất hiện những ngày không mưa. Thời gian của đợt hạn Bà Chấn kéo dài trung bình từ 7 – 10 ngày, cá biệt có những năm hạn Bà Chấn kéo dài từ 15 - 20 ngày. Nếu cây lúa vụ Hè Thu đang ở giai đoạn trổ bông thì hạn Bà Chấn là một tác nhân làm giảm năng suất lúa hoặc làm tăng chi phí sản xuất do nông dân phải sử dụng xăng dầu để bơm nước vào ruộng lúa. Riêng đối với các vùng canh tác vụ lúa Hè Thu sớm, có khả năng thu hoạch vào thời kỳ hạn Bà Chấn thì đây là thời gian cơ hội cho việc phơi sấy lúa. Trong vụ Hè Thu, thời tiết khô hạn thiếu nước trong giai đoạn đầu. Điều này ảnh hưởng đến việc dẫn nước vào ruộng dẫn đến tổn chi phí xăng dầu.

Các nghiên cứu của Chaves *et al.* (2003, 2009) đã giải thích rõ hơn về cơ chế vật lý tác động của khô hạn đến sự sinh trưởng của thực vật ở mức độ phân tử. Khả năng chịu hạn của thực vật phụ thuộc khá nhiều về đặc điểm vật hậu học, kích thước và chiều dài rễ, độ dẫn thủy lực và khả năng tích giữ nước và dinh dưỡng của bản thân cây trồng. Tuy nhiên, phần lớn đặc tính chống lại khô hạn của cây trồng là khả năng làm giảm thiểu lượng bức xạ vượt trội tác động lên bề mặt mô của lá và thân cây, gây căng thẳng cho cây dưới các điều kiện tự nhiên bất lợi. Ảnh hưởng của khô hạn lên sự quang hợp của cây lúa có thể là trực tiếp (như làm giới hạn sự khuếch tán qua các khí khổng của lá, thân lá và làm thay đổi sự trao đổi chất do quang hợp) hoặc gây ảnh hưởng thứ cấp, như làm gia tăng tác lực oxy hóa. Sự hồi phục cân bằng carbon trong bản thân thực vật trong giai đoạn bị khô hạn (có thể có thêm yếu tố bị nhiễm mặn) phụ thuộc lớn vào cả tốc độ lẫn mức độ của sự hồi phục của cây lúa.

2.4.6 Ảnh hưởng của sự nhiễm mặn lên sinh trưởng cây lúa

Nhiễm mặn và khô hạn là hai yếu tố giới hạn lớn nhất cho sản xuất nông nghiệp trên thế giới (Boyer 1982, Bartels and Sunkar 2005), và chúng trở thành những vấn đề nghiêm trọng hơn khi hiện tượng nóng lên toàn cầu hiện nay và tương lai (Gale 2002, Grover *et al.*, 2003). Theo Gale (2002), khoảng 1/3 diện tích trồng trọt trên thế giới bị ảnh hưởng do nhiễm mặn do nước biển xâm nhập hoặc do nguồn nước ngầm bị nhiễm mặn thấm lên đất mặt phía trên khi ruộng lúa bị khô hạn. Ước tính diện tích đất bị nhiễm mặn trên thế giới lên đến 380 triệu ha, trong đó khoảng 15% diện tích (60 triệu ha) là bị nhiễm mặn do nước ngầm bị nhiễm mặn, nhiều người gọi đây là sự nhiễm mặn nội địa (*inland salinity*) để phân biệt với sự nhiễm mặn do sự xâm nhập nước mặn từ biển (*salinity intrusion*). Nhiều vùng đất ở Châu Á, Châu Phi và Nam Mỹ đều có ghi nhận hiện tượng thiếu nước tưới vì khô hạn khiến nước ngầm mang các muối khoáng trong đất thấm thấu lên trên tầng mặt làm đất bị hiện tượng mặn hoá đất trồng.

Theo Bonilla et al. (2002), một vị trí tính trạng số lượng (QTL) có thể liên quan đến tính chống chịu mặn cao là trên nhiễm sắc thể số 1, mà các nhà khoa học IRRI đặt tên là Saltol. Những QTL chống chịu suốt giai đoạn mạ và giai đoạn sinh sản là mục tiêu để phát triển giống chống chịu mặn. Hiện nay, các nhà khoa học làm việc tại IRRI đã chứng tỏ rằng gen SUB1 và Saltol có thể kết hợp lại với nhau trong cùng một kiểu lúa, tạo nên một khả năng gia tăng sức chống chịu của cây lúa lên sự nhiễm mặn và ngập úng.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Nhiều triệu hecta đất có thể sử dụng để trồng lúa ở các quốc gia Châu Á và Châu Phi đang bị bỏ hoang hoặc phải sử dụng cho mục đích khác vì đất hoặc nguồn nước tưới bị nhiễm mặn. Nóng hạn và nhiễm mặn có thể làm diện tích trồng lúa ở vùng Đồng bằng Sông Cửu Long giảm đi từ 40 – 45 % vào mùa khô (khoảng 1,5 triệu ha) trong mùa khô do nước mặn từ biển xâm nhập theo thủy triều biển Đông. Một số vùng đất ven biển khác, người nông dân cố gắng trồng lúa nhưng năng suất trung bình khá thấp, thường dưới 1,5 tấn/ha. Một số ruộng ven biển, năng suất lúa trung bình vùng mặn có thể lên 2 tấn/ha nếu áp dụng các giống lúa giống chịu mặn. Các vùng đất thấp sẽ bị tác động nặng nề hơn khi hiện tượng nước biển dâng, đặc biệt khi tình trạng hạn hán vào mùa khô trở nên phổ biến và có tần số xuất hiện cao hơn. Theo Liên (2010), đất bị nhiễm mặn chứa nhiều ion gây độc cho cây trồng như natri, clo, sulfate, borate, lithium,... Độ mặn cao sẽ làm ức chế sự hấp thụ nước, thay đổi khả năng đóng mở của khí khổng và làm thay đổi nguồn CO₂ hấp thụ vào tế bào lá cây... gây tổn thương mô tế bào thực vật. Đất và nước bị nhiễm mặn thì rất khó khắc phục hơn các yếu tố khác vì phải cần một lượng nước ngọt rất lớn để hòa tan bớt nồng độ muối và tìm cách đẩy chúng ra khỏi ruộng lúa.

Theo kinh nghiệm trên nhiều cánh đồng, giới hạn chịu mặn của cây lúa phụ thuộc nhiều vào giống lúa, độ mặn và thời gian bị nhiễm mặn (Bảng 2.7). Thời đoạn rủi ro nhất cho năng suất cây lúa do nhiễm mặn là thời kỳ lúa trổ đòng đến xanh chắc, khi đó tổn thất về năng suất có thể lên đến 70 -80 %. Khi nồng độ mặn trong nước lên đến 4 ‰ (hay 4 g/L) kéo dài liên tục trong 1 tuần thì có thể gây ra chết hầu hết các giống lúa mẫn cảm với mặn, riêng một số giống lúa chịu mặn (*salt-tolerant rice*) thì có thể phục hồi nhưng năng suất có thể giảm 20-50% tùy giai đoạn sinh trưởng. Khi nồng độ muối trong nước vượt 6 ‰ và kéo dài trên 1 tuần thì hầu hết các ruộng lúa sẽ bị thiệt hại hoàn toàn.

Bảng 2.7. Mức độ chịu mặn (nồng độ ‰) của lúa ở các giai đoạn sinh trưởng

Mức độ chống chịu	Nảy mầm (‰)	Đẻ nhánh (‰)	Làm đòng (‰)	Trổ (‰)	Vào chắc (‰)
Cấp 1 (bình thường)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Cấp 3 (giảm nảy chồi và 1 ít lá bị cuộn lại)	2 - 3	2 - 3	2 - 3	2 - 3	2 - 3
Cấp 5 (giảm sinh trưởng, nhiều lá bị cuộn lại)	> 3 - 4	> 3 - 4	> 3 - 4	> 3 - 4	> 3 - 4
Cấp 7 (ngừng sinh trưởng)	> 4 - 6	> 4 - 6	> 4 - 6	> 4 - 6	> 4 - 6
Cấp 9 (hầu hết lúa bị chết)	> 6	> 6	> 6	> 6	> 6

(Nguồn: Viện DRAGON, 2009)

2.3.7 Ảnh hưởng của yếu tố thiên tai khác lên canh tác lúa

Các vùng đất trồng lúa ở Châu Á, chủ yếu là vùng Đông Nam Á, là nơi thường xuyên chịu ảnh hưởng của sự xuất hiện các hiện tượng thiên tai như bão tố, lốc xoáy, lũ lụt, hạn

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

hán, khô nóng, rét đậm,... Trong các loại hình thiên tai, bão tố và ngập lụt thường xảy ra ở các vùng ven sông và ven biển, trong khi đó, rét và nóng thường xảy ra ở những vùng sâu trong lục địa và vùng cao hơn. Thiên tai có thể nhanh chóng gây thiệt hại hoàn toàn tất cả những thành quả gieo trồng và chăm sóc lúa của người nông dân, gây ra những tổn thương nặng nề cho tài sản, sản xuất và đời sống người dân ở vùng nông thôn và vùng núi.

➤ **Bão lũ**

Các quốc gia trồng lúa ở vùng Châu Á thường xuyên chịu ảnh hưởng của những cơn lũ lụt không mong muốn và khó kiểm soát, gây tổn hại cho việc canh tác lúa. Lũ lụt thường xuất hiện liên sau các cơn bão nhiệt đới, gây mưa to, gió mạnh, tác động kéo dài trên diện tích rộng của lưu vực. Lũ lụt còn từ nguyên nhân do thủy triều và nước biển dâng tràn vào các vùng đất thấp trồng lúa. Trong những năm vùng Đông Nam Á bị ảnh hưởng của hiện tượng La Nina, tần suất xuất hiện bão, lũ lụt và mưa lớn xảy ra nhiều hơn. Ước tính hiện nay có khoảng 20 triệu ha diện tích đất trồng lúa trên thế giới nằm trong vùng rủi ro do lũ lụt, đặc biệt ở các quốc gia trồng lúa chính ở Châu Á như Trung Quốc, Ấn Độ, Bangladesh, Thái lan và Việt Nam.

Lũ lụt gây ngập kéo dài có thể làm cây lúa bị tổn hại, các trận lũ lớn, lũ quét ở các vùng đất dốc không chỉ làm mất trắng các cánh đồng lúa mà còn gây sạt lở, hư hại bờ bao và phá hoại các công trình tưới tiêu khiến vụ lúa sau đó gặp nhiều khó khăn. Ngoài ra, bão lụt còn gây gió lớn khiến cây lúa bị ngã đổ làm giảm sút năng suất và sản lượng.

➤ **Nước biển dâng**

Các đo đạc thực tế cũng như kết quả của những mô hình dự báo cho thấy, mực nước biển đã gia tăng nhiều khu vực trên thế giới như là hệ quả của hiện tượng băng tan cùng sự dẫn nở của khối nước biển và đại dương do sự nóng lên toàn cầu. Nhiều phỏng đoán cho biết, trong trường hợp xấu nhất mực nước biển trung bình trên thế giới có thể gia tăng xấp xỉ 1 m vào cuối thế kỷ thứ 21.

Việc dự đoán chính xác các hệ quả do hiện tượng nước biển dâng tác động lên sản xuất lúa thì khá phức tạp vì còn nhiều điều chưa biết hết phía sau những nhận định cơ bản trước mắt. Nước biển dâng sẽ gây thu hẹp diện tích canh tác, diện tích cư trú, làm diện tích đất nông nghiệp và thủy sản bị nhiễm mặn gia tăng lên. Hệ sinh thái nông nghiệp vùng ven biển sẽ có sự thay đổi sâu sắc, chất lượng nước sông thay đổi, ngoài các diễn biến về hình thái bờ, còn có sự thay đổi về lượng phù sa và thay đổi đặc điểm vùng rừng ngập mặn khiến vành đai chắn sóng ven biển bị hư hại khiến bão tố dễ dàng tấn công các vùng canh tác lúa và hoa màu phía trong đất liền. Theo World Bank (2000), nếu mực nước biển dâng cao 0,3 m sẽ gây sụt giảm 0,5 triệu tấn gạo ở Bangladesh.

➤ **Khô nóng và nhiễm mặn**

Khô nóng và nhiễm mặn có liên hệ nhau do sự giảm sút lượng mưa, nhiệt độ gia tăng, lượng nước mất do bốc hơi tăng mạnh và dòng chảy sông ngòi ít đi, hợp cùng với các hiện tượng biến đổi khí hậu khác và nước biển dâng, làm việc sản xuất lúa nói chung trên thế giới sẽ gặp nhiều thử thách lớn. Ở các vùng trồng lúa nước trời, những năm khô hạn, năng suất lúa thường giảm đi từ 17 – 40% so với những năm có mưa trung bình. Sự khan hiếm nước đang ảnh hưởng hơn 23 triệu ha đất trồng lúa vùng Nam Á và vùng Đông Nam Á. Ở Phi

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Châu, khô hạn đang làm ảnh hưởng gần 80% diện tích có tiềm năng trồng lúa nước trời. Ở Trung Quốc, khô hạn đã chuyển nhiều vùng đất trồng lúa từ hai vụ thành đất trồng lúa 1 vụ.

➤ Gia tăng nồng độ CO₂ và nhiệt độ cao

Sự gia tăng nồng độ carbon dioxide CO₂ đồng thời với sự tăng nhiệt độ đều ảnh hưởng đến sản xuất lúa. Kimball *et al.*, (2002) và Gifford (2004) thấy rằng năng suất các loại ngũ cốc có gia tăng tích cực hơn khi nồng độ CO₂ gia tăng. Tuy nhiên, các tác giả khác như Long *et al.*, (2006) và Tubiello *et al.* (2007), thì cho rằng mức độ gia tăng năng suất này cần phải đánh giá lại. Khi nồng độ CO₂ trong không khí cao hơn thường dẫn đến sự gia tăng khối lượng sinh khối nhưng chưa hẳn đã làm gia tăng năng suất cây lúa. Theo báo cáo của Sheehy *et al.* (2005), cứ mỗi 75 ppm nồng độ CO₂ gia tăng thì năng suất lúa sẽ tăng lên trung bình 0,5 tấn/ha nhưng năng suất lúa sẽ giảm đi chừng 0,6 tấn/ha khi nhiệt độ không khí tăng lên mỗi 1 °C. Trong khi đó, sự gia tăng nhiệt độ không khí quá cao sẽ làm khả năng hô hấp của cây bị giảm đi, có thể dẫn đến năng suất lúa giảm. Nếu hiện tượng sóng nhiệt xảy ra trong thời kỳ cây lúa trổ bông, đôi khi là sự kết hạt gần như không còn.

➤ Ảnh hưởng của hiện tượng ENSO

ENSO (*El Niño/La Nina Southern Oscillation*) hay còn gọi là dao động phía Nam liên quan đến cả hai hiện tượng El Niño và La Nina, hình thành do dao động của khí áp giữa 2 phía Đông và Tây của khu vực vùng biển xích đạo Thái Bình Dương. Hiện tượng này đã được Gilbert I. Walker mô tả từ những năm của thập niên 1920. Hai hiện tượng này xuất hiện xen kẽ với chu kỳ 3-4 năm/lần vào kéo dài khoảng 8 – 12 tháng, đặc điểm chính của ENSO là làm gia tăng cường độ mưa bão (El Niño) hoặc khô hạn (La Nina) vùng biển phía Đông Thái Bình Dương. Canh tác nông nghiệp, đặc biệt là lúa, trong khu vực vành đai xích đạo (còn gọi là vùng hoàn lưu Walker) sẽ bị tác động do sự phân bố lượng mưa trở nên bất thường hơn và các yếu tố thời tiết trở nên khó dự báo hơn khiến việc bố trí thời vụ gieo trồng và thu hoạch chịu nhiều rủi ro sai lệch hơn.

Theo Ngữ (2007), khi có hiện tượng El Niño, năng suất lúa bình quân của vụ Đông Xuân giảm so với vụ trước đó, nhất là ở vùng trung du Bắc Bộ, trái lại năng suất lúa vụ mùa tăng, nhất là ở vùng Bắc Trung Bộ. Trái lại, với La Nina, năng suất lúa bình quân vụ Đông Xuân và vụ mùa đều tăng so với vụ trước đó, trong đó vụ Đông Xuân rõ nhất ở đồng bằng Bắc Bộ, vụ mùa rõ nhất ở đồng bằng sông Cửu Long. Theo một đánh giá của Naylor *et al.* (2007) liên quan đến hiện tượng ENSO lên sản xuất lúa ở Indonesia đã ghi nhận là cánh tác lúa ở vùng Bali và Java sẽ bị trễ vụ với tần suất 9 – 10 % và cho năng suất kém hơn trong điều kiện khô hạn hơn.

➤ Sự bất thường của thời tiết làm tăng mật độ côn trùng, dịch bệnh và cỏ dại

Nhiều nhà khoa học đã cảnh báo biến đổi khí hậu sẽ gây ra nhiều tác động tiềm năng cho dịch bệnh cây trồng (Awmack *et al.*, 1997; Coviella and Trumble, 1999; Chakraborty *et al.*, 2000; Harrington *et al.*, 2001; Hunter, 2001). Trong hơn 10 năm qua, nhiều viện nghiên cứu lúa trên thế giới đã ghi nhận hiện tượng gia tăng mật độ côn trùng gây bệnh hại lúa, kể cả những bệnh lúa như đốm nâu và cháy lá, đều có liên quan đến các hiện tượng thời tiết cực đoan như sự khan hiếm nước, phân bố mưa bất thường. Luo *et al.* (1995) đã liên kết các mô hình BLASTSIM và CERES-RICE để mô phỏng những ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và bệnh cháy lá lúa ở các nước Châu Á. Nhóm nghiên cứu phát hiện ra rằng nhiệt độ tăng cao

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

làm tăng mức độ nghiêm trọng mức cháy lá và bệnh dịch một cách có ý nghĩa, như trong khu vực cận nhiệt đới mát mẻ (như ở Nhật Bản, Hàn Quốc và Bắc Trung Quốc). Ở khu vực cận nhiệt đới nóng và ẩm (như Thái Lan và Philippines), bệnh cháy lá ít tăng hơn khi nhiệt độ tăng nhưng bệnh sẽ tăng nhiều hơn khi nhiệt độ vùng này hạ xuống.

Sự hiện diện nhiều côn trùng gây hại cho lúa khiến nông dân buộc phải sử dụng thuốc trừ sâu bệnh nhiều hơn, ngoài việc tiêu diệt sâu bệnh, còn là chết đi những loài thiên địch hữu ích và các loài giun đất khiến vụ mùa lúa năm sau bị ảnh hưởng.

Cỏ dại cũng đã được dự báo là sẽ gia tăng như là các thách thức cho sự sản xuất lúa bền vững nhất là khi nhiệt độ và lượng mưa thay đổi bất thường. Tác động của biến đổi khí hậu lên sự phát triển của cỏ dại và hệ sinh thái liên quan rất phức tạp. Cỏ dại và cỏ lúa được xem là ngưỡng loài xâm lấn nguy hại cho cây lúa. Theo báo cáo của Irmaileh (2010), khi nồng độ CO₂ trong không khí gia tăng, cỏ dại sẽ hưởng được nhiều thuận lợi phát triển hơn các loại hoa màu khác. Không chỉ tăng trưởng mạnh hơn với sự gia tăng CO₂ mà cỏ dại có thể thay đổi thành phần hoá học trong bản thân cây cỏ dại để thích nghi tốt hơn với điều kiện thời tiết bất thường. Theo các chuyên gia về cỏ dại như Ziska (2001); Ziska và George (2004), loài cỏ *Chenopodium album* đã mọc nhanh hơn cho nhiều phần hoa hơn dưới điều kiện không khí nóng hơn và nồng độ CO₂ cao hơn. Giống cỏ Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) tăng trưởng và cho phần hoa nhiều gấp đôi khi nồng độ CO₂ trong không khí gia tăng từ 370 ppm lên 600 ppm. Loài cây dại độc hại như loài Ivy (*Toxicodendron radicans*) mọc mạnh mẽ hơn khi nồng độ CO₂ cao hơn và tạo ra nhiều hơn các độc chất dạng urushiol (kích thích độc tố trong nhựa cây), lượng dầu trong các mô của nó nhiều hơn tạo ra các sự phản ứng gây ngứa ngáy và nổi mụn trên da. Loài cây dại cheatgrass (*Bromus tectorum*) cũng phát triển sinh khối mạnh hơn khi nồng độ CO₂ cao hơn và tích lũy nhiều carbon trong các mô của nó. Cành lá loài cây dại này là mối rủi ro lớn cho nạn cháy đồng, cháy rừng, đặc biệt khi khô hạn gia tăng (Irmaileh, 2010).

Một cảnh báo khác là biến đổi khí hậu có thể làm gia tăng sự phát tán và khả năng cạnh tranh các loài thực vật ngoại lai nguy hại đối với các loài thực vật bản địa. Với khả năng thích nghi cao, chống chịu tốt trong điều kiện khí hậu khắc nghiệt cùng khả năng tồn tại và phát triển ngay khi trong môi trường sống có nguồn dinh dưỡng đất thấp, các loài cây ngoại lai sẽ nhanh chóng chiếm lĩnh diện tích các vùng đất nông nghiệp khiến sản lượng lương thực bị ảnh hưởng và buộc nông dân phải sử dụng nhiều công sức và biện pháp (cơ học và hoá học) để tiêu diệt loài ngoại lai nếu muốn duy trì sản lượng cũ. Điều này có nhiều khả năng hiện thực do biến đổi khí hậu có thể làm sức gió mạnh hơn và dòng chảy lũ cao hơn sẽ là động lực phát tán các phần hoa, hạt, cành nhỏ, ... của cây ngoại lai đi xa và rộng hơn. Ngoài ra, mật độ côn trùng gia tăng cũng có thể là vật trung gian phát tán các phần hoa các loài ngoại lai đến nhiều nơi khác nhau.

Hiện tượng thời tiết cực đoan còn làm gia tăng quần thể các loài gặm nhấm phá hoại mùa màng ở các quốc gia trồng lúa vùng Châu Á khi nông dân phải dịch chuyển mùa vụ và canh tác không đồng bộ với nhau trong một vùng canh tác nông nghiệp.

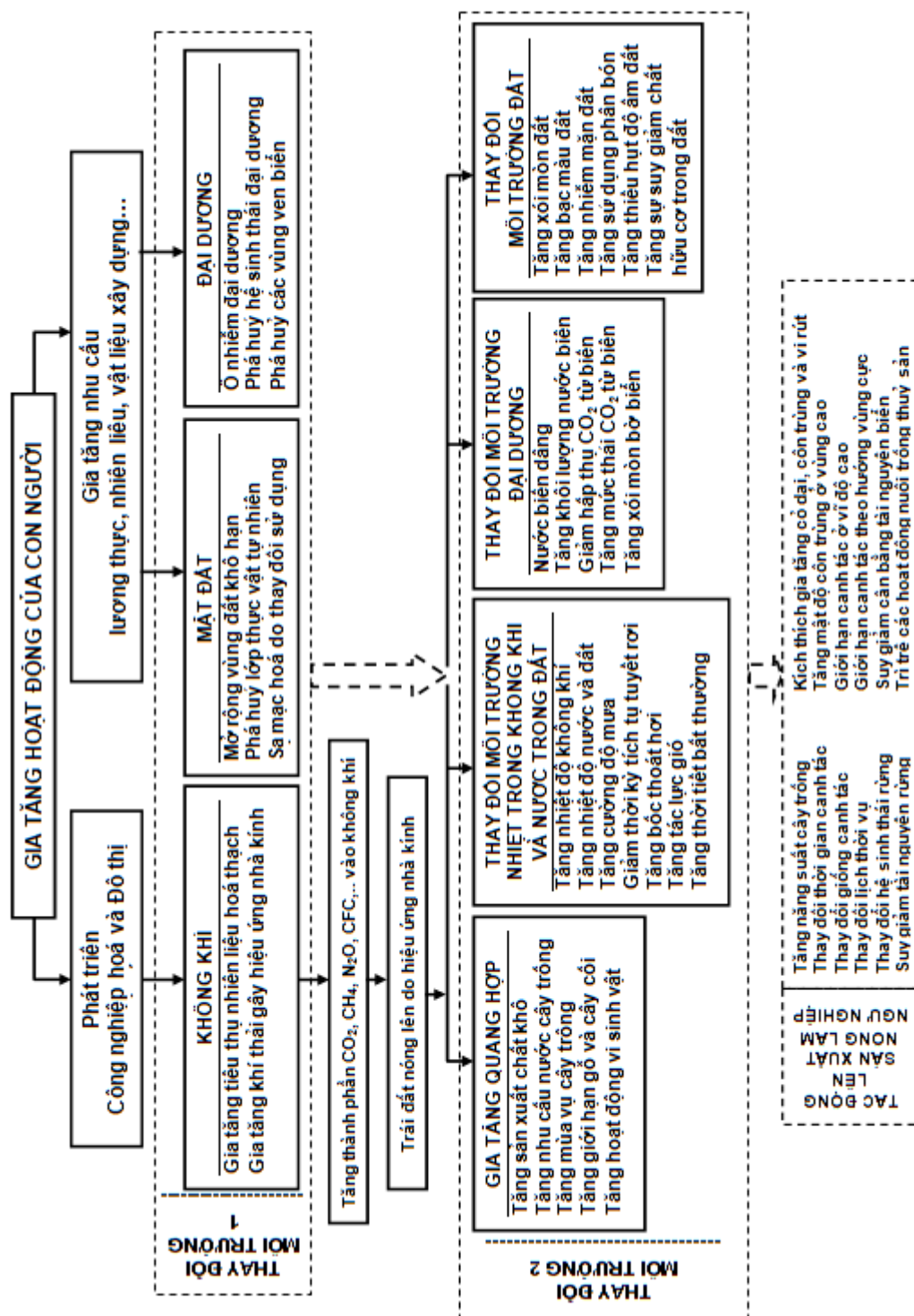
Chương 3. TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

3.1 Sơ đồ chuỗi tác động của biến đổi khí hậu

Nhiều nhà khoa học đã công bố các báo cáo nghiên cứu liên quan đến tác động của biến đổi khí hậu lên sản xuất lúa ở từng quốc gia, vùng lãnh thổ cũng như tổng quát trên toàn thế giới (Kropff *et al.*, 1993; Aggarwal *et al.*, 1997, 2006; Saseendran *et al.*, 2000; Cline, 2007; De Silva *et al.*, 2007; Yao *et al.*, 2007; Easterling *et al.*, 2007; Rosegrant, 2010; Basak *et al.*, 2011; Bala *et al.*, 2011, ...). Các nghiên cứu thực nghiệm đã tiến hành song song với việc hình thành và cải tiến liên tục các mô hình toán học nhằm mô phỏng và dự đoán các thay đổi về năng suất và sản lượng thực nói chung hay của lúa nói riêng trong tương lai theo các kịch bản biến đổi khí hậu của IPCC đề xuất. Các nghiên cứu này phần lớn khảo sát sự thay đổi khí hậu, mùa vụ và các yếu tố ảnh hưởng đến canh tác lúa như quản lý nước nội đồng, cây bừa, giống lúa, bón phân, kiểm soát cỏ dại và dịch bệnh trên cây trồng và chăm sóc. Một số nghiên cứu tập trung vào các giống lúa mới có khả năng thích ứng tốt hơn với sự thay đổi thời tiết trong tương lai, bảo vệ tài nguyên di truyền, điều chỉnh ưu tiên nghiên cứu nông nghiệp, các biện pháp giảm thiểu nguy cơ an ninh lương thực, tăng cường khuyến nông và hệ thống cảnh báo thiên tai, chính sách ứng phó với biến đổi khí hậu trong nông nghiệp và nâng cao nhận thức trong cộng đồng về ứng phó với biến đổi khí hậu. Phần lớn các nhà làm mô hình đã tổng hợp nhiều phần mềm khác nhau, lấy kết quả đầu ra của mô hình này làm thông số cho đầu vào của mô hình tiếp theo. Các phỏng đoán các kịch bản biến đổi khí hậu thường được biết qua từ tính toán của Phòng Thí nghiệm Động lực học Chất lưu Tổng quát (*the General Fluid Dynamics Laboratory – GFDL*), Viện Nghiên cứu Không gian Goddard (*the Goddard Institute of Space Studies – GISS*) và Mô hình Luân chuyển Tổng quát (*the General Circulation Models – GCMs*) của Cục Khí tượng Vương quốc Anh (*the United Kingdom Meteorological Office – UKMO*).

Yoshino (1991) đã cho rằng, từ những thập niên 1960s đến nay, chính hoạt động của con người trong sản xuất nông lâm ngư nghiệp cũng như trong công nghiệp đã nên sự thay đổi môi trường toàn cầu, cộng thêm sự gia tăng dân số, như làm thay đổi cân cân phân phối nước, mở rộng các vùng đất khô hạn gây hiện tượng sa mạc hoá, suy giảm lớp phủ thực vật, thay đổi cơ cấu sử dụng đất và làm thu hẹp diện tích rừng tự nhiên mà hệ quả là đóng góp một phần lớn tạo ra hiệu ứng nhà kính làm trái đất nóng lên. Yoshino gọi đây là “Sự thay đổi Môi trường 1”. Hệ quả của sự nóng lên toàn cầu làm gia tăng hiện tượng quang hợp, thay đổi cân bằng nhiệt, nguồn nước, đặc tính môi trường đại dương và môi trường đất, được gọi là “Sự thay đổi Môi trường 2”. Tất cả gây nên sự tác động lên sản xuất nông, lâm và ngư nghiệp. Đây là một chuỗi tác động qua lại khá phức tạp và thường xuyên thay đổi thành phần, số lượng và tính chất. Hình 3.1 là sơ đồ các chuỗi tác động này. Đánh giá chung về các tác động của của biến đổi khí hậu và nước biển dâng lên sản xuất lúa, có thể tổng quát hoá từ các nghiên cứu khác nhau như ở bảng 3.1 và các sơ đồ tác động dây chuyền của chuỗi các tác động trực tiếp hoặc gián tiếp do sự gia tăng nhiệt độ, biến động mưa bất thường, nước biển dâng và các yếu tố thiên tai và thời tiết cực đoan khác lần lượt thể hiện ở các hình 3.2, hình 3.3, hình 3.4, hình 3.5 và hình 3.6.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA



Hình 3.1: Dòng tác động của sự thay đổi môi trường trong nông lâm và ngư nghiệp
(Nguồn: Yoshino, 1991)

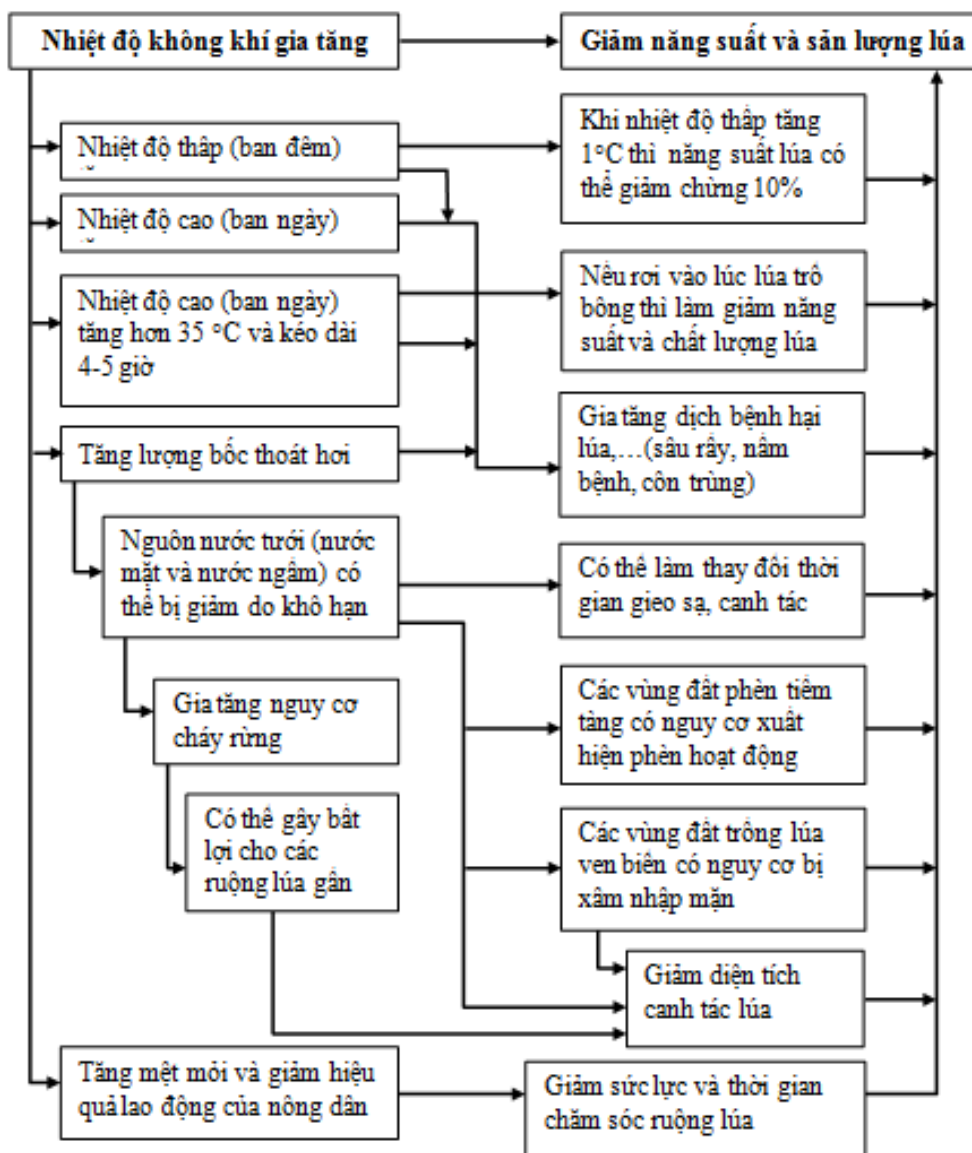
TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Bảng 3.1: Phòng đoán sự thay đổi các yếu tố khí hậu, khả năng gây rủi ro và các tác động lên sản xuất lúa vùng Châu Á vào thập niên 2030 - 2050

Các yếu tố khí hậu	Phòng đoán* sự biến đổi khí hậu đến 2030 - 2050	Mức độ rủi ro	Tác động tích cực	Tác động tiêu cực
<p>Nhiệt độ trung bình</p> <p>Lượng CO₂ trong không khí gia tăng</p>	<p>Tăng từ 1 - 2 °C</p> <p>Tăng từ 360 ppm lên 450 – 600 ppm</p>	<p>Cao và rất cao</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mùa vụ rút ngắn hơn • Dễ dàng phơi sấy nông sản • Cây trồng phát triển nhanh hơn • Tăng khả năng quang hợp 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Tăng bốc thoát hơi ○ Cây trồng bị stress nhiệt ○ Tăng sâu bệnh ○ Tăng nguy cơ nhiễm phèn, nhiễm mặn ○ Ảnh hưởng đến khả năng ra hoa, kết hạt ○ Tăng khả năng phát triển các loài cỏ dại và thực vật ngoại lai.
<p>Thay đổi lượng mưa thất thường</p>	<p>Tùy thời điểm và khu vực, xu thế là giảm mưa mùa khô và đầu mùa mưa nhưng tăng lượng mưa vào giữa và cuối vụ.</p> <p>Tổng lượng mưa năm có thể thay đổi ± 10 – 20 %</p>	<p>Thấp</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Đôi khi có những trận mưa bất thường giúp giải hạn 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ảnh hưởng thời vụ (mưa sớm hoặc trễ) ○ Gây khó khăn trong điều tiết nguồn nước ○ Tăng lượng côn trùng, dịch bệnh và cỏ dại ○ Không tốt cho cơ cấu đất và vi sinh vật đất ○ Gây ngập úng, khó khăn cho thu hoạch lúa và phơi sấy
<p>Nước biển dâng</p>	<p>Tăng từ 10 – 15 cm</p>	<p>Rất cao</p>		<ul style="list-style-type: none"> ○ Nguy cơ mất đất vùng ven biển ○ Tăng vùng nhiễm mặn ○ Tăng xói lở ven bờ và xâm thực biển ○ Nhiễm mặn nguồn nước ngầm ○ Gây ngập lũ
<p>Thiên tai và các hiện tượng thời tiết bất thường</p>	<p>Tăng số lượng bão tố, gió mạnh hơn, lũ lụt và hạn hán cực đoan, ...</p>	<p>Trung bình</p>		<ul style="list-style-type: none"> ○ Phá huỷ mùa màng, giảm năng suất và sản lượng lương thực ○ Hư hại các công trình hạ tầng phục vụ sản xuất nông nghiệp ○ Gây thương vong

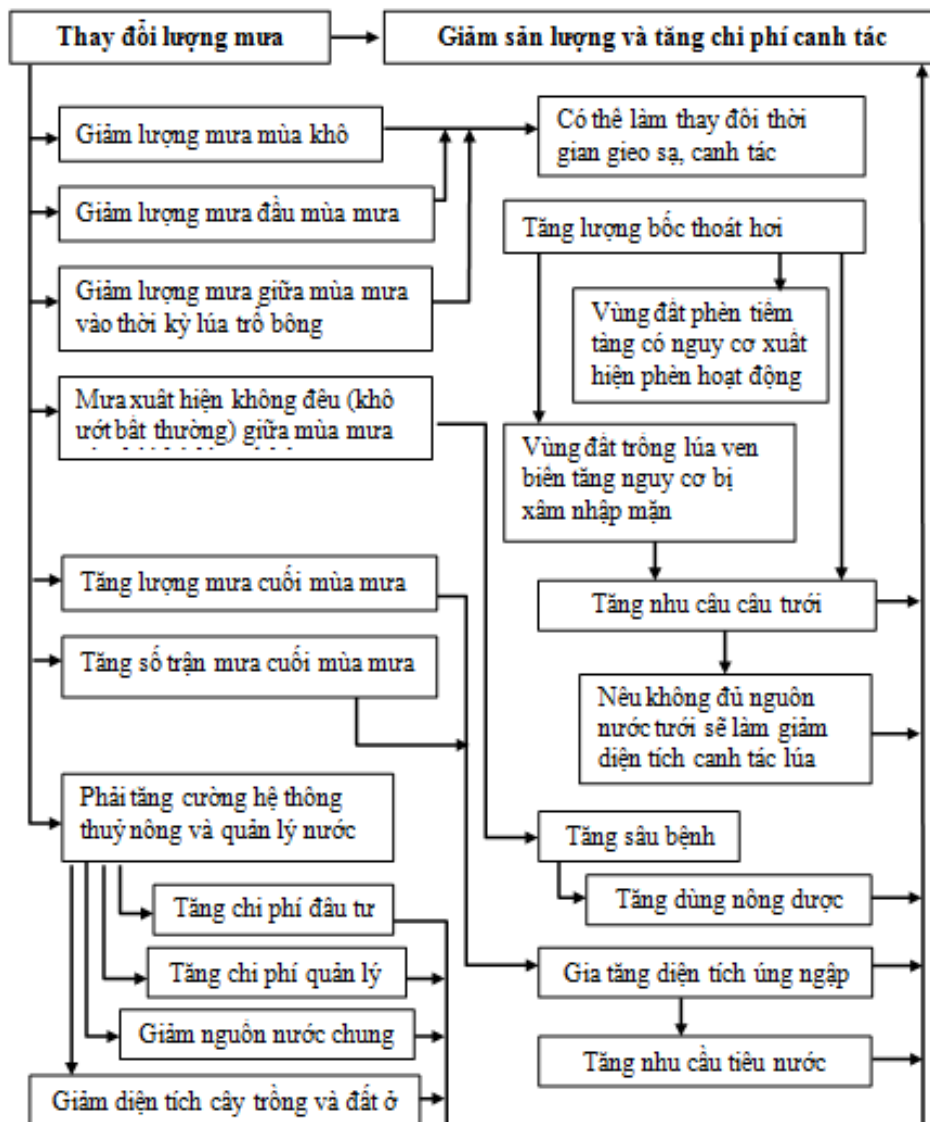
* Tổng hợp từ Tuan and Suppakorn (2011) và TTK & SEA START RC (2009)

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA



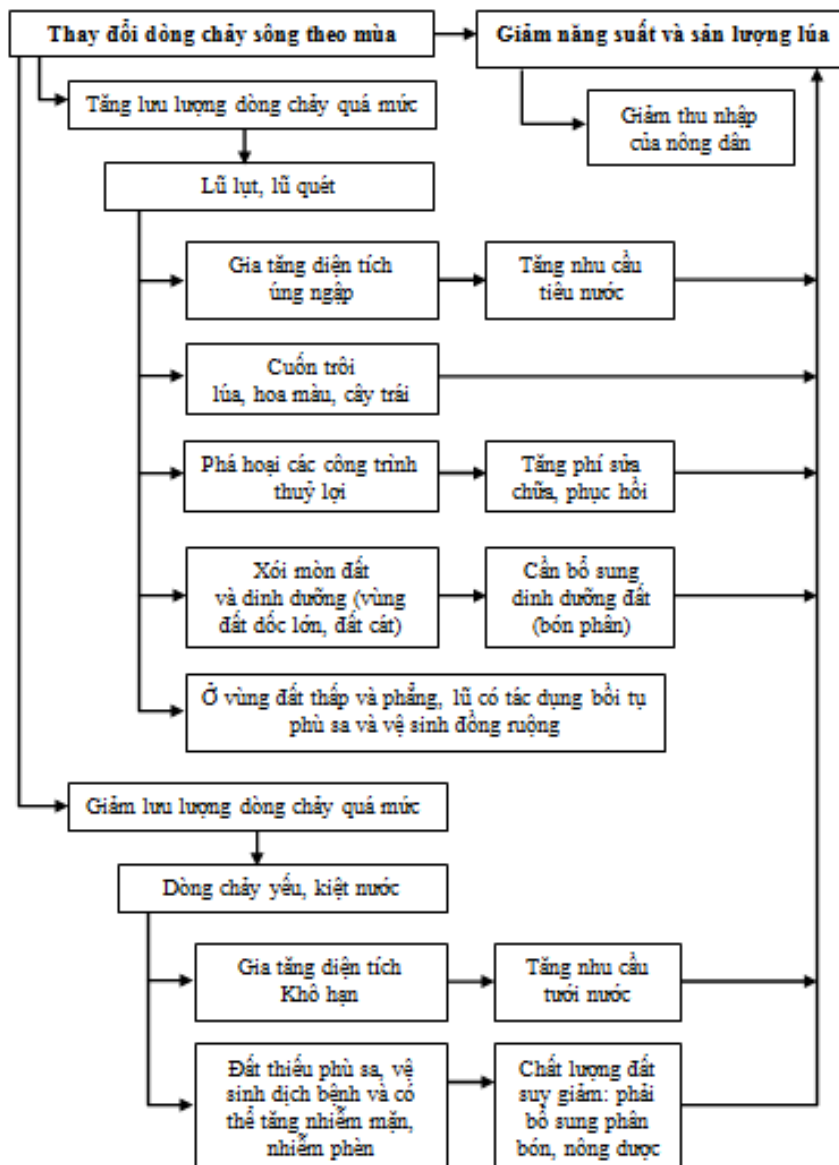
Hình 3.2: Hệ quả của sự gia tăng nhiệt độ không khí lên canh tác lúa

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA



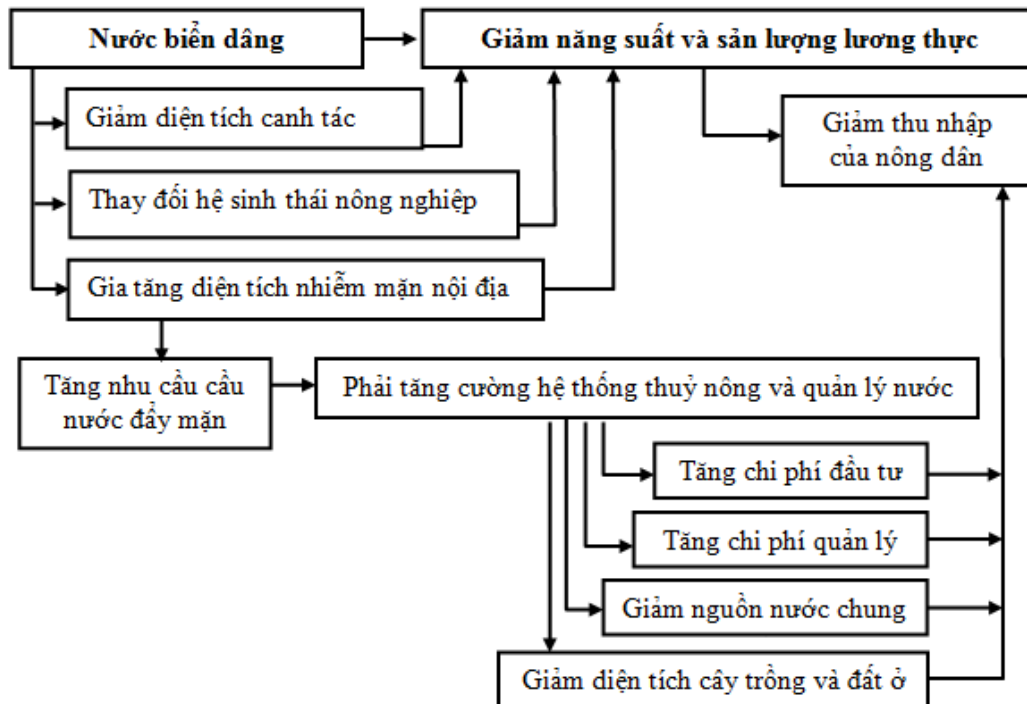
Hình 3.3: Hệ quả của sự thay đổi lượng mưa lên canh tác lúa

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

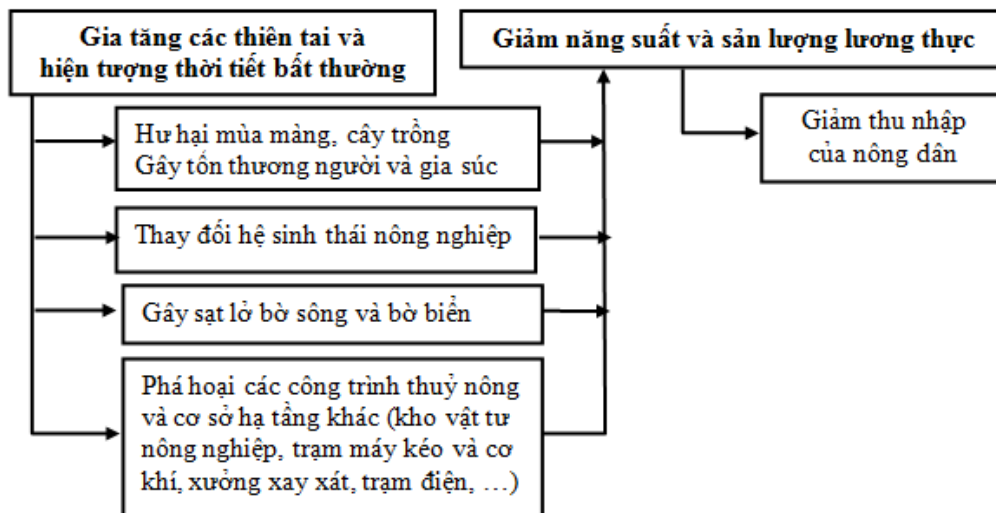


Hình 3.4: Hệ quả của sự thay đổi lượng dòng chảy sông ngòi lên canh tác lúa

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA



Hình 3.5: Hệ quả của hiện tượng nước biển dâng lên canh tác lúa



Hình 3.6: Hệ quả của sự gia tăng thiên tai và thời tiết bất thường lên canh tác lúa

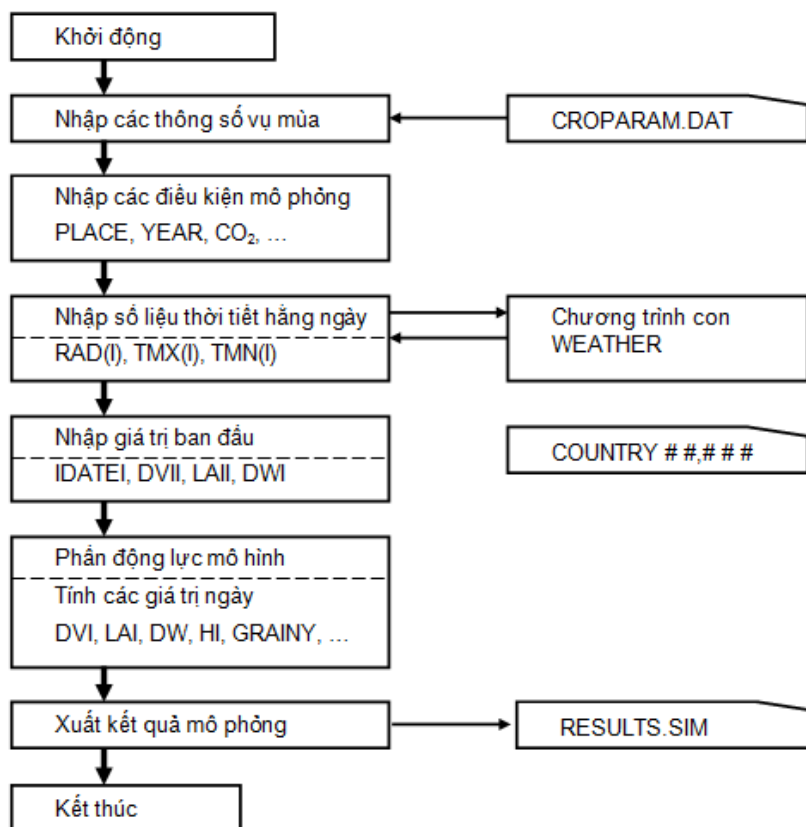
3.2 Thay đổi năng suất và sản lượng lúa qua các mô hình phỏng đoán

Các đánh giá tác động của biến đổi khí hậu ở quy mô toàn cầu lên sự thay đổi năng suất và sản lượng lương thực nói chung và lên sản xuất lúa nói riêng thường có những kết

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

quả khác biệt giữa các tác giả và mô hình phỏng đoán. Sự khác biệt này do mức độ đa dạng và phức tạp của các mô hình phỏng đoán, việc tổ hợp giả định các kịch bản biến đổi khí hậu, việc lựa chọn các thông số khí hậu, điều kiện canh tác, kỹ thuật nông nghiệp và vị trí địa lý nơi nghiên cứu.

➤ Năm 1987, Horie công bố mô hình mô phỏng sự tăng trưởng và năng suất qua quan hệ giữa lúa có trүй và thời tiết, mang tên SIMRIW (Simulation Model for RICE – Weather relations). Mô hình được phát triển bởi sự đơn giản hoá hữu tỷ những tiến trình vật lý và sinh lý cơ bản của sự tăng trưởng vụ lúa. Mô hình này có thể giải thích hợp lý các khả năng thay đổi cục bộ về năng suất lúa ở Hoa Kỳ và Nhật Bản dựa vào các đặc điểm khí hậu tương ứng. Năm 1993, mô hình SIMRIW được cải tiến mở rộng cho phép ứng dụng để đánh giá tác động của sự thay đổi môi trường toàn cầu lên sự tăng trưởng và năng suất cây lúa ở những vùng khác nhau với sự kết hợp tiến trình thay đổi nồng độ CO₂ trong khí quyển và sự gia tăng nhiệt độ lên cây lúa (Horie, 1993). SIMRIW được phát triển bằng ngôn ngữ lập trình FORTRAN, có lưu đồ như hình 3.7.



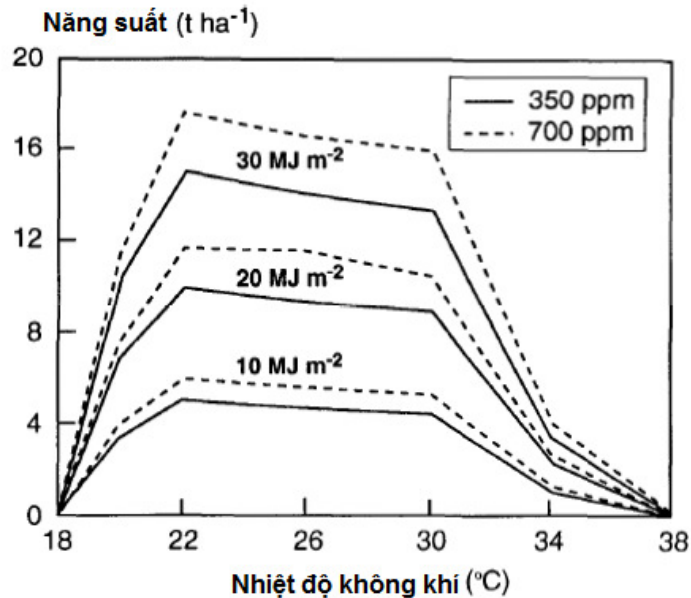
Hình 3.7: Lưu đồ mô hình SIMRIW

(Vẽ lại từ nguồn: Horie et al., 1995)

Trong nghiên cứu này, giống lúa được chọn có tên là Nipponbare (một giống lúa lai cho năng suất cao của Nhật Bản), thực nghiệm được tiến hành với sự thay đổi nhiệt độ không khí, bắt đầu từ 18 °C tăng lên từng bước 4 °C lên đến 38 °C. Kết quả cho thấy nhiệt độ tối hảo cho năng suất lúa cao nhất nằm trong khoảng 22 – 23 °C. Lớn hơn khoảng nhiệt độ độ này năng suất lúa giảm dần đi, đến lúc nhiệt độ cao hơn 30 °C, sự sút giảm năng suất rất rõ

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

rệt. Khi nhiệt độ không khí thấp hơn nhiệt độ tối hảo thì năng suất lúa giảm mạnh do có sự gia tăng số chồi vô hiệu. Báo cáo cũng trình bày kết quả mô hình dự báo khi nồng độ khí CO₂ trong không khí tăng lên gấp đôi thì năng suất lúa cũng gia tăng khoảng 25% cho tất cả trường hợp thay đổi nhiệt độ và bức xạ mặt trời (hình 3.8).

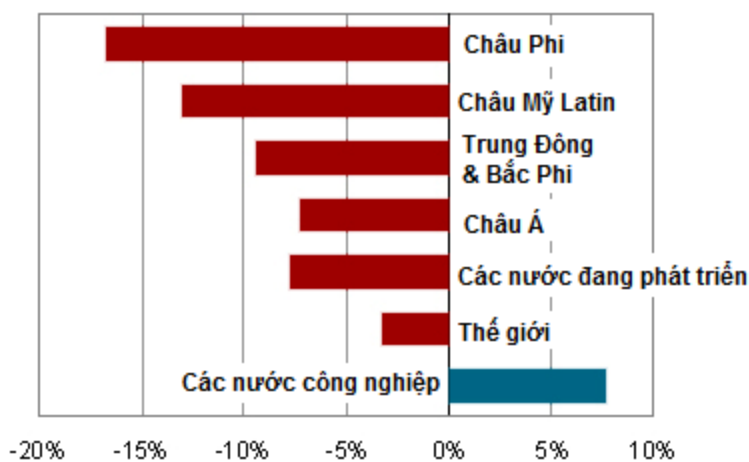


Hình 3.8: Sự thay đổi năng suất giống lúa Nipponbare dưới các điều kiện nhiệt độ không khí trung bình ngày, bức xạ mặt trời, nồng độ khí CO₂ và các điều kiện môi trường (Nguồn: Horie et al., 1995)

➤ Cline (2007) đã so sánh sự thay đổi giá trị nông nghiệp theo phỏng đoán vào năm 2080 so với giá trị sản phẩm nông nghiệp năm 2000. Kết quả tổng hợp ở hình 3.9 cho thấy, biến đổi khí hậu có tiềm năng làm tăng giá trị sản lượng nông nghiệp ở các quốc gia công nghiệp (chủ yếu nằm ở vùng ôn đới và hàn đới) khoảng 6 – 8 %. Trong khi đó, giá trị sản phẩm nông nghiệp các nước đang phát triển có xu thế suy giảm chung từ 9 – 21%, các quốc gia Châu Phi bị giảm sút nhiều nhất, đến 17%, Châu Mỹ Latin giảm khoảng 13%, vùng Trung Đông và Bắc Phi giảm 9%, Châu Á giảm chừng 7 - 8%. Gộp chung, giá trị sản phẩm nông nghiệp trên toàn thế giới sẽ giảm chừng 3 - 4% vào năm 2080 do hiện tượng nóng lên toàn cầu. Nghiên cứu của Cline có xem xét trường hợp các nước sản xuất nông có sử dụng phân bón gốc hữu cơ hay không. Kết quả này cũng tạm bỏ qua các ảnh hưởng khác do yếu tố nhiệt độ không khí và lượng mưa thay đổi khiến sản xuất nông nghiệp có thể bị thất thoát nhiều hơn do sự gia tăng của côn trùng gây hại, sự gia tăng tần suất các hiện tượng thời tiết cực đoan như bão, lũ hay hạn hán, cũng như nguồn nước tưới ngày trở nên khan hiếm hơn.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Thay đổi giá trị nông nghiệp tiềm năng (%) vào năm 2080 so với năm 2000



Hình 3.9: Phỏng đoán sự thay đổi giá trị nông nghiệp thế giới năm 2080 so với năm 2000
(Nguồn: Crystal, 2008, sử dụng số liệu của Cline, 2007)

➤ Easterling *et al.*, (2007) khi tổng hợp 69 kết quả phỏng đoán qua mô hình cũng phát hiện là có sự tác động tương đối giữa nhiệt độ và sự bón phân hữu cơ (làm tăng lượng carbon) lên năng suất ngũ cốc. Ở các khu vực canh tác có vĩ độ cao và trung bình (vùng hàn đới và ôn đới), khi nhiệt độ tăng trên 3 °C sẽ có xu thế làm tăng năng suất cây trồng. Tuy nhiên, ở những vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới, sự gia tăng nhiệt độ có thể làm giảm năng suất các loại cây lương thực, đặc biệt sự gia tăng nhiệt độ về đêm. Năm 2004, Parry *et al.* đã ước lượng là sản lượng ngũ cốc trên toàn thế giới vào năm 2080 sẽ sụt giảm từ 200 triệu tấn đến 450 triệu tấn, tùy theo kịch bản biến đổi khí hậu, nếu đất được bón bù đủ phân hữu cơ thì mức sụt giảm này sẽ ít hơn từ 30 – 90 triệu tấn ngũ cốc. Tương tự, khi nghiên cứu 6 vùng khí hậu và áp dụng hai mô hình canh tác hoa màu, Cline (2007) cho rằng, đến năm 2080 nếu nhiệt độ toàn cầu tăng lên 4.4° C và lượng mưa trung bình gia tăng 2,9 %, khả năng sản xuất lương thực trên toàn cầu sẽ giảm 16% nếu không có bón phân hữu cơ và chỉ giảm chừng 3 – 6 % nếu xét trường hợp có bón phân đầy đủ. Cline cũng đã đề xuất nên xem xét mức giảm lương thực giữa các vùng canh tác nông nghiệp năm trong khoảng 10 – 25% (Hình 3.10). Chi tiết mức phỏng đoán giảm sản lượng nông nghiệp theo quốc gia và vùng lãnh thổ có thể tham khảo thêm ở Phụ lục 2.

Theo kết quả một nghiên cứu rộng của nhóm tác giả của Viện Nghiên cứu Chính sách Lương thực quốc tế (IFPRI) biến đổi khí hậu sẽ làm thay đổi cục diện sản xuất lúa gạo trên thế giới, gây suy giảm năng suất và sản lượng vùng này nhưng có thể làm mở rộng diện tích và sản lượng vùng khác như vùng ôn đới (Gerald *et al.*, 2010). Tuy nhiên, nếu đánh giá mang tính toàn cục, vùng sản xuất lúa gạo lớn nhất thế giới là Châu Á sẽ giảm sút mạnh. Qua báo cáo của Rosegrant (2010^a), đến năm 2050 sản xuất lúa (lúa mì và lúa nước) ở Châu Á sẽ có sự suy giảm như ở bảng 3.2, trong đó vùng trồng lúa mì giảm mạnh hơn vùng trồng lúa nước. Hình 3.11 và hình 3.12 là các bản đồ thay đổi sản lượng lúa ở Châu Á đến năm 2050 so với năm 2000.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

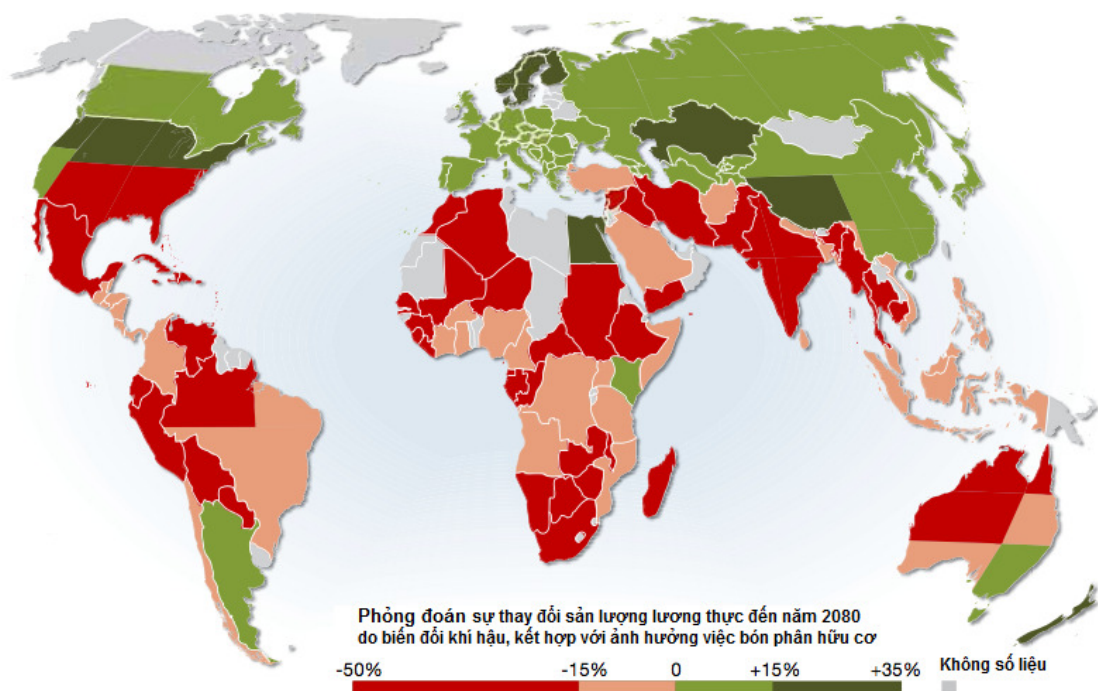
IFPRI (Gerald *et al.*, 2009) cũng đã tính toán tổn thất chi phí do biến đổi khí hậu liên quan đến an ninh lương thực cho toàn thế giới như sau:

- Hơn 25 triệu trẻ em sẽ bị suy dinh dưỡng vào năm 2050 do biến đổi khí hậu nếu không có biện pháp đầu tư kinh phí lớn để giảm thiểu hoặc thích nghi.
- Vào năm 2050, năng suất lúa mì ở vùng có tưới sẽ giảm chừng 30% và năng suất lúa nước ở vùng có tưới sẽ giảm 15% ở các nước đang phát triển.
- Biến đổi khí hậu sẽ làm gia tăng giá lúa mì 90%, lúa nước 12% và bắp 35% vào năm 2050 so với giá cao nhất hiện nay.
- Ít nhất mỗi năm phải cần 7 tỷ USD để cải thiện sản xuất nông nghiệp để ngăn chặn tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu lên trẻ em.

Bảng 3.2: Sự suy giảm sản lượng gạo ở Châu Á năm 2050 so với năm 2000

TT	Vùng canh tác lúa	Suy giảm sản lượng (%)
1	Lúa mì ở vùng có hệ thống tưới	46
2	Lúa mì ở vùng nước trời	48
3	Lúa gạo ở vùng có hệ thống tưới	27
4	Lúa gạo ở vùng nước trời	12

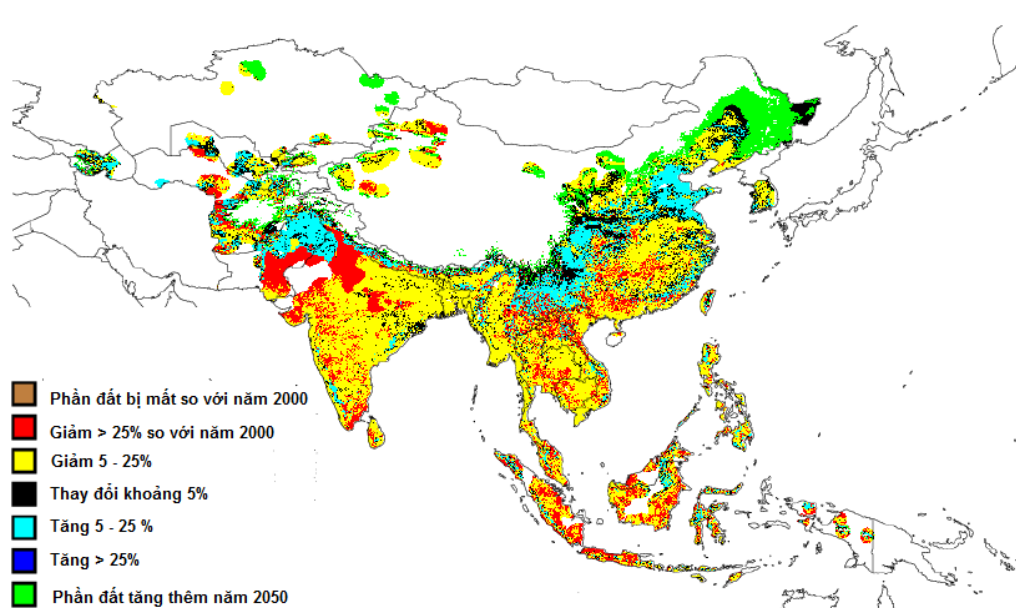
(Nguồn: Rosegrant, 2010^b)



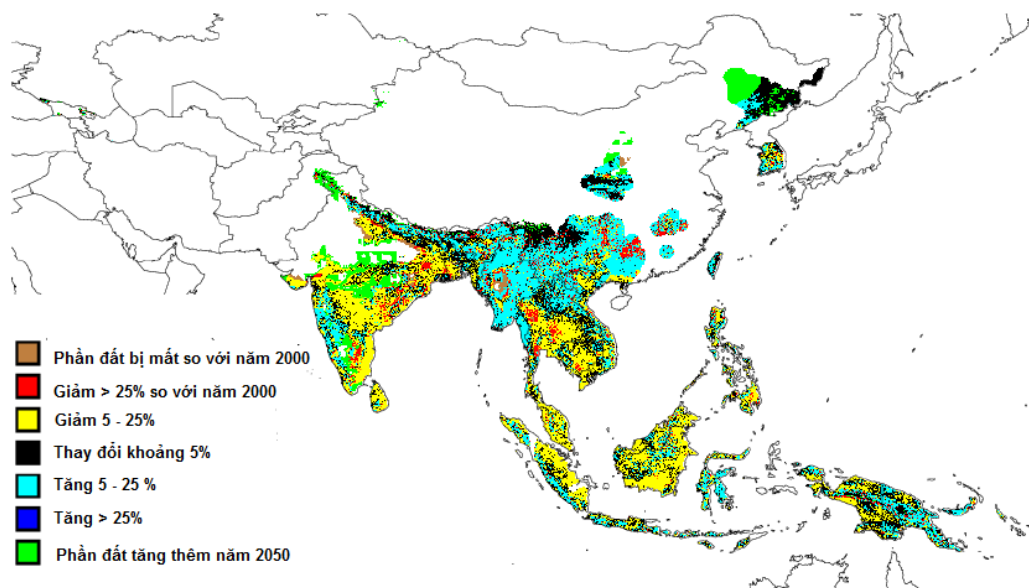
Hình 3.10: Tổn thất lương thực dự đoán do biến đổi khí hậu đến năm 2080

(Nguồn: Cline, 2007)

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA



Hình 3.11: Sự thay đổi sản lượng lúa vùng có tưới ở Châu Á năm 2050
(Nguồn: Rosegrant, 2010^b)



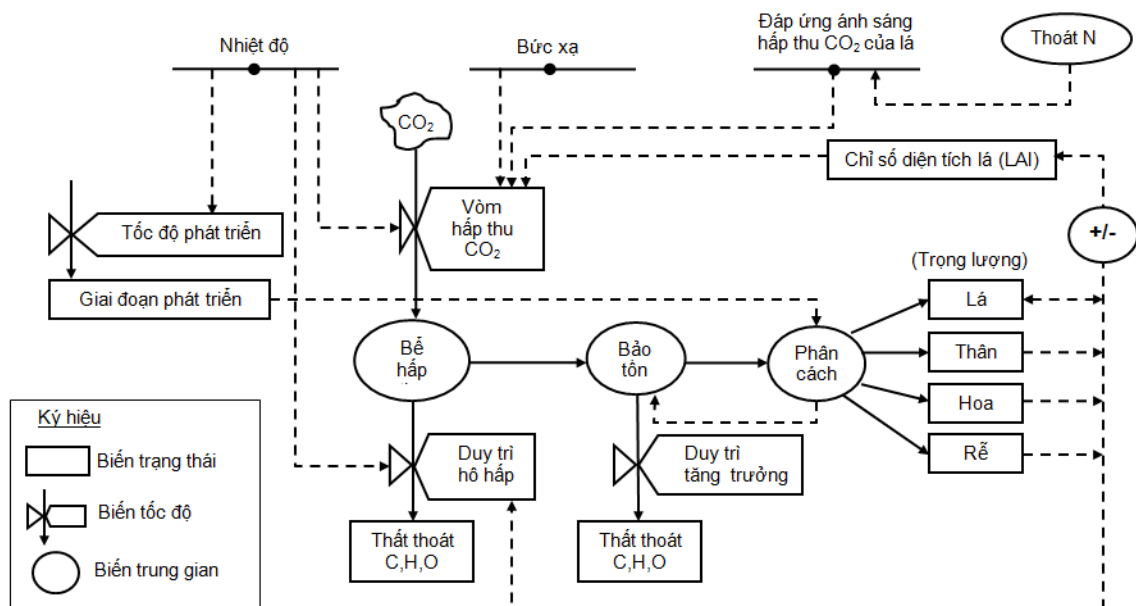
Hình 3.12: Sự thay đổi sản lượng lúa vùng nước trời ở Châu Á năm 2050
(Nguồn: Rosegrant, 2010^b)

➤ Kundzewicz *et al.*, (2007) cho rằng tài nguyên nước trên thế giới trong tương lai sẽ suy thoái cả về số lượng lẫn chất lượng do những hoạt động của con người và tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng. Điều này làm ảnh hưởng đến sản xuất lương thực trên toàn thế giới. Tuy nhiên, theo Kurukulasuriya và Mendelsohn (2006), dù chất lượng và cả số lượng nguồn nước có giảm sút nhưng nếu chúng có thể sử dụng hợp lý phần nào cho tưới nhờ những kinh nghiệm có cải tiến và linh hoạt trong thích ứng của nông dân, thì sản lượng

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

nông nghiệp có thể cứu vãn và duy trì ở một mức ổn định nào đó nếu so với trường hợp không sử dụng nguồn nước xấu hơn và ít hơn để tưới. Đây là một yếu tố cần xem xét cho những mô hình phỏng đoán tương lai về sự tương quan giữa biến đổi khí hậu và sản xuất lương thực, bằng cách tổ hợp các tác động tiêu cực và khả năng thích ứng của nông dân.

➤ Năm 1993, Kropff *et al.* công bố mô hình mô tả tiềm năng sản xuất lúa và các loại hoa màu khác với tên gọi là mô hình ORYZA1. Đây là một mô hình khá phức tạp mô tả tác động của các yếu tố thời tiết như ánh sáng, nhiệt độ và các đặc điểm thay đổi liên quan đến tiến trình khí hậu học thực vật, hình thái học và sinh lý học ảnh hưởng đến tốc độ tăng trưởng hoa màu trong một thời đoạn (ngày) nào đó. Mô hình theo một sơ đồ tính toán hằng ngày cho tốc độ sản xuất chất khô của các bộ phận thực vật, tốc độ tăng trưởng diện tích lá và tốc độ phát triển của thực vật dưới điều kiện khí hậu. Mô hình ORYZA1 được cải biên từ các những mô hình có trước đó như mô hình SUCROS (Spitters *et al.*, 1989; van Laar *et al.*, 1992), mô-đun MACROS LID (Penning de Vries *et al.*, 1989), mô hình INTERCOM (Kropff và van Laar, 1993) và mô hình GUMCAS (Matthews and Hunt, 1994). Hình 3.13 là sơ đồ tổng quát của mô hình ORYZA1.



Hình 3.13: Sơ đồ mô hình ORYZA1

(Vẽ lại từ nguồn: Kropff *et al.*, 1995^b)

➤ Năm 1995, Matthews *et al.* đã mô tả kết quả sự kết hợp sự mô phỏng cạnh tác lúa của hai tiến trình mô hình ORYZA1 và SIMRIW. Nghiên cứu này thử nghiệm kiểu sinh thái của nhóm lúa trồng hằng năm là *indica* (nhóm lúa ‘tiên’, chủ yếu từ các giống lúa vùng nhiệt đới Châu Á như Ấn Độ) và *japonica* (nhóm lúa ‘cánh’, chủ yếu từ các giống lúa vùng á nhiệt đới và ôn đới Châu Á như Nhật Bản) và phỏng đoán sự thay đổi sản lượng lúa trên toàn vùng tương quan đến sự thay đổi nhiệt độ, bức xạ mặt trời, khí CO₂, và đặc điểm của các giống lúa sử dụng. Kết quả tổng quát cho thấy năng suất tiềm năng ở Châu Á sẽ thay đổi theo nhiệt độ gia tăng và nồng độ CO₂ bao quanh như bảng 3.3.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Bảng 3.3: Thay đổi năng suất lúa trung bình ở Châu Á theo khí hậu và nồng độ CO₂

Mô hình và nồng độ CO ₂	Mức gia tăng nhiệt độ không khí			
	0°C	+1°C	+2°C	+4°C
ORYZA1				
340 ppm	0.00	-7.25	-14.18	-31.00
1.5 x CO ₂	23.31	12.29	5.60	-15.66
2 x CO ₂	36.39	26.42	16.76	-6.99
SIMRIW Model				
340 ppm	0.00	-4.58	-9.81	-26.15
1.5xCO ₂	12.99	7.81	1.89	-16.58
2xCO ₂	23.92	18.23	11.74	-8.54

(Nguồn: Matthews et al., 1995)

➤ Theo Kwon and Kim (2008), năng suất lúa trung bình tăng lên khi tăng nhiệt độ (khi nhiệt độ nhỏ hơn 18°C), nhưng năng suất lúa giảm khi nhiệt độ tăng lên khi nó hơn 20°C. Kim and Pang (2009) đã sử dụng hai mô hình CD-CD (*Cobb-Dougllass - Cobb-Dougllass Model*) và LQ – CD (*Linear-Quadratic - Cobb-Dougllass Model*) cho các hàm năng suất bình quân của lúa từ các số liệu thực để phỏng đoán xu thế thay đổi năng suất lúa ở Hàn Quốc. Vùng nghiên cứu có nhiệt độ trung bình là 19-20 °C. Kết quả cho thấy cả hai yếu tố nhiệt độ và mưa đều ảnh hưởng đến năng suất lúa, trong đó nhiệt độ gia tăng có ảnh hưởng tích cực đến gia tăng năng suất lúa ở Hàn Quốc nhưng với lượng mưa gia tăng thì năng suất lúa giảm. Tuy nhiên khi tổ hợp giữa cả hai yếu tố thì năng suất lúa trung bình ở Hàn Quốc tăng từ 10 – 20% (Bảng 3.4).

Bảng 3.4: Các kịch bản biến đổi khí hậu và thay đổi năng suất lúa ở Hàn Quốc

Kịch bản	Thay đổi điều kiện khí hậu		Thay đổi năng suất lúa (%)	
	Nhiệt độ (°C)	Lượng mưa	Trung bình	Biến động
1	0 °C	0 mm	+ 4,15 ~ + 4,51	+ 2,49 ~ + 9,32
2	1 °C	60 mm	- 0,22 ~ - 0,65	+ 0,17 ~ + 0,77
3	2 °C	60 mm	+ 8,09 ~ + 8,37	+ 5,15 ~ + 19,42
4	2 °C	120 mm	+ 7,87 ~ + 7,72	+ 5,32 ~ + 20,18
5	4 °C	60 mm	+ 16,39 ~ + 17,39	+ 10,13 ~ + 38,06
6	4 °C	120 mm	+ 16,17 ~ + 16,74	+ 10,30 ~ + 38,83
7	6 °C	60 mm	+ 24,70 ~ + 26,40	+ 15,11 ~ + 56,71
8	6 °C	120 mm	+ 34,48 ~ + 25,75	+ 15,28 ~ + 57,48

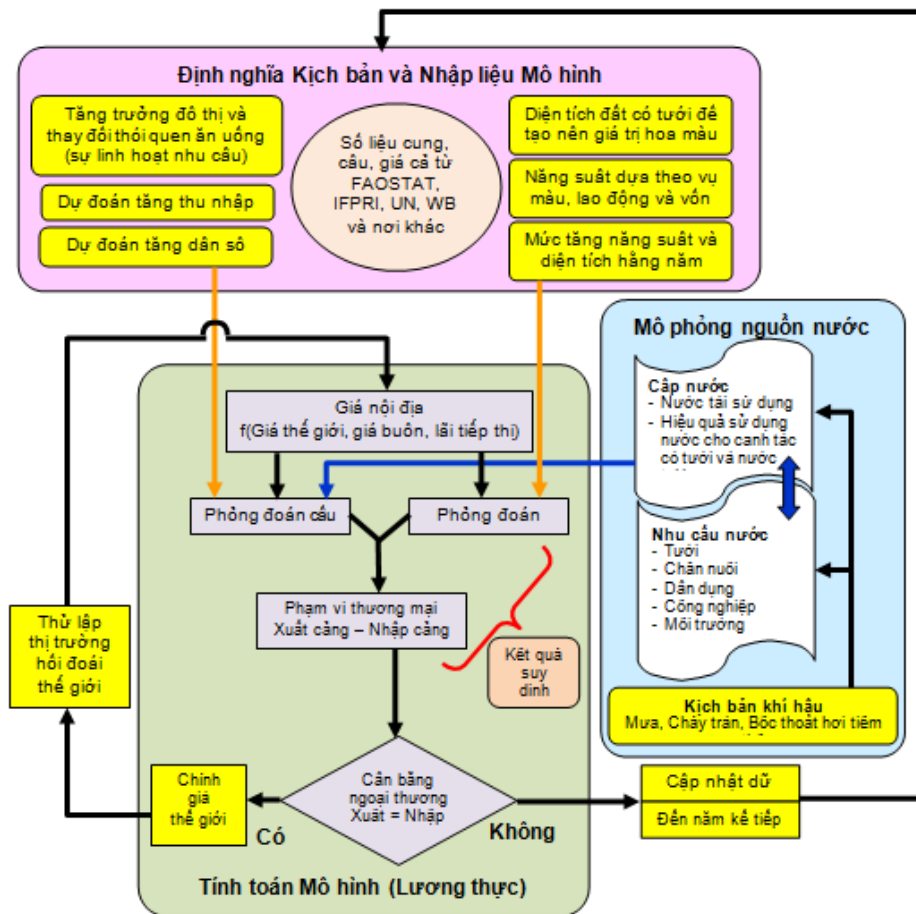
(Nguồn: Kim và Pang, 2009)

➤ Nhóm Gerald et al., (2010) đã phát triển một mô hình mang tên IFPRI's IMPACT model (International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade), gồm kết hợp 3 mô hình (Hình 3.14): mô hình IMPACT (Rosegrant et al., 2008), mô hình nông nghiệp cân bằng từng phần (*partial equilibrium agriculture model*) trong đó nhấn mạnh những mô phỏng chính sách, mô hình thủy văn kết hợp vào bên trong mô hình IMPACT và bộ mô hình canh tác DDSAT (Jones et al., 2003) để ước lượng năng suất của 5 loại cây trồng quan trọng (lúa nước, lúa mì, bắp, đậu nành và đậu phộng) dưới sự thay đổi các hệ thống quản lý và các kịch bản biến đổi khí hậu của IPCC cùng các điều kiện đất trồng, dinh dưỡng

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

DDSAT (The Decision Support System for Agrotechnology Transfer) là phần mềm tổng hợp các ảnh hưởng của đất trồng, kiểu canh tác, thời tiết và biện pháp quản lý và cho kết quả mô phỏng năng suất cây trồng.

đất và theo vị trí địa lý. Dữ liệu nhập cho vị trí địa lý cây trồng và kỹ thuật quản lý canh tác cho DDSAT dựa vào bộ số liệu SPAM (You and Wood 2006). Kết quả mô hình đã phỏng đoán rằng vào năm 2050 sản lượng lúa mì toàn cầu sẽ giảm 47%, lúa gạo sẽ giảm trung bình 27% (Bảng 3.5) và bắp sẽ giảm 13% trong điều kiện canh tác có hệ thống tưới. Đối với các vùng đất canh tác dung nước trời, số liệu suy giảm trung bình này sẽ là 28% với lúa mì, 13% cho lúa và 16% cho bắp. Việc suy giảm sản lượng lương thực trên toàn thế giới sẽ làm giá nông sản sẽ gia tăng gây thêm khó khăn, làm giảm mức tiêu thụ calorie khoảng 22% cho các quốc gia nghèo và đông dân. Tính toán dựa vào mô hình của tác giả này cũng đã dự đoán mức suy dinh dưỡng cho trẻ em ở các quốc gia đang phát triển sẽ gia tăng khoảng 21% (Rosegrant, 2010^b). Theo tác giả, để ứng phó tốt hơn với hiện tượng biến đổi khí hậu, giảm thiểu tình trạng tệ hại hơn cho vấn đề an ninh lương thực, các quốc gia đang phát triển cần có sự cải cách chính sách nông thôn, đầu tư nhiều hơn nghiên cứu sản xuất nông nghiệp, cải thiện các hệ thống thủy nông, sử dụng nước hiệu quả và nâng cấp hệ thống giao thông.



Hình 3.14: Khung mô hình IFPRI's IMPACT

(Nguồn: Vẽ lại từ mô tả của Gerald et al., 2010)

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Bảng 3.5: Phỏng đoán sự thay đổi buôn bán gạo quốc tế do biến đổi khí hậu

Điều kiện theo vùng quốc gia	2010	2050	2010	2050	2010	2050
	(Triệu tấn)	% thay đổi	(Triệu tấn)	% thay đổi	(Triệu tấn)	% thay đổi
	Chuẩn tham khảo		Phỏng đoán bị quan		Phỏng đoán lạc quan	
Các nước phát triển						
+ Giảm thiểu tốt	-2,6	-20,5	-2,7	-61,8	-2,6	-13,7
+ TB Biến đổi khí hậu	-3,0	-12,0	-3,1	-40,5	-3,0	-3,8
Các nước đang phát triển với thu nhập TB						
+ Giảm thiểu tốt	-7,0	-65,7	-6,8	25,1	-7,0	-171,7
+ TB Biến đổi khí hậu	-7,5	8,2	-7,3	82,2	-7,4	-94,9
Các nước đang phát triển với thu nhập thấp						
+ Giảm thiểu tốt	9,6	-53,4	-0,1	-53,4	9,6	-128,5
+ TB Biến đổi khí hậu	10,4	2,5	0,0	2,5	10,4	-68,5

(Nguồn: Gerald et al., 2010)

3.3 Một số phỏng đoán và đánh giá tác động BĐKH lên sản xuất lúa vùng ĐBSCL

Theo mô hình phỏng đoán của Dasgupta et al., (2007), mực nước biển từ nay đến cuối thế kỷ 21 có thể sẽ dâng trung bình lên khoảng 1 mét hoặc hơn, tùy theo sự ứng xử chung của con người. Ngân hàng Thế giới (2009), trong một Hội nghị Quốc tế ở Johannesburg, đã công bố danh sách 12 quốc gia bị tác động lớn nhất trên thế giới do phải đối diện với năm mỗi đe dọa xuất phát từ biến đổi khí hậu là: hạn hán, lũ lụt, bão tố, nước biển dâng và bất ổn lớn về nông nghiệp (Bảng 3.6).

Bảng 3.6: Danh sách 12 quốc gia bị tác động lớn nhất do 5 tác động của biến đổi khí hậu

TT	Hạn hán	Lũ lụt	Bão tố	Nước biển dâng	Nông nghiệp
1	Malawi	Bangladesh	Philippines	Tất cả các đảo thấp	Sudan
2	Ethiopia	Trung Quốc	Bangladesh	Việt Nam	Senegal
3	Zimbabwe	Ấn Độ	Madagascar	Egypt	Zimbabwe
4	Ấn Độ	Cambodia	Việt Nam	Tunisia	Mali
5	Mozambique	Mozambique	Moldova	Indonesia	Zambia
6	Niger	Lào	Mongolia	Mauritania	Morocco
7	Mauritania	Pakistan	Haiti	Trung Quốc	Niger
8	Eritrea	Sri Lanka	Samoa	Mexico	Ấn Độ
9	Sudan	Thái Lan	Tonga	Myanmar	Malawi
10	Chad	Việt Nam	Trung Quốc	Bangladesh	Algeria
11	Kenya	Benin	Honduras	Senegal	Ethiopia
12	Iran	Rwanda	Fiji	Libya	Pakistan

Các nước có thu nhập trung bình
 Các nước có thu nhập thấp

(Nguồn: Ngân hàng Thế giới, 2009)

“Biến đổi khí hậu sẽ đe dọa Việt Nam ở nhiều góc độ: mưa, bão tố, lũ lụt sẽ có nhiều hơn. Mực nước biển có thể sẽ dâng thêm 33cm cho đến năm 2050 và 1m cho đến năm 2100”. Chỉ cần mực nước biển dâng lên 1m, Việt Nam sẽ bị mất khoảng 5% diện tích, 10% GDP, 7% sản lượng nông sản, 10,8% dân Việt Nam phải di tản, và nhiều vùng của ĐBSCL sẽ bị chìm trong nước (UNDP, 2007).

Vùng hạ lưu Đồng bằng sông Cửu Long của Việt Nam được đánh giá như là một trong ba vùng đồng bằng có khả năng bị ảnh hưởng nặng nề nhất do biến đổi khí hậu lên sinh kế của người dân. Đã có nhiều nghiên cứu phỏng đoán các tác động của biến đổi khí hậu lên sản xuất lúa trên quy mô toàn thế giới, trong đó có lưu ý đến vùng ĐBSCL.

Riêng các mô hình nghiên cứu tập trung các ảnh hưởng cho vùng ĐBSCL hoặc cho từng tỉnh thì chưa nhiều. Do không có điều kiện thu thập các báo cáo chính thức đầy đủ nên chỉ phần này lược khảo một số nghiên cứu liên quan đến mô hình đánh giá tác động của BĐKH lên sản xuất lúa ở ĐBSCL.

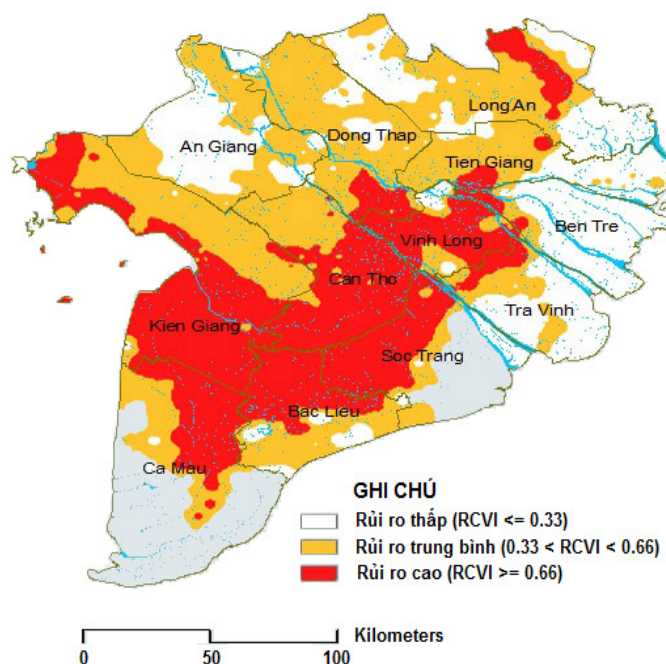
3.3.1 Chỉ số Tồn thương Vụ Lúa

Khang *et al.* (2008), trong nghiên cứu tính nhạy cảm của sự xâm nhập mặn do nước biển dâng và thay đổi dòng chảy sông Mekong lên các vùng sản xuất lúa ở ĐBSCL, đã xây dựng Chỉ số Tồn thương Vụ lúa (Rice Crop Vulnerability Indices - RCVI) để đánh giá mức độ rủi ro các vùng trồng lúa ở ĐBSCL. Chỉ số RCVI được định nghĩa như sau:

$$RCVI = \begin{cases} \frac{\Delta_t}{S_{RC}} & \text{if } \Delta_t < S_{RC} \\ 1 & \text{if } \Delta_t \geq S_{RC} \end{cases}$$

Trong đó, Δ_t là thời gian bị giảm của thời đoạn trồng lúa tiềm năng trong kịch bản “tương lai” so với thời đoạn trong kịch bản “hiện tại”, S_{RC} là thời đoạn của một vụ lúa (110 ngày). $RCVI \geq 1$ có nghĩa là ít nhất sẽ giảm mất một vụ lúa trong năm. Hình 3.15 mô tả phân bố không gian mức độ rủi ro.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

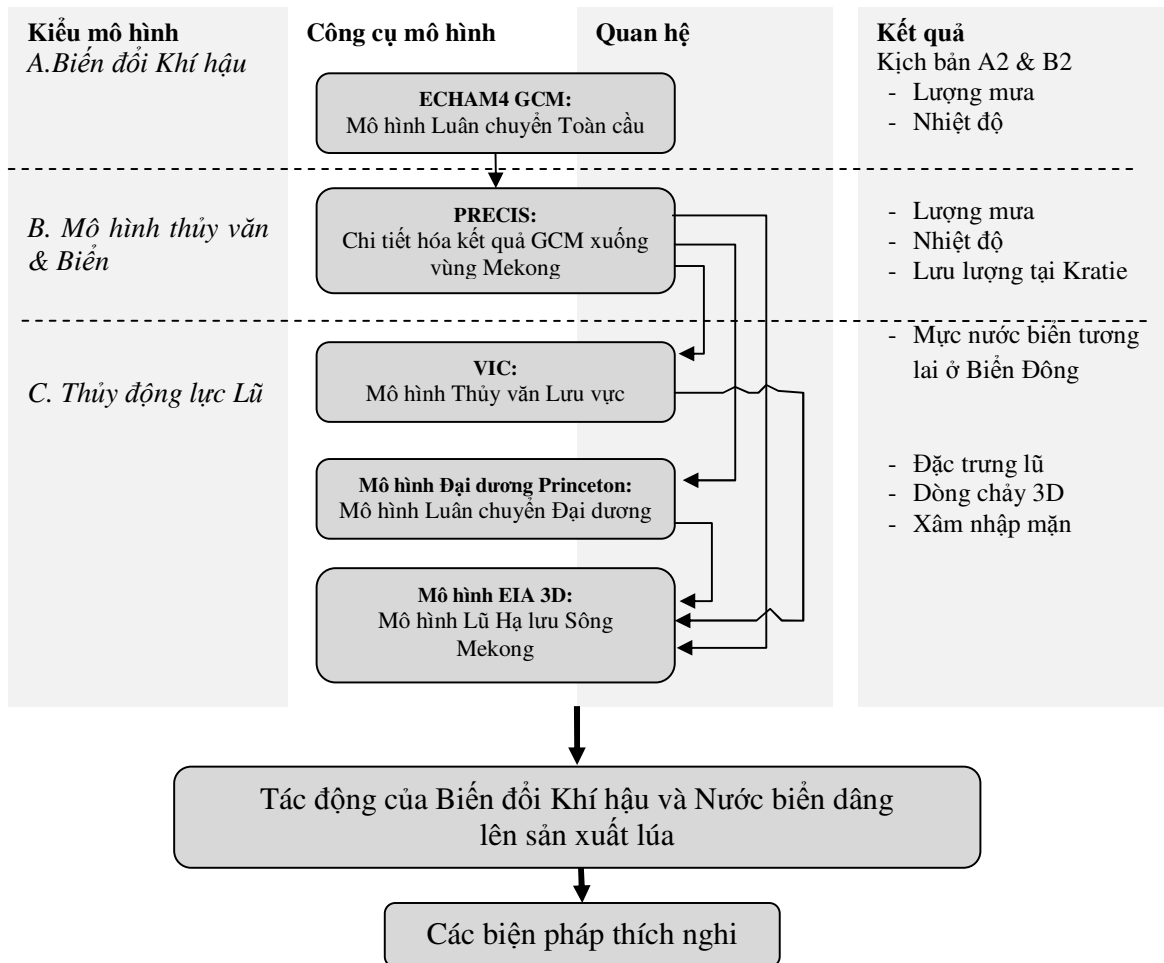


Hình 3.15. Bản đồ rủi ro sản xuất lúa ĐBSCL trong bối cảnh khí hậu biến đổi
(Nguồn: Khang et al., 2008)

3.3.2 Mô hình PRECIS

Một phối hợp nghiên cứu giữa Trung tâm START vùng Đông Nam Á, thuộc Đại học Chulalongkorn, Thái Lan và Viện Nghiên cứu Biến đổi Khí hậu - Đại học Cần Thơ đã phối hợp chạy mô hình Luân chuyển Khí hậu Tổng quát toàn cầu (GCM). Kết quả từ GCM, với kịch bản phát thải khí nhà kính của IPCC là A2 và B2, sau đó được chi tiết hóa bằng mô hình PRECIS, dựa vào chuỗi số liệu khí hậu giai đoạn 1980-2000 để phỏng đoán giai đoạn 2030-2040. Phương pháp nghiên cứu này dựa trên các lý thuyết về biến đổi khí hậu trên toàn cầu nói chung, các tài liệu phỏng đoán về khí hậu trong tương lai và những tác động thực tế của biến đổi khí hậu đối với ngành nông nghiệp nói chung và sản xuất lúa gạo nói riêng, đặc biệt là các tài liệu tổng quan nghiên cứu về biến đổi khí hậu ở vùng đồng bằng sông Cửu Long. Các mô hình ứng dụng và các bước phân tích nghiên cứu được tóm lược ở sơ đồ hình 3.16. Dựa vào kết quả phỏng đoán biến đổi khí hậu, nghiên cứu sẽ phân tích các tác động của nó lên sản xuất lúa gạo của vùng Đồng bằng sông Cửu Long theo việc đánh giá các rủi ro lên các giai đoạn sinh trưởng của cây lúa theo từng thời vụ canh tác. Từ kết quả đánh giá tác động của biến đổi khí hậu lên canh tác lúa, một số giải pháp thích ứng hiện tại cũng như tương lai sẽ được đề xuất.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA



Hình 3.16: Sơ đồ quan hệ mô hình phòng đoán và bước đánh giá tác động - thích nghi
(Nguồn: Tuan and Supparkorn, 2009, có bổ sung)

- ❖ Mô hình PRECIS (*Providing REGIONAL Climates for Impacts Studies*) do Met Office Hadley Centre (Anh Quốc) phát triển. Đây là một hệ thống mô hình khí hậu vùng chạy trên máy tính có hệ điều hành Linux để phỏng đoán biến đổi khí hậu ở bất kỳ nơi nào trên trái đất. Chi tiết tham khảo từ weblink: <http://www.metoffice.gov.uk/precis/>
- ❖ VIC (*Variable Infiltration Capacity*) là mô hình thủy văn lưu vực dựa vào các dữ liệu quá khứ do Maurer et al. (2002) của Đại học Washington phát triển. Bộ số liệu thủy văn cho mô hình VIC do University of Santa Clara lưu trữ có từ 1949-2010.
- ❖ EIA-3D là mô hình thủy động lực học 3 chiều tính toán thủy lực dòng chảy sông ngòi do Environmental Impact Assessment Centre phát triển. Chi tiết tham khảo từ weblink: www.eia.fi/WUP-FIN/training/material/.../EIA_3D_Manual.pdf

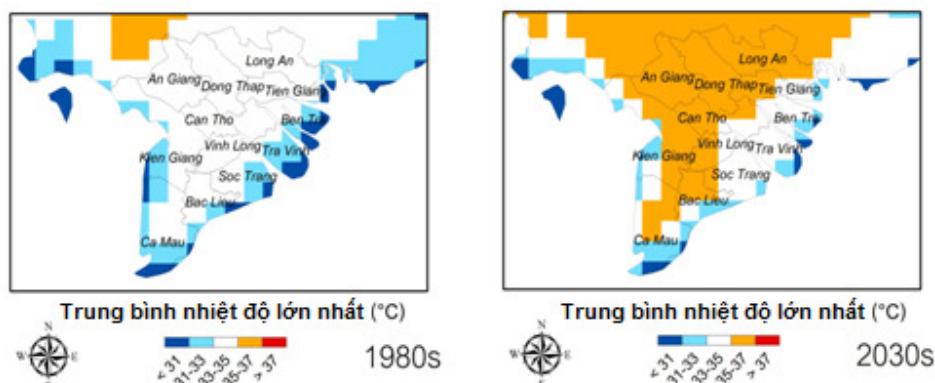
Kết quả mô hình PRECIS cho thấy khí hậu vùng ĐBSCL sẽ bị thay đổi như sau:

- Nhiệt độ cao nhất trung bình mùa khô sẽ gia tăng từ 33-35°C lên 35-37°C (Hình 3.17)

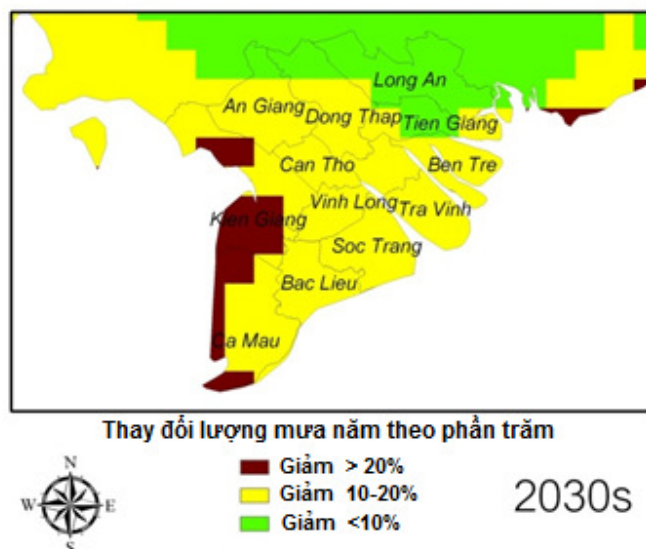
TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

- Lượng mưa đầu vụ Hè Thu (15/4 - 15/5) sẽ giảm chừng 10-20% (Hình 3.18).
- Sự phân bố mưa tháng sẽ có khuynh hướng giảm vào đầu và giữa vụ Hè Thu nhưng gia tăng một ít vào cuối mùa mưa (Hình 3.19).
- Tổng lượng mưa năm tại An Giang, Cần Thơ và Sóc Trăng sẽ giảm chừng 20%, đồng thời thời kỳ bắt đầu mùa mưa sẽ trễ hơn khoảng 2 tuần lễ (Hình 3.20).

Kết quả này tương đối phù hợp với mô hình của IPCC (2007) cho xu thế: (i) nhiệt độ toàn cầu gia tăng 1°C trong giai đoạn 2010-2040 và 3-4 °C trong giai đoạn 2070-2100; và (ii) lượng mưa trung bình trên thế giới sẽ giảm 20 mm trong giai đoạn 2010-2040 nhưng gia tăng 60 mm trong giai đoạn 2070-2100 (Hình 3.21). Mô hình EIA 3D cho vùng ĐBSCL cũng cho thấy xu thế lũ trong giai đoạn 2030-2040 sẽ khác đi so với hiện nay: diện tích vùng ĐBSCL bị ngập sẽ mở rộng hơn về phía Bạc Liêu - Cà Mau (Hình 3.22) nhưng số ngày chịu ngập ở các tỉnh đầu nguồn sẽ giảm (Hình 3.23). Tình hình nhiệt độ gia tăng, mưa giảm, diện tích lũ mở rộng và mực nước biển dâng cao sẽ tác động rất lớn đến hệ sinh thái và sản xuất nông nghiệp cũng như tạo ra các vấn đề khó khăn cho sự phát triển kinh tế - xã hội khu vực.

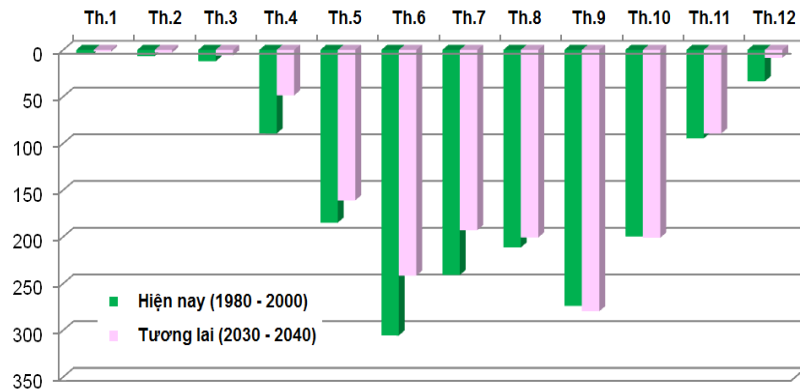


Hình 3.17: Sự thay đổi nhiệt độ lớn nhất trung bình thập niên 2030 so với thập niên 1980

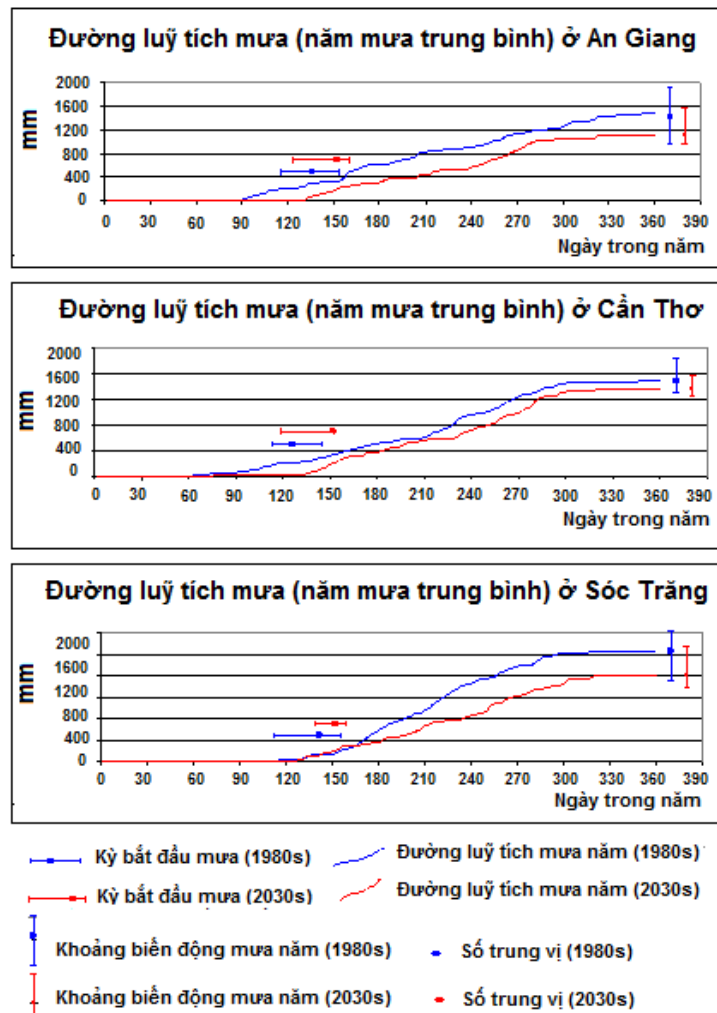


Hình 3.18: Sự suy giảm tổng lượng mưa thập niên 2030 so với thập niên 1980

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

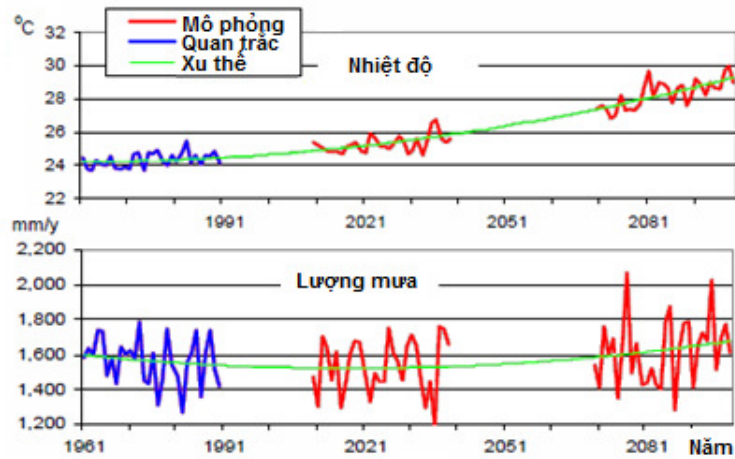


Hình 3.19: Sự thay đổi lượng mưa tháng ở ĐBSCL giai đoạn 2030-2040 so với 1980-2000

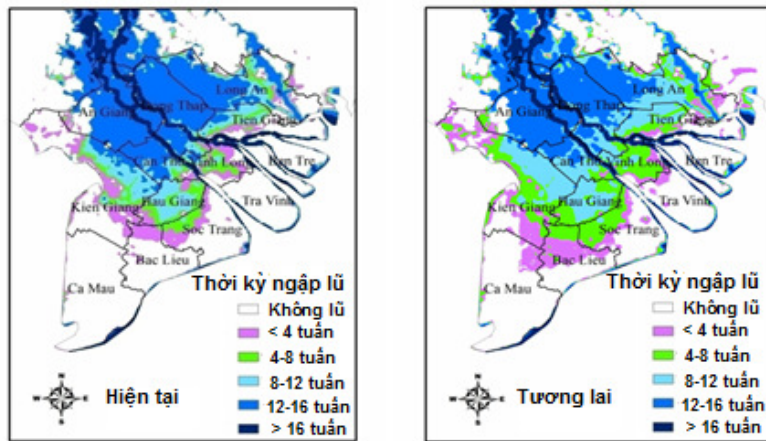


Hình 3.20: So sánh sự thay đổi tính chất mưa các tỉnh An Giang, Cần Thơ và Sóc Trăng

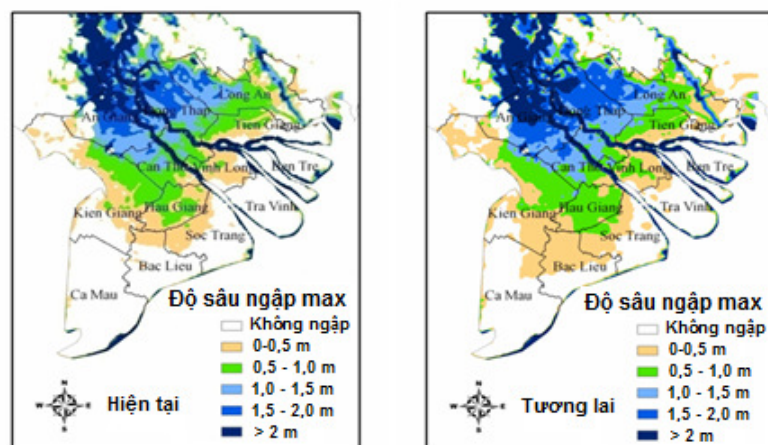
TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA



Hình 3.21: Các phòng đoán sự thay đổi nhiệt độ và lượng mưa
(Nguồn: IPCC, 2007)



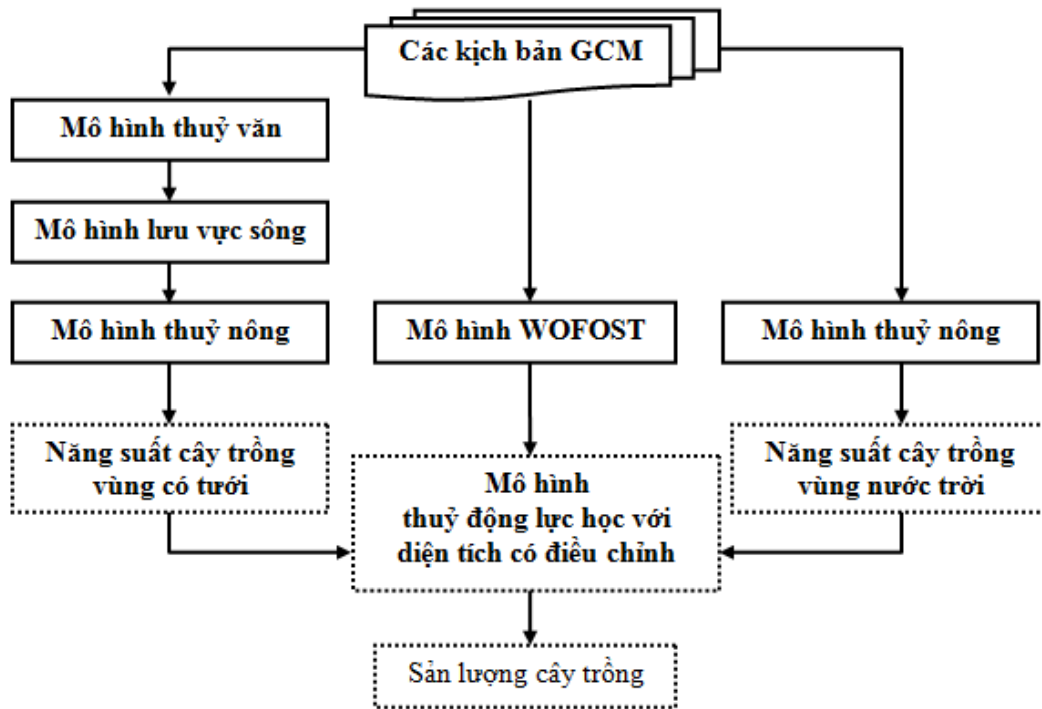
Hình 3.22: Phòng đoán thời gian ngập của thập niên 1980 (hiện tại) và 2030 (tương lai)



Hình 3.23: Phòng đoán độ sâu ngập của thập niên 1980 (hiện tại) và 2030 (tương lai)

3.3.3 Mô hình WOFOST

Yu *et al.* (2010) đã công bố các kết quả ước tính tác động của biến đổi khí hậu lên các hệ thống nông nghiệp và nguồn nước ở Việt Nam, trong đó có vùng ĐBSCL, dựa trên mô phỏng cây trồng, mô phỏng thủy văn, và các mô hình lưu vực sông (Hình 3.24). Từ kết quả này, nhóm nghiên cứu của Yu trình bày cách tiếp cận đa tầng kết hợp mô hình tiên bộ công nghệ và can thiệp chính sách để nâng cao năng suất lúa và giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu. Có hai hướng tiếp cận liên kết với nhau là giải pháp thích ứng điều kiện sinh lý và kinh tế xã hội. Kết quả cho thấy sản xuất lúa gạo có thể sẽ bị tổn hại do biến đổi khí hậu. Tuy nhiên, nếu có đầu tư cơ sở hạ tầng nông thôn, như hệ thống thủy lợi, cầu đường và tăng cường nguồn nhân lực có thể giảm thiểu các tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu. Cập nhật chính sách địa phương phù hợp sẽ là chìa khóa để giảm thiểu hiệu quả các tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu, chú trọng đến các cộng đồng người nghèo và dân tộc thiểu số.



Hình 3.24: Khung mô hình tổng hợp đánh giá tác động của BĐKH lên canh tác lúa
(Nguồn: Yu *et al.*, 2010)

Trong các chuỗi mô hình trên, Mô hình Luân chuyển Toàn cầu (GCM) mô phỏng sự lưu thông của khí quyển và đại dương trên toàn cầu. Mô hình thủy văn mô phỏng các quá trình quan hệ lượng mưa - dòng chảy, ước tính thoát hơi nước và dòng chảy tràn dựa vào số liệu thời tiết đầu vào ở lưu vực sông Hồng, sông Đồng Nai và sông Cửu Long. Mô hình lưu vực sông được xây dựng để tích hợp toàn diện các yếu tố của thủy văn lưu vực sông, nhu cầu nước, hệ thống thủy lợi và chính sách về tài nguyên nước. Mô hình thủy nông thì áp dụng cách tiếp cận đơn giản hóa ước tính tác động của biến đổi khí hậu đối với năng suất cây trồng của Eastham *et al.*, (2008). WOFOST là mô hình phỏng đoán tăng trưởng mùa vụ do Van

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Diepen *et al.* (1989) và Boogaard *et al.* (1998) phát triển. Mô hình WOFOST và các mô hình thực nghiệm nhu cầu nước cho cây trồng của Thurlow *et al.* (2008) cùng được sử dụng để phân tích các tác động của thay đổi lượng mưa và nhiệt độ trên năng suất cây trồng. WOFOST mô phỏng sản lượng tiềm năng theo các dữ liệu cơ sở về canh tác và các kịch bản biến đổi khí hậu. Từ kết quả của các mô hình trên, nghiên cứu có thể phỏng đoán sự thay đổi năng suất tương đối tiềm năng do biến đổi khí hậu do thiếu hụt nguồn nước trong điều kiện có tưới và điều kiện sử dụng nguồn nước trời. Đối với vùng có điều kiện tưới tiêu, mô hình tưới cho cây trồng áp dụng cho mô hình lưu vực sông. Đối với vùng sử dụng nguồn nước mưa thì tính toán nhu cầu nước cho cây trồng dựa vào lượng mưa và độ ẩm của đất và lượng bốc thoát hơi nước cây trồng. Bảng 3.6 là kết quả tính toán của nhóm tác giả Yu (2010) cho sự tổn thất về diện tích và sản lượng lúa ở hai lưu vực ĐBSCL và sông Đồng Nai.

Bảng 3.6: Tổn thất về diện tích và sản lượng lúa theo mùa ở Đồng bằng sông Cửu Long và Đồng bằng sông Đồng Nai do nước biển dâng và xâm nhập mặn đến năm 2050

Lưu vực (Hạ lưu)	Đồng bằng Sông Cửu Long		Đồng bằng Sông Đồng Nai	
	Mùa mưa	Mùa khô	Mùa mưa	Mùa khô
Nguyên nhân	Ngập úng	Xâm nhập mặn	Ngập úng	Xâm nhập mặn
Diện tích tự nhiên bị ảnh hưởng (ngàn hecta)	276	420	22	N/A
Diện tích lúa bị ảnh hưởng (ngàn hecta)	193	294	10.7	N/A
Năng suất (tấn/ha)	4.59	6.02	4.37	N/A
Giảm sản lượng (Triệu tấn)	0.89	1.77	0.05	N/A
Giảm sản lượng (phần trăm %)	5.2	8.0	2.5	N/A

(Nguồn: Yu *et al.*, 2010)

3.3.4 Mô hình DDSAT, SDSM và CERES

➤ Tuan and Linh (2011) thông qua dự án Nghiên cứu So sánh Chiến lược Phát triển qua Xem xét các Tác động Thích ứng đến Biến đổi Khí hậu (Comparative Studies on Development Strategies considering Impacts of Adaptation to Climate Change - CSDS-IACC) của trường Đại học Liên hiệp quốc (UNU) đã áp dụng chuỗi các mô hình DDSAT, SDSM và CERES-Rice Model để phỏng đoán sự biến động của năng suất lúa và đề xuất biện pháp thích ứng phù hợp cho sản xuất lúa, tính toán cho trường hợp của Cần Thơ, vùng ĐBSCL. Tổng quát, có 3 bước chính cho việc tính toán này như mô tả ở hình 3.25.

- Bước 1: Chi tiết hoá (downscaling) kịch bản biến đổi khí hậu dựa vào số liệu GCM và mô hình SDSM.
- Bước 2: Đánh giá tác động của BĐKH lên sản xuất lúa bằng mô hình DDSAT và CERES-Rice Model.
- Bước 3: Đề xuất các khuyến cáo và đánh giá tác động tiềm năng lên các chiến lược thích ứng trong sản xuất lúa.

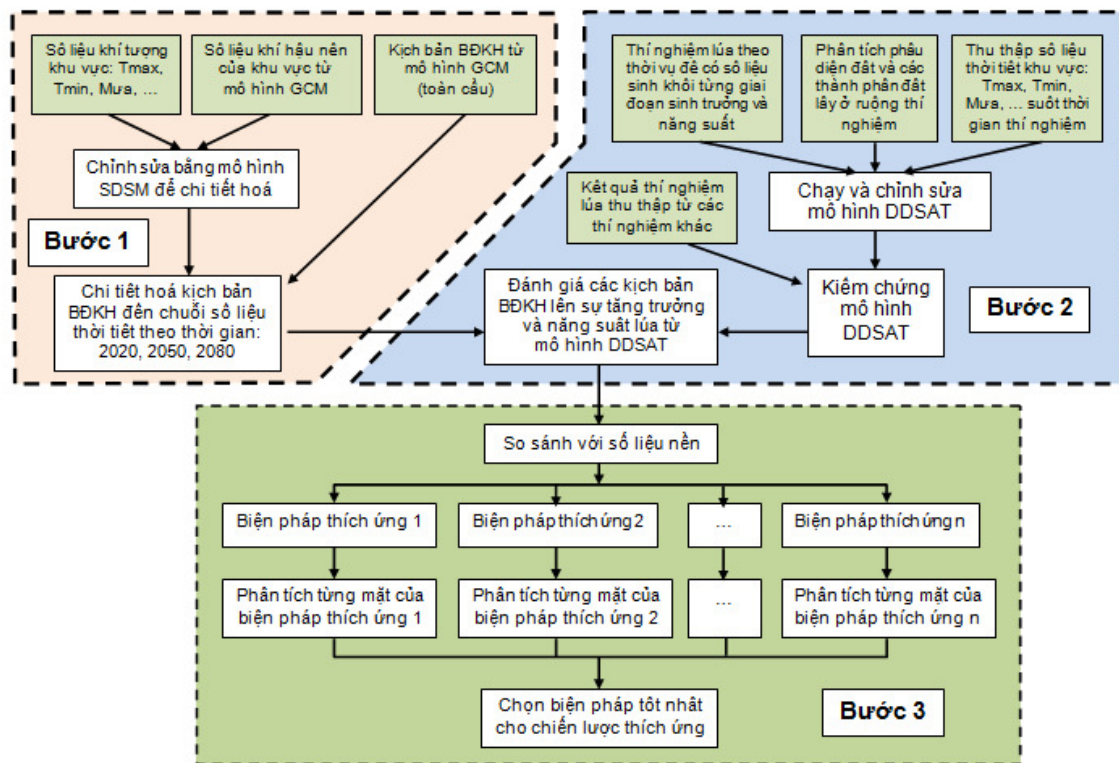
TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

❖ Mô hình SDSM, phiên bản 4.2 (*Statistical DownScaling Model*), là một công cụ ra quyết định để đánh giá tác động của biến đổi khí hậu địa phương sử dụng kỹ thuật chi tiết hoá thô.

❖ Mô hình CERES-Rice là một mô hình theo hướng quản lý và dựa vào tiến trình. Mô hình CERES-Rice có thể mô phỏng sự tăng trưởng và phát triển của lúa theo các ảnh hưởng của sự thay đổi của chế độ nước và phân bón (Ritchie et al., 1998).

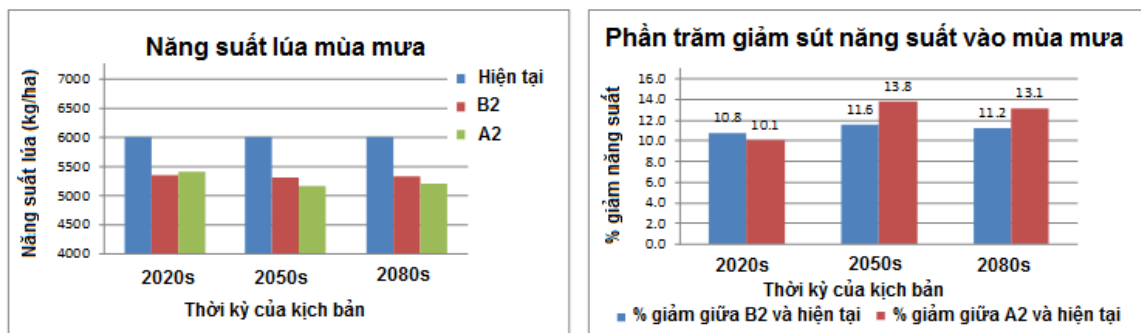
Kết quả mô phỏng cho thấy năng suất lúa trong vùng nghiên cứu giảm trung bình khoảng 13% cho cả mùa mưa và mùa khô. Sự tổn thất năng suất nhiều nhất vào mùa khô ở kịch bản A2 – 2080.

- Vào mùa mưa (vụ Hè Thu), năng suất lúa giảm từ 10,1% đến 13,8% cho cả hai kịch bản B2 và A2 (Hình 3.26).
- Trong khi vào mùa khô (vụ Đông Xuân) sự giảm sút năng suất có biến động cao hơn, thất nhất là 11,1 % đến cao nhất là 19,7% (Hình 3.27).

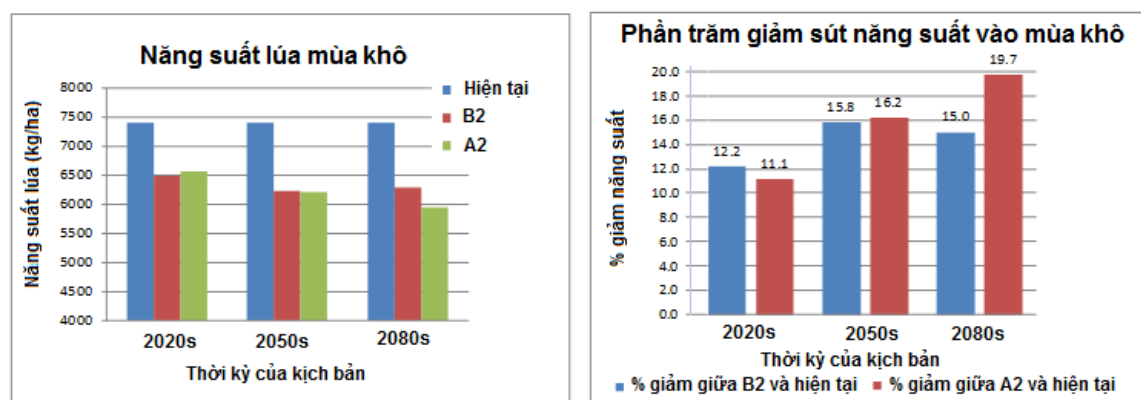


Hình 3.25: Các bước đánh giá tác động của BĐKH lên sản xuất lúa và biện pháp thích ứng (Nguồn: Tuan and Linh, 2011, cải tiến từ dòng tiến trình của dự án CSDS-IACC từ weblink: http://cecar.org/groups/csdsiac/wiki/3b323/Process_Flow.html)

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA



Hình 3.26: Phỏng đoán suy giảm năng suất lúa vào mùa mưa ở Cần Thơ
(Nguồn: Tuan and Linh, 2011)



Hình 3.27: Phỏng đoán suy giảm năng suất lúa vào mùa khô ở Cần Thơ
(Nguồn: Tuan and Linh, 2011)

➤ Nghiên cứu của Phân viện Khí tượng, Thủy văn và Môi trường phía Nam (Thanh et al., 2010) với mô hình DDSAT cũng cho thấy với kịch bản phát thải B2 thì năng suất lúa trung bình của cả vùng ĐBSCL sẽ giảm như kết quả ở bảng 3.7.

Bảng 3.7: Suy giảm năng suất lúa (%) ở ĐBSCL theo kịch bản B2

Năm	Vụ Hè Thu	Vụ Đông Xuân	Vụ Thu Đông
2020	-2,1	-3,2	-0,8
2050	-8,9	-6,1	-7,3
2100	-16,4	-16,3	-21,6

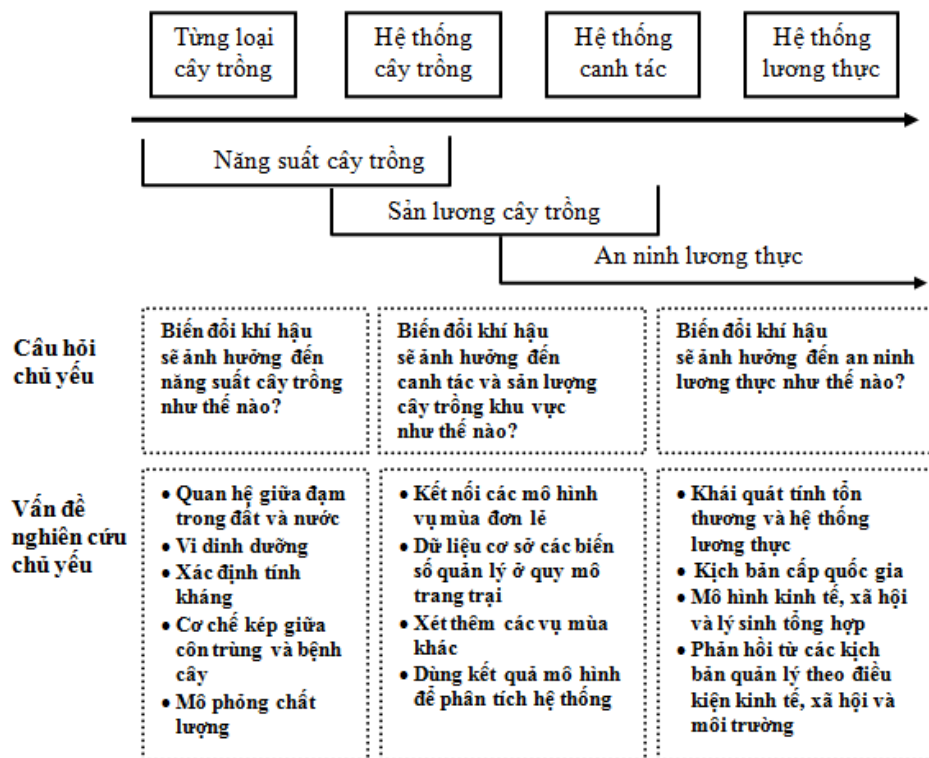
(Nguồn: Thanh et al., 2010)

Chương 4. ỨNG PHÓ VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TRONG SẢN XUẤT LÚA

4.1 Chiến lược tổng quát

4.1.1 Vấn đề liên quan đến biến đổi khí hậu và an ninh lương thực

Các quốc gia đang phát triển và chậm phát triển ở Châu Á và Châu Phi đang và sẽ đối mặt với một thách thức rất lớn do tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng lên vấn đề an ninh lương thực. Do tính phức tạp và liên quan đến nhiều ngành khoa học và quản lý khác nhau trong việc giảm nhẹ tác động của biến đổi khí hậu và gia tăng khả năng thích nghi trong sản xuất lương thực, điều cần thiết là phải có một chiến lược mang tính tổng hợp và toàn diện. Theo Gregory *et al.* (2005), biến đổi khí hậu có thể ảnh hưởng đến hệ thống lương thực theo nhiều cách khác nhau, từ ảnh hưởng trực tiếp đến sản xuất cây trồng, những thay đổi thị trường, giá lương thực và chuỗi cung ứng cơ sở hạ tầng. Để xây dựng chiến lược ứng phó với biến đổi khí hậu, một loạt câu hỏi chủ yếu được đặt ra nhằm xác định vấn đề cần nghiên cứu như minh hoạ ở hình 4.1.



Hình 4.1: Các câu hỏi chủ yếu và vấn đề nghiên cứu từ canh tác đến an ninh lương thực

(Nguồn: Gregory *et al.*, 2005)

4.1.2 Chiến lược của Viện Nghiên cứu Lúa Quốc tế

Viện Nghiên cứu Lúa Quốc tế (Wassmann and Dobermann, 2006) đã đề xuất 4 cách tiếp cận để nghiên cứu chiến lược giảm nhẹ và thích ứng tiềm năng cho hệ thống canh tác lúa dưới điều kiện biến đổi khí hậu, đó là:

- **Tiếp cận số 1: Cải tiến việc trồng lúa**

Chọn lọc giống lúa mới dựa vào nghiên cứu điều khiển gen di truyền và quá trình sinh lý liên quan đến khả năng thích ứng với sự gia tăng nhiệt độ trên toàn cầu. Các giống lúa mới có khả năng duy trì sự phát triển các bông lúa dưới điều kiện không khí nóng hơn và không cần phải mất nước nhiều nước hơn và giảm phát thải khí nhà kính từ các cánh đồng lúa. Việc cải tiến trồng lúa bao gồm: (i) duy trì năng suất tiềm năng ở mức ổn định hoặc cao hơn có thể và đáp ứng tốt hơn theo nồng độ CO₂ trong khí quyển; (ii) hạn chế thải loại CO₂ trong khí quyển; (iii) giảm phát thải khí metan (CH₄) từ đồng ruộng, và (iv) giảm tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch bằng cách tăng khả năng sử dụng đạm hiệu quả.

- **Tiếp cận số 2: Cải tiến việc quản lý phân bón**

Phân bón nitrogen là nguồn phát thải khí N₂O trực tiếp gây hiệu ứng nhà kính và là nguồn gián tiếp tiêu thụ năng lượng nhiên liệu hóa thạch liên kết với quá trình sản xuất và vận chuyển phân bón. Nghiên cứu của IRRI và các nước châu Á khác đã dẫn đến một cách tiếp cận mới là quản lý chất dinh dưỡng theo địa điểm chuyên biệt (*Site-Specific Nutrient Management* - SSNM). Áp dụng cách tiếp cận này sẽ có các lợi ích sau: (i) tăng năng suất lúa và do đó làm tăng hấp thụ ròng CO₂ và (2) có thể làm tăng 30-40% hiệu quả sử dụng nitơ. Điều này mang lại tiềm năng đáng kể để giảm phát thải khí nhà kính kết hợp với sử dụng phân bón N trong hệ thống lúa.

- **Tiếp cận số 3: Cải tiến việc quản lý nước**

Nhiều nghiên cứu thực địa được tiến hành bởi IRRI và các tổ chức nghiên cứu khác đã chỉ ra rằng lượng metan (CH₄) đáng kể có thể được làm giảm nhờ biện pháp quản lý nước cải tiến như tiêu nước giữa mùa mưa hoặc sử dụng phương pháp khô ướt xen kẽ (*Alternate Wetting and Drying* - AWD). Lợi ích của cách tiếp cận này là (i) giảm phát thải khí CH₄ và (ii) tiết kiệm nước để phù hợp với tình trạng thiếu hụt của nước cho thủy lợi ở các vùng lúa.

- **Tiếp cận số 4: Dùng chất dư của cây trồng làm năng lượng tái tạo và hấp thụ carbon**

Sản xuất lúa trên thế giới có thể tạo ra hơn 600 triệu tấn rơm rạ và lượng CO₂ cố định trong các sản phẩm dư thừa của cây trồng có thể phát tán trở lại vào khí quyển. Các phế phẩm từ sản xuất lúa gạo có tiềm năng to lớn như là một nguồn nhiên liệu cho năng lượng tái tạo và có thể đóng một vai trò quan trọng để thay thế tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch ở một số nước châu Á. Có thể tận dụng các phế phẩm này qua áp dụng các kỹ thuật làm: (i) khí sinh học và tái chế các chất rắn sinh học thành phân xanh trả lại cho cánh đồng lúa, (ii) sản sinh ra cả nhiệt và điện từ vỏ trấu tại các cơ sở xay xát, (iii) chế tạo than sinh học (iv) chuyển hoá rơm từ cây lúa nước và lúa mì thành ethanol. Ngoài ra để bù đắp mức tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch, hầu hết các công nghệ này cũng có thể tái chế phân lớn carbon và chất dinh dưỡng cho đất lúa, cải thiện khả năng phì nhiêu đất và giảm tiềm năng nóng lên toàn cầu.

4.1.3 Chiến lược của Chương trình Môi trường Liên hiệp quốc

Trong một tài liệu công bố công trình nghiên cứu rất công phu của Chương trình Môi trường Liên hiệp quốc (UNEP) liên quan đến mối đe dọa do khủng hoảng lương thực trên thế giới trong tương lai (Nellemann *et al.*, 2009), tổ chức quốc tế này đã đề xuất 7 chọn lựa cho các kế hoạch ứng phó đi từ các chiến lược ngắn hạn, trung hạn và dài hạn nhằm con người có thể có được sự gia tăng cung cấp năng lượng từ thực phẩm hiệu quả mà vẫn giữ sự bền vững về môi trường.

4.1.3.1 Chọn lựa ứng phó ở tầm ngắn hạn

- **Chọn lựa 1**

Cần phải có quy định chặt chẽ về giá cả thực phẩm và xây dựng các kho dự trữ ngũ cốc lớn hơn nhu cầu hiện tại nhằm tạo ra một lớp đệm thị trường với mục tiêu giảm nguy cơ đầu cơ lương thực và đối phó với rủi ro cơ giá cả lương thực biến động cao.

- **Chọn lựa 2**

Khuyến khích loại bỏ các trợ cấp và pha trộn theo tỷ lệ nhiên liệu sinh học thế hệ thứ nhất (sử dụng cây lương thực), thúc đẩy thay đổi nhiên liệu sinh học thế hệ cao hơn dựa vào tái chế chất thải (chọn nguồn chất thải không cạnh tranh với thức ăn động vật). Chọn lựa này giúp tránh việc chiếm đất canh tác và nguồn nước để sản xuất nhiên liệu sinh học.

4.1.3.2 Chọn lựa ứng phó ở tầm trung hạn

- **Chọn lựa 3**

Giảm sử dụng các loại ngũ cốc và thực phẩm cá trong thức ăn chăn nuôi và phát triển các lựa chọn thay thế cho động vật và thức ăn cho cá.

- **Chọn lựa 4**

Hỗ trợ nông dân phát triển nông nghiệp sinh thái đa dạng và hệ thống linh hoạt cung cấp các dịch vụ sinh thái quan trọng (như cấp nước và điều hoà nước, duy trì môi trường sống cho thực và động vật hoang dã, đa dạng di truyền, thụ phấn, kiểm soát dịch hại, điều hoà khí hậu), cũng như cấp đủ thực phẩm để đáp ứng nhu cầu tiêu dùng địa phương.

- **Chọn lựa 5**

Thúc đẩy việc mua bán và cải thiện tiếp cận thị trường bằng cách nâng cấp cơ sở hạ tầng và giảm rào cản thương mại. Hoạt động này cần kết hợp với các nỗ lực làm giảm xung đột vũ trang và kiểm soát tham nhũng. Xung đột vũ trang và tham nhũng đều, tác động lớn đến thương mại và an ninh lương thực.

4.1.3.3 Chọn lựa ứng phó ở tầm dài hạn

- **Chọn lựa 6**

Hạn chế sự nóng lên toàn cầu, bao gồm cả việc thúc đẩy hệ thống sản xuất thân thiện với khí hậu nông nghiệp và chính sách sử dụng đất để giúp giảm thiểu biến đổi khí hậu.

- **Chọn lựa 7**

Nâng cao nhận thức về áp lực gia tăng dân số và mô hình tiêu thụ giúp hệ sinh thái bền vững.

4.1.4 Chiến lược của Ấn Độ

Ấn Độ là một quốc gia đông dân hàng thứ 2 trên thế giới, sau Trung Quốc, và là một quốc gia có nhu cầu tiêu thụ gạo lớn. theo Viện Nghiên cứu Nông nghiệp Ấn Độ (Indian Agricultural Research Institute – IARI), Ấn Độ tiêu thụ khoảng 230 triệu tấn gạo trong năm 2009. Theo ước tính khi đến năm 2020, con số này có thể lên đến 276 triệu tấn (IARI, 2009). Biến đổi khí hậu sẽ làm giảm sản lượng lương thực của quốc gia này. Theo Aggarwal (2009), Ấn Độ có 5 chiến lược để ứng phó với biến đổi khí hậu trong sản xuất nông nghiệp:

1. *Trợ giúp nông dân ứng phó với biến đổi khí hậu:* thúc đẩy các hoạt động thông tin thời tiết, tư vấn về nông nghiệp, bảo hiểm sản xuất, tín dụng nông nghiệp, giống, ...
2. *Khuyến khích hệ thống sản xuất lương thực thâm canh:* tăng cường kỹ thuật và đầu vào cho hệ thống sản xuất liên kết với thị trường nông sản;
3. *Cải thiện quản lý đất và nước:* phát triển khoa học kỹ thuật áp dụng trong bảo tồn và sử dụng hiệu quả nguồn tài nguyên đất và nước;
4. *Củng cố chính sách và đẩy mạnh hợp tác khu vực:* động viên nông dân bảo vệ tài nguyên thiên nhiên hiệu quả, trao đổi kinh nghiệm quản lý phù hợp;
5. *Tăng cường nghiên cứu các khả năng thích nghi:* bao gồm cải thiện giống cây trồng, công nghệ bảo tồn tài nguyên, giám sát côn trùng, dịch bệnh, ... song song với việc đánh giá các biện pháp cải tiến, cơ chế thu thập và chia sẻ các dữ liệu về thời tiết, đất, nước và sản xuất nông nghiệp,...

Các hoạt động sau có thể giúp ích cải thiện khả năng thích nghi cho sản xuất nông nghiệp: (Nguồn: http://www.indyarocks.com/blogs/blog_visiterview_main.php?id=110065&sts=rec)

1. Cải thiện giáo dục và tập huấn nhóm dân số phụ thuộc vào nông nghiệp.
2. Nghiên cứu nông nghiệp để phát triển các giống cây trồng mới.
3. Nhận dạng các tổn thương của hệ thống nông nghiệp hiện nay.
4. Xây dựng chương trình lương thực và các chương trình an sinh xã hội khác để cung cấp các dịch vụ bảo hiểm đối phó nguy cơ thay đổi cung ứng thực phẩm.
5. Kết hợp giữa cơ sở hạ tầng giao thông, hệ thống phân phối và thị trường để thúc đẩy việc cung cấp thực phẩm cho người dân trong các kỳ giáp hạt.

Bên cạnh các đề xuất trên, điều khẩn thiết là các quốc gia phát triển và các quốc gia đang phát triển phải xây dựng được một chiến lược kiềm hãm sự phát thải khí nhà kính. Các nước có nền phát triển kinh tế nhanh cần phải thay đổi các công nghệ mới tiết kiệm năng lượng và phục hồi thêm công tác trồng rừng. Điều nhấn mạnh là nên thúc đẩy việc gia tăng sử dụng năng lượng tái tạo như năng lượng mặt trời, năng lượng gió,... Các chương trình mục tiêu quốc gia về biến đổi khí hậu nên đặt trọng tâm giảm thiểu phát thải CO₂. Các biện pháp có tác dụng hạn chế tác động của biến đổi khí hậu lên nông nghiệp.

4.1.5 Chiến lược của Úc

Úc không phải là quốc gia sản xuất lúa nhưng sản xuất nông nghiệp của Úc đã đóng góp một phần lớn trong nền kinh tế quốc gia này. Úc được xem là là đảo quốc lớn nhất thế giới chịu ảnh hưởng lớn các tác động của biến đổi khí hậu lên sản xuất nông nghiệp. Các phương án cho những hành động của chính phủ Úc để hỗ trợ thích ứng biến đổi khí hậu lên sản xuất nông nghiệp như sau:

1. Thu thập thông tin về biến đổi khí hậu (số liệu cơ sở về thông tin thời tiết, phân tích xu thế thời tiết và phỏng đoán vùng về biến đổi khí hậu trong tương lai).
2. Phổ biến các thông tin này đến các người liên quan trong sản xuất nông nghiệp.
3. Đánh giá và mở rộng phân tích theo lợi ích và chi phí cho acc1 chiến lược thích ứng ở quy mô nông trại.
4. Mở rộng việc khuyến khích mọi người chấp nhận các công nghệ mới (như công nghệ tiết kiệm nước cho tưới).
5. Nâng cao kỹ năng và khả năng quản lý đất đai (như cách giải quyết các vấn đề không chắc chắn, quản lý giảm thiểu nhu cầu nước).
6. Trợ giúp việc định danh các hoạt động kinh doanh nông nghiệp có thể có nhu cầu thay đổi trong chiến lược dài hạn của họ.
7. Tiến hành phân tích và quy hoạch để xác định các lĩnh vực không còn phù hợp do biến đổi khí hậu lâu dài liên quan đến các hoạt động nông nghiệp hiện nay, xem xét các phỏng đoán khí hậu, các tổn thương về kinh tế và xã hội và các chính sách cần phải điều chỉnh cấu trúc.
8. Nghiên cứu phát triển cây trồng hoặc vật nuôi thích nghi tốt hơn với khí hậu đã phỏng đoán. Thúc đẩy xây dựng các hạ tầng nguồn gen để hỗ trợ cho các nghiên cứu này.
9. Cung cấp các hỗ trợ kỹ thuật trong giai đoạn chuyển tiếp qua các hệ thống mới thích ứng tốt hơn với các yếu tố khí hậu khẩn cấp.
10. Cung cấp các hỗ trợ tài chính trong giai đoạn chuyển tiếp qua các hệ thống mới thích ứng tốt hơn với các yếu tố khí hậu khẩn cấp.
11. Quan trắc và thực hiện các dịch vụ bảo hành phòng ngừa sâu bệnh, bệnh dịch và cỏ dại thích nghi với sự thay đổi khí hậu.
12. Cải tiến hệ thống phân phối nước (cũng như giảm thất thoát và bốc hơi).
13. Xây dựng các cơ sở hạ tầng mới, ví dụ làm đập nước.
14. Bảo đảm rằng thị trường dịch vụ nguồn nước sẽ hiệu quả và hiệu ích đúng nơi cần cho việc thích nghi hiệu quả.

(Nguồn: Panell, 2011, trích dẫn từ các tài liệu của Ash et al., 2008; Stokes and Howden, 2008; Howden et al., 2007; Smith and Lenhart, 1996; và COAG, 2007)

4.1.6 Chiến lược của Thái Lan

Thái Lan được xem là cường quốc lớn nhất thế giới về xuất khẩu gạo. Năm 2007, Thái Lan đã thu hoạch được 28 triệu tấn gạo và xuất ra thế giới 9 triệu tấn gạo (Kisner, 2008). Ngành nông nghiệp của Thái Lan thu hút 49% dân số. Cũng như nhiều quốc gia nông nghiệp khác, Thái Lan vừa là một đất nước góp phần tạo nên sự phát thải khí nhà kính cao vừa là nơi chịu tác động của biến đổi khí hậu, cụ thể là tình trạng nhiệt độ không khí có xu thế ngày càng tăng cao, tình trạng hạn hán, lũ lụt, úng ngập xảy ra thường xuyên và với cường độ lớn hơn. Năm 2007, Cục Quản lý Đô thị Bangkok (Bangkok Metropolitan Administration - BMA) đã ra Tuyên bố Bangkok về giảm nhẹ biến đổi khí hậu với 23 tổ chức công cộng và tư nhân qua 5 nhóm giải pháp:

1. Giảm tiêu thụ năng lượng và tài nguyên thiên nhiên;
2. Giảm lượng phát thải khí gây hiệu ứng nhà kính;
3. Khuyến khích lối sống tiết kiệm;
4. Thúc đẩy các hoạt động giúp hấp thụ khí nhà kính; và
5. Xây dựng nhận thức của cộng đồng về sự nóng lên toàn cầu.

Theo Suppakorn *et al.*, (2006), trong thực hành sản xuất nông nghiệp, nông dân Thái Lan sử dụng các biện pháp để giảm rủi ro khí hậu bao gồm kỹ thuật thay đổi giống cây trồng, áp dụng cơ giới hoá, luân canh cây trồng và chăn nuôi gia súc thích hợp giữa các mùa lúa. Một số nông dân tăng đầu tư để và duy trì năng suất của các trang trại của họ như xây dựng các hệ thống thủy nông nội đồng, trữ nước mùa khô, bao đê mùa lũ theo những cách thích ứng với biến đổi khí hậu và những thay đổi thời tiết bất thường. Các cơ sở nghiên cứu và phát triển của chính phủ Thái Lan có nhiệm vụ cung cấp giống lúa mới có năng lực ứng phó biến đổi khí hậu, đồng thời duy trì chất lượng lúa theo yêu cầu của thị trường.

4.1.7 Chiến lược của Việt Nam

Việt Nam là một trong các quốc gia nông nghiệp trong đó sản xuất lúa chiếm một tỷ lệ cao trong cơ cấu canh tác cây trồng và cung cấp sản lượng lương thực. Việt Nam cũng là quốc gia chịu nhiều tác động trực tiếp và gián tiếp do hiện tượng biến đổi khí hậu và nước biển dâng, đặc biệt là vùng Đồng bằng sông Cửu Long, vùng Đồng bằng sông Hồng và các vùng canh tác đất thấp dọc duyên hải miền Trung. Trong các thập kỷ tới, Việt Nam phải đối mặt với nhiều thách thức mới trong sản xuất nông nghiệp:

- Thiên tai và các hiện tượng thời tiết cực đoan cũng như sự thay đổi đặc điểm dòng chảy sông ngòi, chất lượng nguồn nước và sự suy thoái nguồn tài nguyên đất đai sẽ tạo những ảnh hưởng bất lợi cho quá trình sản xuất lúa.
- Nguy cơ phụ thuộc nguồn nước từ bên ngoài quốc gia ngày càng cao sẽ tạo thêm nhiều khó khăn trong quản lý nước tổng hợp. An ninh nguồn nước là một thách thức ngày càng rõ rệt hơn trong các thập niên tới.
- Cơ sở hạ tầng nông nghiệp như hệ thống tưới tiêu, hồ trữ nước, trạm cơ khí nông nghiệp, đường giao thông, trạm phân phối điện nông thôn, nhà máy chế biến

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

nông sản, ... chưa được đầu tư và quản lý đồng bộ, chưa được thiết kế với các xem xét các tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng trong tương lai.

- Công nghệ giống (*seed technology*) chưa phải là một mũi nhọn trong việc lai tạo, tuyển chọn các giống lúa mới có khả năng kháng lại các yếu tố bất lợi do thời tiết (như thay đổi nhiệt độ, mưa bất thường, khô hạn, gió lớn) và nguồn nước (như nhiễm mặn, ô nhiễm,...).
- Các nguồn sâu bệnh và dịch hại trên cây lúa và các loại nông sản khác ngày càng phức tạp và nghiêm trọng do các sâu bệnh có nhiều khả năng thích ứng tốt hơn với những thay đổi tự nhiên và bất thường của khí hậu. Các nghiên cứu về sự tương tác và biến đổi giữa các loại sâu bệnh, bệnh cây hay các ký chủ trung gian với các yếu tố thời tiết chưa được đầu tư sâu rộng.
- Chiến lược sản xuất lúa quốc gia trong kế hoạch dài hạn có lồng ghép với biến đổi khí hậu chưa chắc chắn. Chính sách nông nghiệp liên quan đến ứng phó với biến đổi khí hậu (quản lý đất đai, tín dụng nông thôn, quản lý giá cả nông sản, phân phối lương thực, thuế nông nghiệp,...) còn nhiều bất hợp lý và đang trong giai đoạn điều chỉnh dần.
- Nông dân và người sản xuất lúa thiếu thông tin trong thị trường trong và ngoài nước. Chưa có cơ chế kiểm soát và quản lý giá nông sản trong quy mô toàn quốc.
- Do các biến động thị trường kinh tế và xu thế dịch chuyển dân cư từ nông thôn lên thành thị tạo nên tình trạng thiếu lao động nông nghiệp.
- Bên cạnh các rủi ro về khí hậu, Việt Nam còn chịu các thử thách về cạnh tranh chất lượng và giá cả trong hàng hoá nông nghiệp ngày càng lớn đòi hỏi phải có nhiều nỗ lực hơn nữa cho đầu tư về khoa học và kỹ thuật canh tác cũng như các chính sách nông nghiệp, nông thôn và nông dân phù hợp.

Việt Nam đã có Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với biến đổi khí hậu là văn bản quan trọng cho việc triển khai các biện pháp ứng phó với biến đổi khí hậu ở Việt Nam (thể hiện qua Quyết định số 158/2008/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ ban hành ngày 02/12/2008). Có 4 nội dung chính của Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với biến đổi khí hậu có 4 nội dung chính, cụ thể là:

- (1) Đánh giá được mức độ tác động của BĐKH đối với các lĩnh vực, ngành và địa phương trong từng giai đoạn;
- (2) Xây dựng được KHHĐ có tính khả thi để ứng phó hiệu quả với BĐKH cho từng giai đoạn nhằm đảm bảo sự phát triển bền vững của đất nước;
- (3) Tận dụng các cơ hội phát triển nền kinh tế theo hướng các-bon thấp; và
- (4) Tham gia cùng cộng đồng Quốc tế trong nỗ lực giảm nhẹ BĐKH, bảo vệ hệ thống khí hậu trái đất.

Theo “Kế hoạch Hành động Ứng phó với Biến đổi Khí hậu của ngành Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn giai đoạn 2011 – 2015, tầm nhìn đến 2050” của Bộ Nông nghiệp và

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Phát triển Nông thôn (2011), mục tiêu chung của chiến lược ứng phó với biến đổi khí hậu của Việt Nam nhằm:

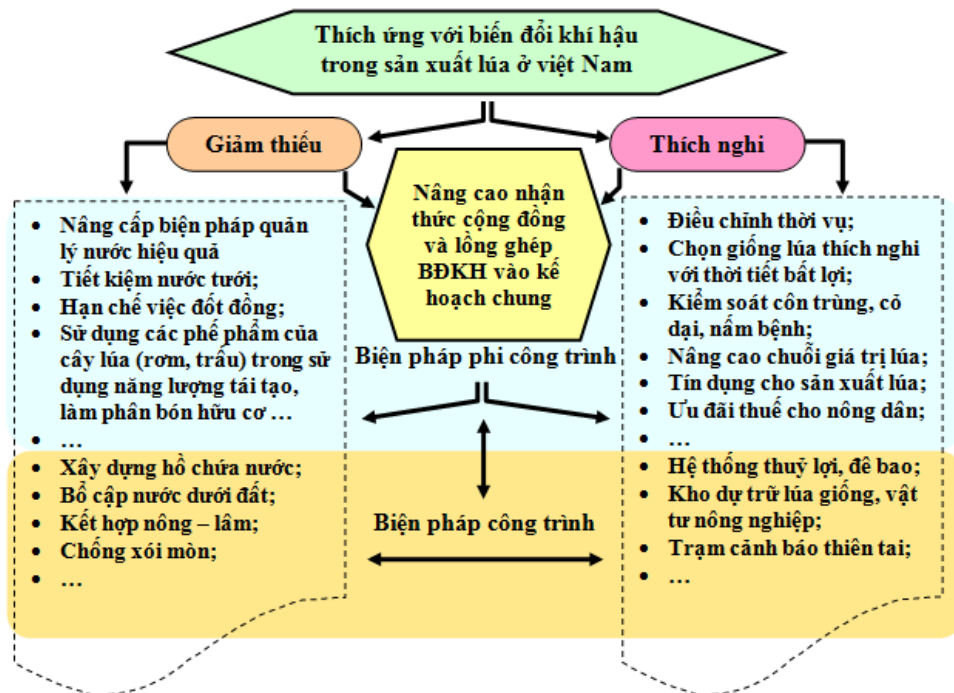
- Ổn định, an toàn dân cư cho các thành phố, các vùng, miền, đặc biệt là vùng đồng bằng sông Cửu Long, đồng bằng Bắc Bộ, ven biển miền Trung;
- Sản xuất nông, lâm, diêm nghiệp và thủy sản ổn định, ít phát thải và phát triển bền vững;
- Bảo đảm an ninh lương thực, ổn định diện tích đất lúa 3,8 triệu ha, trong đó ít nhất 3,2 triệu ha canh tác lúa hai vụ trở lên;
- Đảm bảo an toàn hệ thống đê điều, các công trình dân sinh, hạ tầng kinh tế kỹ thuật, đáp ứng yêu cầu phòng tránh và giảm nhẹ thiên tai;
- Giữ vững mức độ tăng trưởng ngành 20%, giảm tỷ lệ đói nghèo 20% và giảm phát thải khí nhà kính 20% trong từng giai đoạn 10 năm.

Đối với hoạt động nông nghiệp, kế hoạch hành động tập trung các công tác sau:

- *Nghiên cứu quy hoạch các loại đất nông nghiệp, đặc biệt là cây lúa trong điều kiện biến đổi khí hậu, trong đó cần quan tâm đến việc đánh giá toàn diện về khả năng thích nghi, dự báo về khả năng suy giảm năng suất cây trồng theo các kịch bản biến đổi khí hậu với 7 vùng sinh thái;*
- *Chuyển dịch cơ cấu cây trồng, cơ cấu mùa vụ và thích ứng với biến đổi khí hậu của các vùng sinh thái;*
- *Nghiên cứu, chọn tạo và đưa vào thực tế sản xuất các giống cây trồng, vật nuôi, các giảm thiểu tác động gây hiệu ứng nhà kính và thích nghi với biến đổi khí hậu;*
- *Phát triển chăn nuôi với ưu tiên các giống vật nuôi có tính thích ứng cao với môi trường sống rộng. Gắn chăn nuôi với phát triển công nghiệp chế biến thức ăn gia súc, đồng thời xử lý phân thải súc vật (dạng khí sinh học);*
- *Hoàn thiện các quy trình sản xuất, đảm bảo khép kín từ sản xuất nông nghiệp, chế biến thức ăn phục vụ chăn nuôi, quy trình chăn nuôi, quản lý chất thải, phù hợp trong điều kiện biến đổi khí hậu;*
- *Xây dựng kế hoạch áp dụng các công nghệ tiên tiến trong xử lý rác hữu cơ làm phân bón, giảm chôn ú để hạn chế những tác động xấu đến môi trường và hạn chế phát thải khí mê-tan; thực hiện các biện pháp thu hồi triet để khí mê-tan từ các bãi rác đã có làm nhiên liệu;*
- *Áp dụng quy trình GAP trong trồng trọt; sử dụng biện pháp canh tác tiết kiệm phân bón, thuốc trừ sâu; sử dụng nước tiết kiệm; làm đất tối thiểu; kỹ thuật điều tiết nước, phân bón để hạn chế phát sinh khí mê-tan trên ruộng lúa; điều chỉnh cơ cấu cây trồng theo hướng giảm cây trồng phát thải nhiều, tăng cây trồng năng lượng sinh học;*
- *Áp dụng quy trình GAP trong chăn nuôi để nâng cao hệ số sử dụng thức ăn, giảm chất thải, giảm chi phí; áp dụng biogas.*

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Nông dân trồng lúa của Việt Nam, đặc biệt ở vùng ĐBSCL, đã có nhiều kinh nghiệm quý báu trong ứng phó với sự thay đổi của tự nhiên, đặc biệt là các biện pháp thích ứng trong sản xuất lúa, hoa màu, cây ăn trái và nuôi trồng thủy sản. Phương châm “*Sống chung với lũ*” của người dân vùng ĐBSCL đang dần chuyển qua thành “*Sống chung với biến đổi khí hậu*”. Chiến lược ứng phó bao gồm cả hai hoạt động giảm thiểu và thích nghi lồng ghép với cả biện pháp công trình và biện pháp phi công trình như là phương cách kết hợp trong sản xuất nông nghiệp và nâng cao chất lượng cuộc sống của người dân (Hình 4.2).



Hình 4.2: Một số biện pháp ứng phó với biến đổi khí hậu trong sản xuất lúa
(Nguồn: Tuấn, 2010)

4.2 Một số biện pháp ứng phó

4.2.1 Quản lý đất

Theo đề xuất của IPCC (2007^c), liên quan đến việc giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu lên nông nghiệp trên cơ sở quản lý đất đai, cần phải củng cố các vấn đề quản lý sau:

- **Quản lý đất trồng (Cropland management)**
 - Áp dụng các tiên bộ nông học vào thực tế nhằm gia tăng carbon lưu trữ trong đất (Follett *et al*, 2001). Những hoạt động này bao gồm sử dụng các giống cây trồng cải tiến, mở rộng luân canh, tránh bỏ hoang đất trồng và gia tăng mật độ che phủ thực vật.
 - Quản lý tổng hợp chất dinh dưỡng ngay trong đất trồng, làm giảm lượng khí thải tại đồng ruộng, giảm thiểu hiện tượng rửa trôi và bốc hơi đạm (N), nâng cao hiệu

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

- quả sử dụng đậm qua việc trồng cây thích hợp và bón phân đúng thời đoạn phát triển cây trồng.
- Tăng cường lượng nước sẵn có trong vùng rễ qua việc quản lý nước nhằm tăng sinh khối sản xuất, tăng số lượng sinh khối cây trồng trên mặt đất và sinh khối rễ. Tìm cách trả lại đất trồng các sinh khối đã tạo ra và cải thiện tập trung carbon hữu cơ trong đất. Bảo tồn đất và nước bằng biện pháp quản lý tưới tiêu thích hợp.
 - Thực hành quản lý đất canh tác nhằm tối thiểu hoá sự xáo trộn đất và kết hợp với biện pháp làm giảm sự hao hụt carbon trong đất, tạo điều kiện gia tăng phân huỷ chất hữu cơ trong đất và hạn chế hiện tượng xói mòn đất.
 - Áp dụng biện pháp nông lâm kết hợp để tăng dự trữ carbon trong đất và giảm xói mòn. Xây dựng hệ thống canh tác xen kẽ hợp lý giữa cây trồng làm thực phẩm, cây lấy gỗ, cây dung cho chăn nuôi gia súc, cây làm củi và các sản phẩm khác. Thiết lập vành đai rừng, cây xanh làm nơi che chắn ở các vùng ven sông.
- **Quản lý đồng cỏ cải tiến (*Improved grassland management*)**
 - Cải thiện năng suất thông qua việc tăng chất dinh dưỡng cho cây trồng hấp thu và giảm tần số hoặc mức độ cháy (ví dụ như cải thiện chất lượng và số lượng thức ăn gia súc, giống cỏ thức ăn gia súc hoặc cây họ đậu có năng suất cao hơn và rễ sâu hơn, giảm tải nhiên liệu bằng cách quản lý thực vật).
 - Cải thiện chăn thả quản lý bằng cách kiểm soát cường độ và thời gian chăn thả gia súc (ví dụ như quản lý tốc độ thả giống, chăn thả luân phiên, và bao vây của đồng cỏ chăn thả gia súc chăn nuôi).
 - **Quản lý đất hữu cơ (*Management of organic soils*)**
 - Rút nước ở khu đất hữu cơ dẫn đến sự phát thải cao các loại khí nhà kính. Theo Freibauer *et al.*, (2004), để giảm thiểu sự phát thải khí nhà kính trong nông nghiệp thì nên hạn chế việc tiêu nước, hạn chế trồng cây theo kiểu thành hàng (lên liếp) và ụ (đắp mồi), tránh việc cày sâu và cố gắng duy trì mực nước ngầm nông.
 - **Phục hồi các vùng đất bị suy thoái (*Restoration of degraded lands*)**
 - Carbon lưu trữ trong vùng đất bị suy thoái có thể được khôi phục bằng thực hiện cải tạo đặc tính sản xuất của đất (Lal, 2004). Các biện pháp có thể kể ra gồm trồng lại cây, bổ sung dinh dưỡng gồm các hợp chất phân hữu cơ, chất rắn sinh học, các chất phân huỷ hữu cơ được, giảm cày sâu và bảo tồn lượng nước trong đất.

4.2.2 Cải thiện giống lúa

Viện Nghiên cứu Lúa Quốc tế (IRRI) đang dẫn đầu các nghiên cứu cải thiện các giống lúa thích ứng với biến đổi khí hậu. Dưới đây là một số giống lúa triển vọng (Nguồn: <http://irri.org/our-science/better-varieties/climate-change-ready-rice>).

➤ **Giống lúa chịu mặn (*salt-tolerant rice*)**

Các giống lúa chịu mặn, mặn phèn có thể kể ra như:

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

- Các giống du nhập từ IRRI như IR42 và IR48, có tên địa phương là NN4B và NN5B.
- Các giống lúa do Viện Lúa ĐBSCL đưa ra như OM922, OM723-7, OM723-11, OM1348, OM1352-5, OM576, OM2395, AS996, OM2031,....
- IR65185-3B-8-3-2, IR65195-3B-13-2-3, IR52713-2B-1-2 có tên địa phương lần lượt là Sipicot, Matnog và Naga, các giống này du nhập từ IRRI.
- Những thành tựu gần đây tại IRRI đã cho thấy gen SUB1 và Saltol có thể được tổng hợp trong cùng một kiểu gen. Những nhà di truyền đã phối hợp gen Saltol vào giống lúa phổ biến như các giống BRRI Dhan 11, 28 và 29 ở Bangladesh cũng như những giống phổ biến ở Tây Phi. Đến nay, IRRI, với sự giúp đỡ của những quốc gia thành viên, đã phát triển hơn 100 dòng lúa chống chịu mặn. Những dòng đặc sắc này sở hữu những tính trạng cao cấp như năng suất cao, chất lượng gạo tốt, kháng sâu bệnh, chống chịu được môi trường bất lợi và hiện nay đang sẵn sàng đưa ra cho nông dân sản xuất thử trên đồng ruộng.
- Một số giống lúa chống chịu mặn được phóng thích ra cho nông dân sản xuất tại Philippines như: IRRI-112 như PSBRc48 (Hagonoy); IRRI 113 như PSBRc50 (Bicol); IRRI 124 như PSBRc84 (Sipicot); IRRI 125 như PSBRc86 (Matnog); IRRI 126 như PSBRc88 (Naga) và IRRI 128 như NSICRc106.
- Một số quốc gia khác cũng đã đưa ra cho nông dân sản xuất gồm các giống như: CSR10, CSR13, CSR23, CSR27, CSR30, CSR36; Vytilla 1, 2, 3, 4; Panvel 1, 2; Usar dhan 1, 2 và 3 (tại Ấn Độ); BRRI Dhan 40,41 (tại Bangladesh); và GKG 1, OM2717, OM2517, OM3242 (tại Việt Nam).

➤ **Giống lúa chịu ngập (*submergence-tolerant rice*)**

Các giống lúa chịu ngập do IRRI giới thiệu cho vùng Đông Nam Á:

- FR13A, giống lúa gốc có nguồn gen SUB1, là loại gen có tính chống chịu điều kiện bị ngập tốt.
- INPARA-3 (IR70213-9-CPA-12_UBN-2-1-3-1), công bố năm 2008 cho các vùng canh tác ở miền Nam Sumatra, Indonesia.
- IR49830-7-1-2-3, một dòng lúa chịu ngập cho năng suất cao, công bố năm 1999 ở Cambodia.
- IRRI 119 (dòng IR57515-PMI-8-1-1-SRN-1-1), có tên gọi phổ biến là giống lúa Sacobia ở Philippines và Myanmar, công bố năm 1997.
- Một số dòng lúa có triển vọng khác có thể liệt kê ra như IR07F102 (IR64-Sub1), IR05F102 (Swarna-Sub1), IR07F101 (Samba Mahsuri-Sub1), IR07F289 (TDK1-Sub1), IR07F291 (CR1009-Sub1), IR07F290.

➤ **Giống lúa chịu hạn (*drought-tolerant rice*)**

- Các giống lúa chịu hạn được IRRI giới thiệu như giống *Sahbahagi dhan* ở Ấn Độ, giống “5411” ở Philippines và *Sookha dhan* ở Nepal. Trong điều kiện khô hạn như nhau, những giống lúa chịu hạn kể trên có thể đạt năng suất trung bình hơn những giống mẫn cảm hạn từ 0,8 - 1,2 tấn/ha.
- Các giống lúa có nhiều triển vọng kháng hạn như IR64, Swarna và Vandna cũng đang được ghép gen từ phần để có năng suất và khả năng kháng hạn.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

➤ **Giống lúa chịu lạnh (*cold-tolerant rice*)**

Viện Nghiên cứu Lúa Quốc tế và các nhà nông học Hàn Quốc có một chương trình hợp tác để tạo ra các dòng lúa lai có khả năng kháng lạnh dưới hai điều kiện stress do nhiệt độ nước tưới bị lạnh và do không khí trong nhà lưới thực nghiệm bị hạ nhiệt độ. Ví dụ như dòng IR66160-121-4-4-2 có được từ nghiên cứu qua tổ hợp gen chịu lạnh từ giống lúa Jimburg thuộc loài Japonia nhiệt đới của Indonesia và giống lúa chịu lạnh Shen-Nung 89-366 ở vùng phía Bắc Trung Quốc.

➤ **Giống lúa chịu nóng (*heat-tolerant rice*)**

Các nhà khoa học Viện Nghiên cứu Lúa Quốc tế cũng đã tiến hành chọn lọc các giống lúa có khả năng trở vào sáng sớm và bốc thoát hơi cao khi nước dư để kháng lại việc gia tăng nhiệt độ không khí khô và nóng (nhiệt độ không khí vượt trên 35 °C). Giống lúa hoang *O. glaberrima* có những đặc tính thoả mãn các yêu cầu này.

➤ **Giống lúa chịu đất nghèo dinh dưỡng (*Rice that can tolerate poor soils*)**

Nhiều khu vực trồng lúa ở Châu Á, châu Mỹ Latin và Châu Phi bị hạn chế điều kiện cân đối dinh dưỡng do trong đất bị thiếu các khoáng vi lượng như thiếu kali, kẽm và bị ngộ độc do hiện diện các muối nhôm hoặc muối sắt. Các nhà khoa học về giống lúa đang xác định các gen có khả năng kháng chịu với điều kiện đất nghèo dinh dưỡng như vậy. IRRI đã xác định được giống/dòng chống chịu như Suakoko 8, (*O. sativa*) và CG 14 (*O. glaberrima*).

4.2.3 Biện pháp quản lý nước

Viện Nghiên cứu Lúa Quốc tế (IRRI) đã giới thiệu phương pháp tưới “Khô – Ướt Xen kẽ” (Alternate Wetting and Drying - AWD), như là một biện pháp tưới tiết kiệm nước, đặc biệt có nhiều ý nghĩa trong vụ lúa Đông Xuân, khi lượng mưa gần như không còn và chi phí bơm nước cao. Phương pháp này dựa trên cơ sở là cây lúa không phải lúc nào cũng cần tưới ngập nước, tùy theo từng thời kỳ sinh trưởng như thời kỳ trước khi cây lúa trở bông, chỉ cần cho nước vào ruộng cao tối đa 5 cm và cứ để mực nước hạ dần dần đến khi xuống thấp dưới mặt đất 15 cm mới tưới lại. Ở thời kỳ cây lúa trở bông, chỉ cần giữ mực nước trong ruộng tối đa 5cm đến khi lúa trở đều. Sau khi cây lúa trở bông và xanh chắc thì tiếp tục duy trì mực nước trong khoảng 5 cm trên mặt đất và xuống dưới mặt đất 15 cm. Trước khi thu hoạch khoảng 10 - 15 ngày thì để ruộng lúa khô dần để dễ cắt lúa khi chín.

Nhờ phương pháp này, ngoài chuyện nông dân tiết kiệm được một lượng nước tưới, ít hơn 4 lần so với cách tưới cũ, năng suất lúa bằng và cao, giảm mất đạm, giảm công và chi phí xăng dầu bơm nước. Phương pháp này có có ý nghĩa nhờ giảm đi nhiều khí mê-tan CH₄ và nitrous oxide N₂O do ruộng lúa không bị ngập nước liên tục. Hai chất khí trên góp phần hấp thụ nhiệt gấp 20 – 300 lần so với khí CO₂ gây hiệu ứng nhà kính. Kỹ thuật tưới ướt khô xen kẽ làm giảm thời gian ngập nước của ruộng lúa và giảm phóng thích khí methan 60 - 90%.

Áp dụng phương pháp “Khô - Ướt xen kẽ” kết hợp với biện pháp “3 giảm, 3 tăng” cho vụ Đông Xuân 2005 – 2006 ở An Giang cho thấy nông dân có thể giảm chi phí sản xuất lúa từ 1.800.000đ/ha - 2.600.000 đ/ha, năng suất lúa tăng hơn trước 0.2 tấn/ha, giảm ô nhiễm

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

môi trường... Đây là cơ sở để có thể áp dụng phương pháp này ra nhiều nơi khác như là một trong các biện pháp ứng phó với biến đổi khí hậu trong sản xuất lúa.

4.2.4 Gia tăng các kỹ thuật nông nghiệp khác

- Một kỹ thuật nông nghiệp áp dụng cho chế phẩm của cây lúa nhằm giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu là hầm than từ trấu, hay còn gọi là than nhiệt phân hay than sinh học (biochar). Than này được hầm, thu hồi nhiệt để phát điện, than lại được bón lại vào ruộng lúa có tác dụng hút nước và giữ chất dinh dưỡng góp phần cải tạo độ bạc màu của đất. Than nhiệt phân có thể tồn tại từ hàng trăm đến hàng ngàn năm trong đất như một dạng chôn cất carbon.

- Khuyến khích nông dân không sử dụng biện pháp đốt rơm sau khi thu hoạch nhằm giảm thiểu sự phát thải khí CO₂, tiêu diệt các sinh vật hữu ích trong đồng ruộng và mất dinh dưỡng đất. Rơm sẽ được ủ trồng nấm rơm để tăng thêm thu nhập cho nông dân, bã rơm sau khi sử dụng có thể làm phân bón nhằm giảm phụ thuộc vào phân bón hoá học hay trộn làm chất nền cho hầm ủ biogas.

- IRRI cũng đang nghiên cứu giới thiệu một gene trong hạt lúa có ảnh hưởng làm giảm thời gian cần để có nhiệt độ nấu cơm chín, gọi là đến nhiệt độ hồ hóa. Gene này đang chuyển qua các giống lúa cao sản cho phép rút ngắn thời gian nấu cơm xuống còn 4 phút. Có được giống lúa này thì sẽ tiết kiệm rất nhiều năng lượng cho các quốc gia ăn cơm và có ý nghĩa lớn trong việc giảm thiểu hiện tượng biến đổi khí hậu nhờ sử dụng ít năng lượng hơn.

- Khuyến khích bón phân xanh làm giảm nhu cầu khai thác mê-tan trong sản xuất phân bón vô cơ.

4.3. Một số dự án nghiên cứu sản xuất lúa trong điều kiện biến đổi khí hậu

Dưới đây là một số dự án nghiên cứu và triển khai trong chiến lược ứng phó với biến đổi khí hậu trong sản xuất lúa.

Tên dự án: ClimaRice project
Nơi triển khai: Tamil Nadu và Andhra Pradesh, Ấn Độ
Mục tiêu: Làm giảm sự không chắc chắn trong dự báo gió mùa trong tương lai, trình diễn khả năng áp dụng các kỹ thuật thích ứng đã lựa chọn và tăng cường khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu cho các người liên quan đối với sản xuất lúa và thực hành quản lý nước thông qua ruộng trình diễn, tăng cường thể chế và năng lực.
Các hoạt động chính: <ul style="list-style-type: none">• Giảm sự không chắc chắn trong phỏng đoán của các mô hình khí hậu và trình diễn khả năng áp dụng các biện pháp thích ứng đã được lựa chọn;• Chuẩn hóa và áp dụng các biện pháp thích ứng biến đổi khí hậu bằng các biện pháp công

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

trình/công nghệ/thực hành và các hoạt động được phát triển liên tục vào chương trình thích ứng ở vùng dự án ;

- Chuẩn hóa các phương pháp có thể được mở rộng lên các khu vực khác bị ảnh hưởng bởi biến đổi khí hậu.
- Khuyến khích sự tham gia tích cực và xây dựng năng lực cho các bên liên quan bao gồm những người nông dân, các nhà quản lý nông nghiệp và quản lý nước để thích ứng với biến đổi khí hậu, nâng cao nhận thức của họ về những điều không chắc chắn liên quan và sự khác biệt giữa thay đổi khí hậu tự nhiên và biến đổi khí hậu.

Thông tin tham khảo:

http://www.bioforsk.no/ikbViewer/page/prosjekt/hovedtema?p_dimension_id=21795&p_merit_id=21803&p_sub_id=21796&p_dim2=21797

Tên dự án: RCCC project (Rice and Climate Change Consortium)

Nơi triển khai: IRRI và IMK-IFU

Mục tiêu: Đảm bảo tương tác hiệp đồng giữa các nhóm nghiên cứu khác nhau, bao gồm cả việc sử dụng chung của các trang mạng nghiên cứu chiến lược, trao đổi dữ liệu, mô hình, và các thông tin khác và nghiên cứu trường hợp tích hợp trong khu vực. Cung cấp mối liên kết với các mạng thay đổi khí hậu toàn cầu và khu vực và các tổ chức, cung cấp các dữ liệu quan trọng và các thông tin mới, tư vấn cho địa phương, các nhà hoạch định chính sách quốc gia, khu vực và toàn cầu.

Các hoạt động chính:

- Một trong các tiểu dự án RCCC là tập trung vào những yếu tố quan trọng của các hệ sinh thái lúa và phương cách thay đổi mục đích sử dụng đất để có thể thích ứng biến đổi khí hậu và kinh tế xã hội.
- Nhóm tiểu dự án khác đánh giá các phương án thích ứng có quy mô toàn cầu, khu vực, tiểu vùng và trang trại. Chiến lược thích ứng sẽ dựa vào các mô hình khí hậu khu vực và các công cụ hỗ trợ ra quyết định cho kỹ thuật canh tác cây trồng có cải thiện theo điều kiện biến đổi khí hậu.
- RCCC phối hợp chặt chẽ với các dự án khác tại IRRI trong chọn lựa giống cây trồng và quản lý tài nguyên có cải tiến để nâng cao khả năng phục hồi của hệ thống sản xuất lúa dưới điều kiện biến đổi khí hậu. Hỗ trợ nông dân, nhà quản lý nông nghiệp và quản lý nước để thích ứng với biến đổi khí hậu, nâng cao nhận thức của họ về những điều không chắc chắn liên quan và sự khác biệt giữa thay đổi khí hậu tự nhiên và biến đổi khí hậu.

Thông tin tham khảo:

http://imk-ifu.fzk.de/75_868.php

Tên dự án: CLUES project (Climate Change affecting Land Use in the Mekong Delta: Adaptation of rice-based cropping systems)

Nơi triển khai: Đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam

Mục tiêu: Mục tiêu chính của dự án là tăng khả năng thích ứng của các hệ thống sản xuất lúa gạo trong khu vực ĐBSCL. Dự án sẽ cung cấp cho nông dân và các cơ quan quản lý các công nghệ và kiến thức để cải thiện an ninh lương thực ở ĐBSCL.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Các hoạt động chính:

- Cải thiện khả năng chống chịu với độ mặn và độ ngập nước của các giống lúa và dòng ưu thế có thể thích nghi ở địa phương.
- Xây dựng khả năng quay vòng dinh dưỡng đất định lượng, xem xét cả lượng phát thải khí gây hiệu ứng nhà kính từ ruộng lúa
- Phát triển các phương án quản lý tổng hợp đất, cây trồng, chất dinh dưỡng và nước
- Xác định yếu tố sinh học, vật lý, kinh tế và xã hội, năng lực của nông dân để thích ứng với biến đổi khí hậu.
- Phân tích sâu việc lập quy hoạch sử dụng đất ở các vùng ven biển

Thông tin tham khảo:

<http://irri.org/our-science/climate-change/climate-research/clues-project>

<http://www.vietnam.embassy.gov.au/hnoi/MR110222ACIARNewProject.html>

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Aggarwal, P.K.; Banerjee, B; Daryaei, M.G; Bhatia, A; Bala, A; Rani, S; Chander, S; Pathak, H; and Kalra, N. (2006). InfoCrop: A dynamic simulation model for the assessment of crop yields, losses due to pests, and environmental impact of agro-ecosystems in tropical environments. II. Performance of the model. *J. Agr. Sys.* **89(1)**: 47-67.
- Aggarwal, P.K; Kropff, M.J; Cassman, K.G; and Berge, H.F.M. (1997). Simulating genotypic strategies for increasing rice yield potential in irrigated, tropical environments. *J. Field Crops Res.*, **51**: 5-17.
- Awmack, C.S., C.M. Woodcock and R. Harrington (1997). Climate change may increase vulnerability of aphids to natural enemies. *J. Ecol. Ent.*, **22**:366-368.
- Bala, B. K., Munnaf, M. A., Ruma, F. Y. and Alam, M. S. (2011). *Modeling of climate change impacts on agriculture, forests and fishery*. Proceedings of the 4th International Conference on Environmentally Sustainable Development - ESDev 2011 on 24-26 July 2011, Abbottabad, Pakistan, 2011.
- Bartels, D. and Sunkar, R. (2005) Drought and Salt Tolerance in Plants. *J. Crit. Rev. Plant Sci.* **24**: 23–58.
- Basak, J. K., Ali, M. A., Islam, M. N. and Rashid, M. A. (2010). Assessment of the effect of climate change on boro rice production in Bangladesh using DSSAT model. *J. Civil Eng.*, **38(2)**: 95-108.
- Boogaard, H.L., C.A. Van Diepen, R.P. Roetter, J.M.C.A. Cabrera, and H.H. Van Laar (1998). *WOFOST 7.1: User's guide for the WOFOST 7.1 crop growth simulation model and WOFOST Control Center 1.5*. Wageningen, the Netherlands: Alterra.
- Boyer, J.S. (1982) Plant Productivity and Environment. *J. Sci.* **218**: 443–448.
- Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (2011). *Kế hoạch Hành động Ứng phó với Biến đổi Khí hậu của ngành Nông nghiệp và PTNT Giai đoạn 2011 – 2015 và Tầm nhìn 2050* (Ban hành kèm theo Quyết định số 543/QĐ-BNN-KHCN ngày 23 tháng 3 năm 2011 của Bộ trưởng Bộ Nông nghiệp và PTNT).
- Bhuiyan, Sadiq I. (2004). *Rice Research and Development in the Flood-prone Ecosystem*. IIRI publication, ISBN 9789712201974.
- Buchanan, B.B., W.Gruissem, R.L. Jones (2000). *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. ASPP, Rockville, Maryland, USA.
- Bouman, B.A.M., R.M. Lampayan, T.P. Tuong (2007). *Water Management in Irrigated Rice Coping with Water Scarcity*. Los Banos, Philippines, International Rice Research Institute, 54p.
- Catling, D. (1992). *Rice in Deep Water*. MacMillan Press, London
- CIEP (2010). *Report on the state of the environment in Poland 2008*. Warsaw. Web-link: http://www.gios.gov.pl/zalaczniki/artykuly/SOER_PL_2008_angielski.pdf
- Chakraborty, S., A.V. Tiedemann, and P.S. Teng (2000). Climate Change: Potential impact on plant diseases. *J. Environ. Poll.* **108**:317-326.
- Chaves, M.M. and B. Davies (2010). Drought Effects and Water Use Efficiency. *J. Func. Plant Bio.*: **37**, iii–iv.
- Chaves, M.M., J.S. Pereira, and J. Maroco (2003). Understanding Plant Response to Drought—From Genes to the whole Plant. *J. Func. Plant Bio.*: **30**, 239–264.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

- Chaves, M. M., J. Flexas, and C. Pinheiro (2009). Photosynthesis under Drought and Salt Stress: Regulation Mechanisms from whole Plant to Cell. *J. Ann. Botany*: **103**, 551–560.
- Cline, W.R. (2007). *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*. Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics. Washington, D.C.
- Coakley, S.M., H. Scherm, S. Chakraborty (1999). Climate Change and Disease Management. *J. Ann. Rev. Phyto*. **37**:399-426.
- Coviella, C. and J. Trumble (1999). Effects of elevated atmospheric carbon dioxide on insect-plant interactions. *J. Conserv. Biol*. **13**:700-712.
- Dayan, F. E., D. Cook, S.R. Baerson, and A.M. Rimando (2005). *Manipulating the Lipid Resorcinol Pathway to Enhance Allelopathy in Rice*. Proceedings of the 4th World Congress on Allelopathy, Regional Institute Ltd., Gosford, Australia, 96-105.
- De Datta, S.K. (1981). *Principles and Practices of Rice Production*. John Wiley & Sons Inc., Canada. 637p.
- De Silva, C.S., Weatherhead, E.K., Knox, J.W., Rodriguez-diaz, J.A., (2007). Predicting the impacts of climate change - A case study of paddy irrigation water requirements in Sri Lanka. *J. Agr. Wat. Manag.*, **93**(1): 19-29.
- Đệ N.N. (2008). *Giáo trình Cây lúa*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP. HCM. 338 trang.
- Dlugokencky, E.J., S. Houweling, L. Bruhwiler, K.A. Masarie, P.M. Lang, J.B. Miller, and P.P. Tans (2003). Atmospheric Methane Levels off: Temporary Pause or New Steady State?. *Geophysical Research Letters*, **30**(19), 1992, doi:10.1029/2003GL018126
- Duke, J.A. (1978). The Quest for Tolerant Germplasm. In: *ASA Special Symposium 32, Crop Tolerance to Suboptimal Land Conditions*. Am. Soc. Agron. Madison, WI.: 1–61
- Duke, J.A. (1979). Ecosystematic Data on Economic Plants. *Quart. J. Crude Drug Res.* **17**(3–4):91–110.
- Easterling, W.E., P.K. Aggarwal, P. Batima, K.M. Brander, L. Erda, S.M. Howden, A. Kirilenko, J. Morton, J.-F. Soussana, J. Schmidhuber and F.N. Tubiello (2007). *Food, fibre and forest products. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 273-313.
- Eastham, J., F. Mpelasoka, M. Mainuddin, C. Ticehurst, P. Dyce, G. Hodgson, R. Ali, and M. Kirby (2008). *Mekong river basin water resources assessment: Impacts of climate change*. Clayton South, Australia: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO): Water for a Healthy Country National Research Flagship.
- FAO (2008). *FAO Statistic data in FAOSTAT*.
- FAO (2009). *Food Security and Agricultural. Mitigation in Developing Countries: Options for Capturing Synergies*. Rome, Italy, 89p.
- Flohn, H. (1980). *Possible Climate Consequences of Man-made Global Warming*. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 96p.
- Follett, R.F., J.M. Kimble, and R. Lal (2001). The Potential of U.S. Grazing Lands to Sequester Soil Carbon. In: *The Potential of U.S. Grazing Lands to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect*, R.F. Follett, Kimble J.M., Lal R. (Eds.), Lewis Publishers: Boca Raton, Florida. p. 401-430.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

- Freibauer, A., M. Rounsevell, P. Smith, and A. Verhagen (2004). Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma*, **122**:1-23.
- Funtowicz, S.O. and J.R. Ravetz (1990). *Uncertainty and Quality in Science for Policy*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 229p.
- Gale M. (2002). *Applications of Molecular Biology and Genomics to Genetic Enhancement of Crop Tolerance to Abiotic Stress – a Discussion Document*. CGIAR Interim Science Council, Italy 26-30 August 2002.
- GISS (1999). *Link Between Solar Cycle and Climate is Blowin' in the Wind*. Research News, Apr. 8, 1999. Web-link: <http://www.giss.nasa.gov/research/news/19990408/>
- Gerald C.N., M.W. Rosegrant, J. Koo, R. Robertson, T. Sulser, T. Zhu, C. Ringler, S. Msangi, A. Palazzo, M. Batka, M. Magalhaes, R. Valmonte-Santos, M. Ewing, and D. Lee (2009). *Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation*. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington, D.C.. Web-link: <http://ccafs.cgiar.org/sites/default/files/pdf/CC for COP15 Final LR 2.pdf>
- Gerald C.N., M.W. Rosegrant, A. Palazzo, I. Gray, C. Ingersoll, R. Robertson, S. Tokgoz, T. Zhu, T.B. Sulser, C. Ringler, S. Msangi, and L. You (2010). *Food security, farming, and climate change to 2050 : scenarios, results, policy options*. International Food Policy Research Institute, IFPRI research monograph. 338 p.
- Gifford, R.M. (2004). The CO₂ fertilizing effect - does it occur in the real world? *J. New Phyt.*, **163**: 221-225
- Gordon, A.L. (2001). Interocean Exchange. Chapter 4.7. In: *Ocean Circulation and Climate*, G. Siedler, J. Church, and J. Gould (Eds.), Academic Press, 303-314.
- Gregory P.J., J.S.I Ingram, and M Brklacich (2005). Climate Change and Food Security. *Phil. Trans. R. Soc.* **1463**: 2139-2148.
- Grover, A., Aggarwal, P.K., Kapoor, A., Katiyar-Agarwal, S., Agarwal, M. and Chandramouli, A. (2003) Addressing Abiotic Stresses in Agriculture through Transgenic Technology. *J. Curr. Sci.* **84**: 355–367.
- Harrington, R., R. Fleming, I.P. Woiwood (2001). Climate change impacts on insect management and conservation in temperate regions: can they be predicted? *J. Ag. Forest. Entomol.* **3**:233-240.
- Harvell, C.D., C.E. Mitchell, J. Ward, S. Altizer, A.P. Dobson, R.S. Ostfeld, and M.D. Samuel (2002). Climate Warming and Disease Risks for Terrestrial and Marine Biota. *J. Sci.* **296**:2158-2162.
- Hasanuzzaman, S.M. (1974). Cultivation of Deep Water Rice in Bangladesh. In: *Deepwater rice in Bangladesh*, Dhaka (Bangladesh): Bangladesh Rice Research Institute, p. 22-24.
- Hoffman, J.S., Wells, J.B., 1987. Forests: Past and Projected Changes in Greenhouse Gases. In: Shands, W.E., Hoffman, J.S. (Eds.), *The Greenhouse Effect, Climate Change, and US Forests*. The Conservation Foundation, Washington, DC, pp. 19–41.
- Horie, T. (1987). A model for evaluating climatic productivity and water balance of irrigated rice and its application to Southeast Asia. *J. SEA. Stud.* **25**:62-74.
- Horie, T. (1993). Predicting the effects of climate variation and effect of CO₂ on rice yield in Japan. *J. Agric. Meteor.* Tokyo **48**:567-574.
- Horie T., H. Nakagawa, H.G.S. Centeno, and M.J. Kropff (1995). The Rice Crop Simulation Model SIMRIW and Its Testing. In: *Modeling the Impact of Climate Change on Rice Production in Asia*, by Robin B. Matthews, M.J. Kropff, D. Bachelet, and H.H. van

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

- Laar (Eds). Published by Cab International in association with the International Rice Research Institute, p.51-66.
- Hunter, M.D. (2001). Effects of elevated atmospheric carbon dioxide on insect-plant interactions. *J. Ag. Forest. Entomol.* **3**:153-159.
- IEA (International Energy Agency), (2008). *CO₂ Emissions from Fuel Combustion - Highlights*, Web-link: <http://www.iea.org/co2highlights/>
- IPCC (1995). *IPCC Second Assessment Report: Climate Change 1995*. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Web-link: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml
- IPCC (2007^a). *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Web-link: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml
- IPCC (2007^b). *Climate Change 2007: The Physical Basis Summary for Policy Makers*. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2007^c). *Agriculture, in Climate Change: Mitigation*. Working Group III Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- IRRI (1998). *Report of the Fifth External Programme and Management Review of International Rice Research Institute*. Web-link: <http://www.fao.org/wairdocs/tac/x5801e/x5801e00.htm#Contents>
- Kellogg, W.W. (1977). *Effects of Human Activities on Global Climate*. WMO Technical Note No. 156, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.
- Kiehl, J. T., and K. E. Trenberth, (1997). Earth's annual global mean energy budget. *Bull. Amer. Met. Soc.*, **78**:197-208.
- Kim M.K and A. Pang (2009). Climate Change Impact on Rice Yield and Production Risk. *J. Rural Dev.* **32(2)**: 17-29.
- Kimball, B.A., K. Kobayashi, and M. Bindi (2002). Responses of Agricultural Crops to Free-air CO₂ Enrichment. *J. Adv. Agron.* **77**: 293-368.
- Kisner, C. (2008). *Climate Change in Thailand: Impacts and Adaptation Strategies*. International Action. Web-link: <http://www.climate.org/topics/international-action/thailand.htm>
- Khang, N.D., A. Kotera, T. Sakamoto, and M. Yokozawa, (2008). Sensitivity of Salinity Intrusion to Sea Level Rise and River Flow Change in Vietnamese Mekong Delta- Impacts on Availability of Irrigation Water for Rice Cropping. *J. Agr. Meteo.* **64**:167-176.
- Kropff, M.J. and H.H. van Laar (1993). *Modelling Crop-Weed Interactions*. CAB International, Wallingford, UK, and International Rice Research Institute, Manila, The Philippines, 274 pp.
- Kropff, M.J., H.H. van Laar, and H.F.M. ten Berge (1993). ORYZA1, a Basic Model for Irrigated Lowland Rice Production. In: *Simulation and Systems Analysis for Rice Production*, (SARP), IRRI, Los Banos, TPE-WAU, CABODLO, Wageningen. pp. 89.
- Kwon, O-S. and C-G. Kim (2008). Climate Change and Rice Productivity: Nonparametric and Semiparametric Analysis. *J. Korean Agri. Eco. Rev.* **49(4)**:45-64 (in Korean, cited in English by Man-Keun và Arwin, 2009).
- Laar, H.H. van, J. Goudriaan and H. van Keulen (Eds). 1992. *Simulation of Crop Growth for Potential and Water-limited Production Situations (us Applied to Spring Wheat)*.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

- CABO-TT Simulation Reports 27. Centre for Agrobiological Research, Wageningen. 72 pp.
- Lal, R. (2004). Carbon emissions from farm operations. *J. Env. Int.* **30**:981- 990.
- Liên, T.T.P. (2010). *Protein và Tính Chống chịu ở Thực vật*. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội, 346 trang.
- Long S.P., A.A, Elizabeth, D.B.L. Andrew, N. Josef, and R.O. Donald (2006). Food for thought: Lower-than-expected Crop Yield Stimulation with Rising CO₂ Concentrations. *J. Sci.* **312 (5782)**:1918-1921.
- Luo Y., D.O. Tebeest, P.S. Teng, and N.G. Fabellar (1995). Simulation studies on risk analysis of rice leaf blast epidemics associated with global climate change in several Asian countries. *J. Biogeo.* **22(4-5)**:673-678.
- Man-Keun K. and Arwin P. (2009). Climate Change Impact on Rice Yield and Production Risk. *J. Rural Dev.* **32(2)**:17-29.
- Margaret Leinen and Michael Sarnthein (Eds.) (1989). *Paleoclimatology and Paleometeorology: Modern and Past Patterns of Global Atmospheric Transport*. NATO Science Series. Kluwer Academic Publishers, 909p.
- Matthews, R.B. and L.A. Hunt (1994). GUMCAS: A Model Describing the Growth of Cassava (*Manihot esculenta* L. Crantz). *J. Field Crops Res.* **36**:69-84.
- Maurer, E.P., A.W. Wood, J.C. Adam, D.P. Lettenmaier, and B. Nijssen (2002). A long-term hydrologically-based data set of land surface fluxes and states for the conterminous United States, *J. Climate*, **15**: 3237-3251.
- McCormick M. Patrick, Larry W. Thomason and Charles R. Trepte (1995). Atmospheric effects of the Mt Pinatubo eruption. *J. Nature* **373**: 399-404.
- Milankovitch, Milutin (1920). *Théorie Mathématique des Phénomènes Thermiques produits par la Radiation Solaire*. Gauthier-Villars Paris.
- Morgan M.G. and M. Henrion (1990). *Uncertainty: A guide to dealing with uncertainty in quantitative risk and policy analysis*. Cambridge University Press, Cambridge UK, 332p.
- Mueller, A. (2009). *Investment in Agriculture*. Power Point presentation in the 5th World Water Forum, Istanbul, Turkey, organized by FAO.
- Nellemann, C., M. MacDevette, T. Manders, B. Eickhout, B. Svihus, A.G. Prins, and B.P. Kaltenborn (Eds), (2009). *The environmental food crisis – The environment's role in averting future food crises. A UNEP rapid response assessment*. UNDP-GRID-Arendal. Web-link: http://www.grida.no/files/publications/FoodCrisis_lores.pdf
- NOAA (2008). *Carbon Dioxide, Methane Rise Sharply in 2007*. Web-link: http://www.noaanews.noaa.gov/stories2008/20080423_methane.html
- New Zealand Climate Change Office (NZCCO). 2004. *Coastal Hazards and Climate Change. A Guidance Manual for Local Government in New Zealand*. 2nd edition revised by Ramsay, D, and Bell , R. (NIWA). Prepared for Ministry for the Environment. Wellington , New Zealand. Web-link: <http://www.mfe.govt.nz/publications/climate/coastal-hazards-climate-change-guidance-manual/>
- Ngũ, N.Đ. (2008). *Biến đổi khí hậu*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 412 trang.
- Oka, H.I. (1988). *Origin of Cultivated Rice*. Japan Sci. Soc. Press, Tokyo. Elsevier Science Pub. Co., 254p. ISBN 044-4-98919-6.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

- Oh-e, I., K. Saitoh and T. Kuroda (2004). *Effects of Rising Temperature on Growth, Yield and Dry-matter Production of Rice Grown in the Paddy Field*. In: New directions for a diverse planet: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia, ISBN 1 920842 20 9
- Pannell, D.J. (2010). *Policy for climate change adaptation in agriculture*. Web-link: <http://cyllene.uwa.edu.au/~dpannell/dp1003.htm>
- Pathak H., J.K. Ladha, P.K. Aggarwal, S. Peng, S. Das, Y. Singh, B. Singh, S.K. Kamra, B. Mishra, A.S.R.A.S. Sastri, H.P. Aggarwal, D.K. Das, R.K. Gupta (2003). Trends of climatic potential and on-farm yields of rice and wheat in the Indo-Gangetic Plains. *J. Field Crops Res.* **80(3)**: 223-234(12).
- Parry, M., C. Rosenzweig and M. Livermore (2005). Climate change, global food supply and risk of hunger. *J. Phil. Trans. R. Soc.* **360**(1463): 2125-2138.
- Peng S., J. Huang, J.E. Sheehy, R.C. Laza, R.M. Visperas, X. Zhong, C.S. Centeno, G.S. Khush, K.G. Cassman (2004). Rice Yields Decline with Higher Night Temperature from Global Warming. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **101**(27): 9971-9975.
- Penning de Vries, F.W.T., D.M. Jansen, H.F.M. ten Berge and A. Bakema (1989). *Simulation of Ecophysiological Processes of Growth in Several Annual Crops*. Pudoc. Wageningen and IRRI. Los Baños. 271 pp.
- Pidwirny, M. (2006). *Net Radiation and the Planetary Energy Balance*. Fundamentals of Physical Geography, 2nd ed. Web-link: <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7i.html>
- Rapp, D. (2008). *Assessing Climate Change: Temperature, Solar Radiation, and Heat Balance*. Springer - Praxis Pub. 374p. ISBN 978-3-540-76586-8.
- Rahmstorf, S. (2006). *Thermohaline Ocean Circulation*. In: Encyclopedia of Quaternary Sciences, Edited by S. A. Elias. Elsevier, Amsterdam.
- Ritchie J.T., U. Singh, D.C. Godwin, and W.T. Bowen (1998). Cereal growth, development and yield. In: *Understanding Options for Agricultural Production*, by GY Tsuji, G Hoogenboom, PK Thornton (Eds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 79-98.
- Robert H. (2007). *The where and how of rice*. Rice Today, Jul-Sep, 2007. 6(3).
- Rosegrant M.W., M. Ewing, G. Yohe, I. Burton, S. Huq, and R. Valmonte-Santos (2008). *Climate Change and Agriculture: Threats and Opportunities*. Published by Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
- Rosegrant, M.W. (2010^a). *Climate Change and Food Crop Production: Impacts, Mitigation and Adaptation*. Report on Advanced Technologies of Rice Production for Coping with Climate Change: 'No regret' options for adaptation and mitigation and their potential uptake. IRRI, Los Banos, Philippines, June 23-25, 2010
- Rosegrant, M.W. (2010^b). *Impacts of Climate Change on Food Security and Livelihoods*. Oral presentation on the International Conference on: Food Security and Climate Change in Dry Areas. Amman, Jordan, Feb. 1-4, 2010
- Sakate, T. and S. Yoshoda (1978). High Temperature included Sterility in Indica Rice at Flowering. *Japan J. Crop Sci.* **47**:6-17.
- Savitri M., (2009). *Drought-Proof Rice for African farmers*. IRRI, Rice Today April-June 2009. Web-link: <http://irri.org/knowledge/publications/rice-today/features/features-africa/drought-proof-rice-for-african-farmers>

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

- Sass RL. and Cicerone RJ. (2002). Photosynthate Allocations in Rice Plants: Food Production or Atmospheric Methane? In Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, *PNAS* 2002: **99**:11993-11995.
- SDSM, 2007. *SDSM 4.2, User Manual*. Web-link: <https://co-public.lboro.ac.uk/cocwd/SDSM/software.html>
- Snover, A.K., L. Whitely Binder, J. Lopez, E. Willmott, J. Kay, D. Howell and J. Simmonds (2007). *Preparing for Climate Change: A Guidebook for Local, Regional and State Governments*. In association with and published by ICLEI - Local Governments for Sustainability, Oakland, CA.
- Singh S. (2001). Growth, Yield and Biochemical Response of Rice Genotypes to Low Light and High Temperature-Humidity Stress. *Oryza* **37**(1):35-38.
- Singh, S., PK. Aggarwal, and R.N. Yadav (2010). Growth and Yield Response of Rice under Heat Stress during Vegetative, Reproductive, and Ripening growth Phases. In: *Crop management and physiology*, International Rice Research Notes (0117-4185).
- Sheehy JE., Elmido A, Centeno G, and Pablico P. (2005). Searching for New Plants for Climate Change. *J. Agric. Meteorol.* **60**:463-468.
- Soyez K. and K. Graßl. (2008). *Climate Change and Technological Options: Basic facts, Evaluation and Practical Solutions*. SpringerWien New York, 219 p.
- Saseendran, S.A., K.K. Singh, L.S. Rathore, S.V. Singh and S.K. Sinha (2000). Effects of Climate Change on Rice Production in the Tropical Humid Climate of Kerala, India. *J. Clim. Change* **44**(4): 495-514, Doi: 10.1023/A:1005542414134
- Spitters, C.J.T., H. van Keulen and D.W.G. van Kraalingen (1989). A simple and universal crop growth simulator: SUCROS8 7. In: *Simulation and Systems Management in Crop Protection*, R. Rabbinge et al. (Eds). Pudoc, Wageningen, pp.147-181.
- Suppakorn, C., S. Souvannalath, B. Lersupavithnapa, V. Kerdsuk, and N.T.H. Thuan (2006). *Climate risks and rice farming in the lower Mekong River countries*. AIACC Working Paper No. 40. 42p.
- TTK & SEA START RC (2009). *Water and Climate Change in the Lower Mekong Basin: Diagnosis & recommendations for adaptation*, Water and Development Research Group, Helsinki University of Technology (TTK), and Southeast Asia START Regional Center (SEA START RC), Chulalongkorn University, Water & Development Publications, Helsinki University of Technology, Espoo, Finland.
- Thạnh B., N.T.Phượng, L.V.Việt, B.C. Nam, và T.T. Hoàng (2010). *Một số đánh giá Ảnh hưởng của Biến đổi Khí hậu đến Sản xuất Lúa ở Đồng bằng Sông Cửu Long*. Báo cáo tại Hội thảo “Định hướng thích ứng biến đổi khí hậu cho sản xuất nông nghiệp và thủy sản ở vùng ven biển ĐBSCL” tại Đại học Cần Thơ ngày 11/10/2011.
- Thurlow, J., T. Zhu and X. Diao (2009). *The impact of climate variability and change on economic growth and poverty in Zambia*. IFPRI Discussion Paper 890. Washington, D.C. International Food Policy Research Institute (IFPRI). Web-link: <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/ifpridp00890.pdf>
- Tuấn, L.A. (2010). *Đồng bằng Sông Cửu Long: Từ “Sống chung với lũ” đến “Sống chung với biến đổi khí hậu”*. Báo cáo tại Hội thảo Quốc tế về Giải pháp Thích nghi với Biến đổi Khí hậu vùng Đồng bằng Sông Cửu Long, Thành phố Rạch Giá, Tỉnh Kiên Giang, ngày 24/6/2010.
- Tuan, L.A. and C. Suppakorn (2011). Climate Change in the Mekong River Delta and Key Concerns on Future Climate Threats, Book Chapter in: *Environmental Change and*

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

- Agricultural Sustainability in the Mekong Delta*, Mart A, Stewart and Peter A, Coclanis (Eds), *Advances in Global Change Research*, **45(3)**: 207-217, Web-link: <http://www.springerlink.com/content/mg1v6303605k025k/>
- Tuan, L.A. and N.T.N. Linh (2011). *Impacts of Climate Change to Rice Production in Cantho City, the Mekong River Delta, Vietnam*. Final Report of Project “Comparative Studies on Development Strategies Considering Impacts of Adaptation to Climate Change (CSDS-IACC)”. UNU-CTU.
- Tuấn, L.A. và B.V. Tuy (2011). *Các chính sách thích ứng với biến đổi khí hậu và quá trình lồng ghép biến đổi khí hậu vào kế hoạch phát triển địa phương ở vùng Đồng bằng Sông Cửu Long*. Báo cáo tại Hội thảo khoa học "Cộng đồng Thích ứng với Biến đổi Khí hậu và các Chính sách Liên kết", Thành phố Huế, 21/6/2011.
- Tuong, T.P. and B.A.M. Bounman (2003). Rice production in Water Scarce Environments. In: Kijne J.W., Barker R., Molden D., editors. *Water Productivity in Agriculture: limits and Opportunities for Improvement*. Wallingford (UK): CABI Publishing, p. 53-67.
- Tubiello, F.N. and Fischer, G. (2006). Reducing climate change impactson agriculture: Global and regional effects of mitigation, 2000–2080. *J. Tech. Forecas. Soc.Change* **74** (7): 1030-1056.
- CIA (2010). North Korea: Assessing the Impact of Flooding on Agricultural Output (U//FOUO), Open Source Works at 866-509-9403, 15 December 2010, CIA-DI-10-05304. Web-link: <http://www.fas.org/irp/cia/product/nk-flood.pdf>
- UNEP (1996). *Global CFC production*. Web-link: http://maps.grida.no/go/graphic/global_cfc_production
- UNDP (2007). *Human Development Report 2007/2008*. Palgrave MacMillan, 339p.
- USDA (2007). *World Rice Production, Consumption and Stock*. Foreign Agricultural Service.
- USEPA (2010). *Methane and Nitrous Oxide Emissions From Natural Sources*. Technical Report EPA 430-R-10-001 (4/2010). Web-link: <http://www.epa.gov/methane/sources.html>
- USEPA (2006). *Global Mitigation of Non-CO2 Greenhouse Gases*. Office of Atmospheric Programs, Washington DC, USA.
- Van Diepen, C.A., J. Wolf, H. Keulen, and C. Rappoldt (1989). WOFOST: A simulation model of crop production. *J. Soil Use and Manag.* **5(1)**: 16–24.
- Wassmann R. and A. Dobermann (2006). *Climate Change and Rice Cropping Systems: Potential adaptation and mitigation strategies*. International Rice Research Institute, Manila, Phillipines.
- William Solheim (1994). Southeast Asia and Korea: from the beginning of food production to the first states, in "*The history of humanity: Scientific and cultural development*", Volume 1: Prehistory and the beginning of civilisation, UNESCO/Routledge, London, 468-481.
- Yao F., Y. Xu., E. Lin, M. Yokozava, and Z. Zhang (2007). Assessing the impacts of climate change on rice yields in the main rice areas of China, *J. Clim. Change*, **80**: 395-409.
- Yoshida S. (1981). Fundamentals of Rice Crop Science. In: *Climate and rice*. Los Baños Philippines, International Rice Research Institute: 87-88.
- Yoshino, M. (1991). Impact of climatic change on agriculture from the viewpoint of East Asia. In *The Global Environment*, K. Takasuchi and M. Yoshino (eds.). Springer-Verlag, Berlin, pp. 16-41.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

- You, L., and S. Wood (2006). An entropy approach to spatial disaggregation of agricultural production. *J. Agr. Sys.* **9(1-3)**: 329-347.
- Yu, B., T. Zhu, C. Breisinger and N.M. Hai (2010). *Impacts of Climate Change on Agriculture and Policy Options for Adaptation, The Case of Vietnam*. IFPRI Discussion Paper 01015.

Phụ lục 1: Dữ kiện tóm tắt về lúa gạo

- Cây lúa đã được canh tác cách đây hơn 5.000 năm trước Công nguyên.
- Trên toàn thế giới người ta kiểm kê được hơn 140.000 giống lúa có họ là *Oryza sativa* L.. Tuy nhiên, con số chính xác vẫn chưa có lời giải đáp. Ngân hàng Gen Lúa Quốc tế (International Rice Genebank - IRG) đang lưu trữ được hơn 112.000 giống lúa khác nhau.
- Thập kỷ 1990 về sau, chỉ có chừng 11% diện tích trồng lúa trên thế giới ở vùng đất cao, phần trăm còn lại của diện tích lúa đều được trồng ở vùng đồng bằng ngập nước.
- Mười quốc gia dẫn đầu về sản xuất lúa trên thế giới trong năm 2011 lần lượt là: (1) Trung Quốc; (2) Ấn Độ; (3) Indonesia; (4) Bangladesh; (5) Việt Nam; (6) Thái Lan; (7) Myanmar; (8) Phillipines; (9) Brazil; và (10) Nhật Bản.
- Để sản xuất được 1 kg lúa nước cần sử dụng một lượng nước từ 2.500 - 5.000 lít.
- Hơn một nửa dân số trên thế giới ăn gạo 2-3 lần mỗi ngày.
- Nếu chia tổng sản lượng gạo được xay xát hằng năm cho toàn nhân loại thì mỗi người nhận được khoảng 65 kg.
- Chừng 80% lượng lúa gạo trên thế giới do nông dân nghèo, ít đất và thu nhập thấp ở các nước đang phát triển trồng.
- Hàng triệu người nghèo chỉ tiêu hơn một nửa thu nhập của họ để mua gạo ăn.
- Gạo là thực phẩm chính của 17 nước ở Châu Á và Thái Bình Dương, 8 nước ở Châu Phi, 7 nước ở Châu Mỹ Latin và Caribbean và 1 nước ở vùng Cận Đông.
- Châu Á là nơi sản xuất và tiêu thụ hơn 90% sản lượng gạo trên thế giới.
- Một người Châu Á tiêu thụ trung bình khoảng 150 kg gạo/năm.
- Châu Á là nơi có 250 triệu nông trại lúa có diện tích từ 1 ha trở lên.
- Chỉ riêng vùng Nam Á, hơn 530 triệu người nghèo (thu nhập bình quân dưới 1 USD/ngày) có được 60-70% lượng calori vào cơ thể họ hằng ngày từ lúa gạo và các sản phẩm chế biến từ gạo.
- Ở các nước đang phát triển, thất thoát lúa sau thu hoạch trong khoảng 15-16%.
- Phụ nữ đóng góp khoảng 2/3 công sức lao động trong các gia đình nông dân trồng lúa ở các nước Châu Á. Tuy nhiên, kiến thức chuyên môn trong hệ thống canh tác lúa giữa nữ giới và nam giới rất khác nhau.

(Nguồn: Tổng hợp từ các tài liệu của FAO và IRRI)

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

Phụ lục 2: Phỏng đoán sự thay đổi nông sản ở các nước do biến đổi khí hậu

Quốc gia	Đóng góp giá trị NN (% GDP) năm gần nhất	% lao động NN so với cả nước ở năm gần nhất	Tôn thương do biến đổi khí hậu			
			Sản lượng nông nghiệp năm 2003		Ước tính % thay đổi sản lượng nông nghiệp đến 2080s	
			Giá trị USD/ha	Triệu USD	Không bón phân hữu cơ	Có bón phân hữu cơ
Liberia	66	-	419 (c)	1833 (c)	-32.7 (c)	-22.6 (c)
Somalia	66	-	-	-	-16.6 (b)	-4.1
Guinea-Bissau	62	-	419 (c)	1833 (c)	-32.7(c)	-22.6 (c)
CH Trung Phi	56	-	478 (a)	1429 (a)	-60.1 (a)	-54.1 (a)
CHDC Congo	46	-	422	3289	-14.7	-1.9
Sierra Leone	46	-	419 (c)	1833 (c)	-32.7 (c)	-22.6 (c)
Tanzania	45	82.1	430	4634	-24.2	-12.8
Niger	40	-	243	1092	-34.1	-24.2
Mali	37	41.5	350	1644	-35.6	-25.9
Afganistan	36	-	313	2448	-24.7	-13.4
Malawi	34	-	267	651	-31.3	-21.0
Nepal	34	81.9	728	2399	-17.3	-4.8
Burkina Faso	33	-	190	1296	-24.3	-13.0
Uganda	32	69.1	280	2015	-16.8	-4.3
Cambodia	30	70.2	378	1438	-27.1	-16.1
Madagascar	28	78	447	1578	-26.2	-15.1
Mozambique	28	-	253	1123	-21.7	-10.0
Kenya	27	19	446	2300	-5.4	8.8
Zambia	22	-	189	997	-39.6	-31.0
Bangladesh	20	51.7	1355	11421	-21.7	-9.9
Việt Nam	20	58.8	969	8616	-15.1	-2.0
Zimbabwe	19	-	901	3018	-37.9	-29.0
Ấn Độ	18	68.1	777	132140	-38.1	-28.8
Senegal	16	-	441	1104	-51.9	-44.7
Guinea	13	-	419 (c)	1833 (c)	-32.7 (c)	-22.6 (c)

Ghi chú: (a) Giá trị tham khảo cho các nước Châu Phi Xích đạo khác (gồm các nước sau: Cộng hoà Congo, Gabon, Guinea Xích đạo, Cộng hoà Trung Phi); (b) Giá trị tham khảo cho nhóm vùng Sừng Phi Châu khác (nhóm các nước sau: Djibouti, Somali); (c) Giá trị tham khảo cho các nước Châu Phi Xích đạo khác (gồm các nước sau: Guinea, Guinea Bissau, Liberia, Sierra Leone).

(Nguồn: Cline, 2007; World Development Indicators for nearest year)

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SẢN XUẤT LÚA

53 - 530 89/08 - 2011
NR - 2011

