การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและผลกระทบต่อผลผลิตพืชหลักในอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง

รศ.ดร.อรรถชัย จินตะเวช

ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติและศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

บทนำ

สังคมมนุษย์เปลี่ยนแปลงนิเวศน์ธรรมชาติให้เป็นนิเวศน์เกษตรเพื่อการผลิตอาหาร เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค และพลังงานตามความต้องการของประชากรที่เพิ่มขึ้น ในบางพื้นที่นิเวศน์ธรรมชาติและนิเวศน์เกษตรได้ถูกเปลี่ยนเป็นนิเวศน์เมืองเพื่อเป็นพื้นที่อยู่อาศัย การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลต่อสภาพแวดล้อมในดิน บนดินและในอากาศของนิเวศน์นั้นๆ ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่าการเข้าสู่นิเวศน์เมืองและนิเวศน์เกษตรเป็นสาเหตุหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เนื่องจากเป็นแหล่งของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่หลังการปฏิวัติอุตสาหกรรม การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลกระทบต่อทุกระดับทุกภาคส่วนและเพิ่มความรุนแรงมากขึ้นตามลำดับ ผู้เกี่ยวข้องในแต่ละภาคส่วนให้ความเห็นต่างกัน ส่วนหนึ่งเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและผลกระทบที่เกิดขึ้นมีความไม่แน่นอนจัดการยาก ส่วนหนึ่งเห็นว่าต้องดำเนินการอย่างทันทีเนื่องจากความไม่แน่นอนดังกล่าว อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศส่งผลกระทบโดยตรงต่อระบบเกษตรซึ่งเป็นระบบที่มนุษย์ได้ทำการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศน์ธรรมชาติเพื่อการผลิตพืชและสัตว์ในระบบเกษตรตามความต้องการในแต่ละภูมิประเทศและกาลเวลา ดังนั้นต้องทำการศึกษาและวิจัยให้ความรู้ต่อสาธารณะชนอย่างต่อเนื่องโดยมีเป้าประสงค์เพื่อทำความเข้าใจและเตรียมการปรับตัวให้เหมาะสม พร้อมกับทางเลือกในการผลิตของระบบเกษตรที่หลากหลายในการลดระดับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ในปี ค.ศ. 1992 สาธารณรัฐประชาชนจีน-จังหวัดยูนนาน สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว สาธารณรัฐเมียงม่า ราชอาณาจักรไทย ราชอาณาจักรกัมพูชา และสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียตนามได้ร่วมมือกันจัดตั้งโครงการ Greater Mekong Subregion Economic Cooperation Program (GMS Program หรือ GMS) และได้ขอให้ธนาคารเพื่อการพัฒนาแห่งเอเชีย (Asian Development Bank: ADB) เป็นเลขานุการ และในปี ค.ศ. 2004 เขตปกครองตนเองกวางสีซวน (Guangxi Zhang Autonomous Region) ของสาธารณรัฐประชาชนจีนได้เข้าร่วมในภาคี GMS (ADB. 2011a) เป็นอนุภูมิภาคที่มีทรัพยากรธรรมชาติหลากหลายและมีระบบการเกษตรที่มีการผลิตตามความต้องการของในและนอกอนุภูมิภาค ความท้าทายที่ขอสมาชิก GMS ได้แก่การรักษาระดับการผลิตทางเกษตรในขณะเดียวกันอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติด้านภูมิอากาศ ทรัพยากรที่ดิน ทรัพยากรดินและน้ำให้มีการผลิตที่ยั่งยืนภาจใต้การเปลี่ยนแปลงในกายกายภาพ สังคมและเศรษฐกิจโดยภาพรวมระบบเกษตรและอตุสาหกรรมการเกษตรของสมาชิก GMS ยกเว้นในจีน-ยูนนาน ไทยและบางส่วนของเวียตนามอยู่ในสภาพที่ต้องพัฒนา (ABD. 2011b) ซึ่งหมายถึงโอกาสในการพัฒนาและการเติบโตด้านเศรษฐกิจบนพื้นฐานของระบบเกษตร นอกจากนี้อัตราการเติบโตของพื้นที่สูงของ GMS จัดอยู่ในระดับที่ค่อนข้างช้า การคาดการณ์การความต้องการสินค้าเกษตรประเภทเนื้อสัตว์จะเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 3.5-4.0 ต่อปีจนถึง ปี ค.ศ. 2020 ซึ่งเกิดโอกาสในการพัฒนาการเกษตรเพื่อผลิตให้ได้ตามความต้องการ อย่างไรก็ตามระบบเกษตรเป็นระบบนิเวศน์ที่อ่อนไหวและเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ทำให้มีความเสี่ยงต่อภาวะน้ำท่วม ภาวะแล้ง การเกิดโรคและแมลงศัตรูพืชระบาด ส่งผลให้การค้าขาย การขนส่งและการกระจายสินค้าหยุดชงักและอาจจะส่งผลต่อความมั่นคงทางอาหารและสังคมมนุษย์

เอกสารประกอบการบรรยายพิเศษฉบับนี้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1) สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศและทรัพยากรดิน ของ Greater Mekong Subregion (GMS) 2) การใช้ที่ดินในการผลิตพืชหลักข้าว มันสำปะหลัง อ้อยและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทางเกษตร 3) ผลกระทบอาจจะเกิดตามภาพฉายอนาคต 4) ข้อเสนอแนะการวิจัยทางเกษตรเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงโดยการสร้างนวัตกรรมและเทคโนโลยีการเกษตรตามลำดับขั้นของระบบเกษตร

แม่น้ำโขง ลุ่มน้ำโขง และ GMS

แม่น้ำโขงซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลักของ GMS มีต้นน้ำอยู่ในที่ราบสูงธิเบต (94 41 44 E longitude and 33 42 31 N latitude) พื้นที่ลุ่มน้ำมีลักษณะเป็นรูปกระทะมีด้ามถือ (pan-shaped basin) มีพื้นที่ประมาณ 795,000 ตารางกิโลเมตร มีความยาวทั้งสิ้น 4,880 กิโลเมตร จัดเป็นแม่น้ำที่มีความยาวเป็นอันดับที่ 12 ของโลก ค่าเฉลี่ยน้ำท่า 475,000 ล้านเมตร3จัดอยู่ในลำดับที่แปดของโลก และมีค่าเฉลี่ยของดินตะกอนรายปี xxx จัดอยู่ในลำดับที่สิบของโลก (Gupta et al. 2002 ; Gupta and Liew. 2007)

พื้นที่ลุ่มน้ำแบ่งออกเป็นสองตอน ตอนบนและตอนล่างลุ่มน้ำตอนบนมีความยาวประมาณ 2,198 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 190,800 ตารางกิโลเมตร ไหลผ่านจังหวัดธิเบตและยูนานของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนประเทศเดียว เรียกว่าแม่น้ำ Lancang Jiang ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 24 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ และให้น้ำท่าประมาณร้อยละ 15-20 ของปริมาณน้ำท่าทั้งหมด พื้นที่ส่วนใหญ่มีสภาพเป็นภูเขาสูงชันและแคบ มีการชะล้างพังทะลายของหน้าดินในอัตราที่สูงและมีปริมาณดินตะกอนร้อยละ 50 ของดินตะกอนทั้งลุ่มน้ำ ลุ่มน้ำตอนล่างมีความยาวประมาณ 2,711 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 604,200 ตารางกิโลเมตร ไหลผ่านห้าประเทศได้แก่ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว สาธารณรัฐเมียงม่า ราชอาณาจักรไทย ราชอาณาจักรกัมพูชา และสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียตนาม พื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่างสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภท ได้แก่ ประเภทแรกมีลำน้ำสาขาที่ให้น้ำท่าในฤดูฝนอยู่ในฝั่งซ้ายของแม่น้ำโขงอยู่ในพื้นที่ สปป. ลาว เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพมากในการพัฒนาทรัพยากรน้ำ ประเภทที่สองมีลำน้ำสาขาที่ให้น้ำท่าน้อยและพื้นที่ค่อนข้างราบอยู่ในฝั่งขวาของแม่น้ำโขงอยู่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยได้แก่ ลุ่มน้ำชีและลุ่มน้ำมูลเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพน้อยในการพัฒนาทรัพยากรน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำโขงกระจายตัวอยู่ในขอบเขตการปกครองประเทศทั้ง 6 ในอัตราร้อยละ 20.8, 25.4, 3.0, 23.1, 19.5 และ 8.2 ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Population, area and discharge of GMS member states.

Country-Province	Population (Million)		Percent of Mekong Basin	
	Total/[1]	In Mekong Basin	Area	Annual Discharge
Cambodia	14.3		19.5	18
China-Yunnan	46.0	10	20.8	16
China-GuangxiZhang	51.6	-	-	-
Myanmar	59.8		3.0	2
Lao PDR	6.2		25.4	35
Thailand	67.3		23.1	18
Vietnam	86.5		8.2	11
Total	331.7	70	100.0	100

Source: Mekong River Commission, 2005./[1]http://www.gms-eoc.org/gms-statistics/overview/population

แม่น้ำโขงดังกล่าวเป็นแม่น้ำที่ใช้ในการกำหนดพื้นที่อนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง (Greater Mekong Subregion: GMS) ซึ่งหมายถึงพื้นที่ 6 ประเทศได้แก่ สาธารณรัฐประชาชนจีน-ยูนาน สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว สาธารณรัฐเมียงม่า ราชอาณาจักรไทย ราชอาณาจักรกัมพูชา และสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนามดังนั้น GMS จึงมีครอบคุลมพื้นที่ราว 2.6 ล้านตารางกิโลเมตร ประชากรรวม 323 ล้านคน GMS ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ 5-30 แลดติจุดเหนือ จากภาคใต้ของประเทศไทยถึงตอนเหนือของมลฑณยูนานของสาธารณรัฐประชาชนจีน และ 92-109 ลองจิจุดตะวันออกจากตะวันตกของประเทศเมียงม่าถึงฝั่งตะวันออกของประเทศสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียตนาม และในปี ค.ศ. 2004 ครอบคลุมถึง 112 ลองจิจุดตะวันออกเมื่อรวมเขตเศรษฐกิจพิเศษ Guangxi Zhang ของสาธารณรัฐประชาชนจีน (ADB. 2012)

สภาพภูมิประเทศของ GMS

Thomas *et al* (2008) จำแนกสภาพภูมิประเทศของ GMS และพื้นที่โดยรอบตามความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเป็น 3 เขตหลักและ 5 เขตย่อย ได้แก่ (Figure 1)

1. เขตแอลพาย (Alpine zone : APZ) มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเกิน 3,000 เมตร เป็นพื้นที่ยอดเขาสูง ระบบนิเวศน์แตกต่างจากเขตอื่นเนื่องจากสภาพอุณหภูมิและการกระจายตัวของฝน พันธุ์พืชกลุ่มไม้สนเป็นพันธุ์พืชหลัก และมีหิมะปกคลุมตลอดปี

2. เขตภูเขา (Montane Zone)

a. เขตภูเขาตอนบน (Upper Montane Zone : UMZ) มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,000-3,000 เมตร เป็นพื้นที่ยอดเขาและลาดชันเชิงเขา สภาพอุณหภูมิและการกระจายตัวของฝนแตกต่างจากเขตอื่น เป็นแหล่งต้นน้ำของแม่น้ำสายหลักของเขต GMS ทั้งหมด

b. เขตภูเขาตอนกลาง (Middle Montane Zone: MMZ) มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 500-1,000 เมตร เป็นพื้นที่ลาดเชิงเขา มีการทำนาในหุบเขา และการเกษตรแบบหมุนเวียนผสมผสาน (Composite Swidden Agriculture) ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและประสบภาวะฝนแล้งและ/หรือฝนทิ้งช่วง

C. เขตภูเขาตอนล่าง (Lower Montane Zone: LMZ) มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 300-500 เมตร เป็นพื้นที่ดอนเชิงเขา มีการผลิตพืชไร่และนาขั้นบันไดอาศัยน้ำฝน แต่ในบางพื้นที่มีการพัฒนาระบบชลประทานท้องถิ่น ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและประสบภาวะฝนแล้งและ/หรือฝนทิ้งช่วง

3. เขตราบลุ่ม (Lowland Zone: LZ) มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 300 เมตร และแบ่งเขตย่อยอีก 2 เขต ได้แก่

a. เขตราบลุ่มตอนบน (Upper Lowland Zone: ULZ) มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 100-300 เมตร อยู่ในพื้นที่ตะพักตอนบนของลุ่มน้ำอิระวดี ลุ่มน้ำสาละวิน ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำโขง (โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย) และลุ่มน้ำแดง ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาอาศัยน้ำฝน ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและประสบภาวะฝนแล้งและ/หรือฝนทิ้งช่วง

b. เขตราบลุ่มชายฝั่งทะเล (Coastal Lowland Zone : CLZ) มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 0-100 เมตรอยู่ในพื้นที่ราบลุ่มปากแม่น้ำอิระวดี แม่น้ำสาละวิน แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำโขงและแม่น้ำแดง เป็นแหล่งผลิตข้าวหลักของทุกประเทศยกเว้น สปป. ลาว และส่วนใหญ่มีระบบการชลประทานที่ดี ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง แต่มีโอกาสประสบภาวะน้ำท่วมรวมทั้งความเสี่ยงที่เกิดการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลปานกลางเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

แม่น้ำสาละวินและแม่น้ำโขงมีต้นน้ำในเขตธิเบตและเป็นแม่น้ำในเขต GMS ที่ไหลผ่านเขตภูมิประเทศทั้ง 5 เขตหลักและเขตย่อย อยู่ในพื้นที่เขตแอลพายร้อยละ 70 และ 10 ตามลำดับ แม่น้ำสาละวินไหลผ่าน 3 ประเทศส่วนแม่น้ำโขงไหลผ่าน 6 ประเทศมีประชากรที่ได้รับผลประโยชน์จากแม่น้ำโขงมากกว่าแม่น้ำสาละวิน

ประเทศกัมพูชามีพื้นที่ร้อยละ 90 จัดอยู่ในเขตราบลุ่ม (Lowland Zone) ส่วนจังหวัดยูนนานมีพื้นที่ร้อยละ 90 จัดอยู่ในเขตภูเขา (Montane Zone) มีสภาพที่แตกต่างกันเปรียบเสมือนสองด้านของเหรียญเดียวกัน ในขณะเดียวกันพื้นที่เขตภูเขา (Montane Zone) กระจายอยู่ประเทศไทย เวียตนาม เมียงม่าและ สปป.ลาว ในอัตราร้อยละ 31, 46, 54, และ 75 ตามลำดับ ซึ่งเป็นเขตที่ระบบการผลิตทางเกษตรที่หลากหลายและจะมีความเชื่อมโยงในด้านเศรษฐกิจและสังคมอย่างต่อเนื่องในอนาคตโดยเฉพาะหลังปี ค.ศ. 2015 (พ.ศ. 2558) เมื่อประเทศสมาชิก ASEAN รวมตัวเป็นเขตเศรษฐกิจเดียวกันตามข้อตกลง AEC2015 (ASEAN Economic Community)

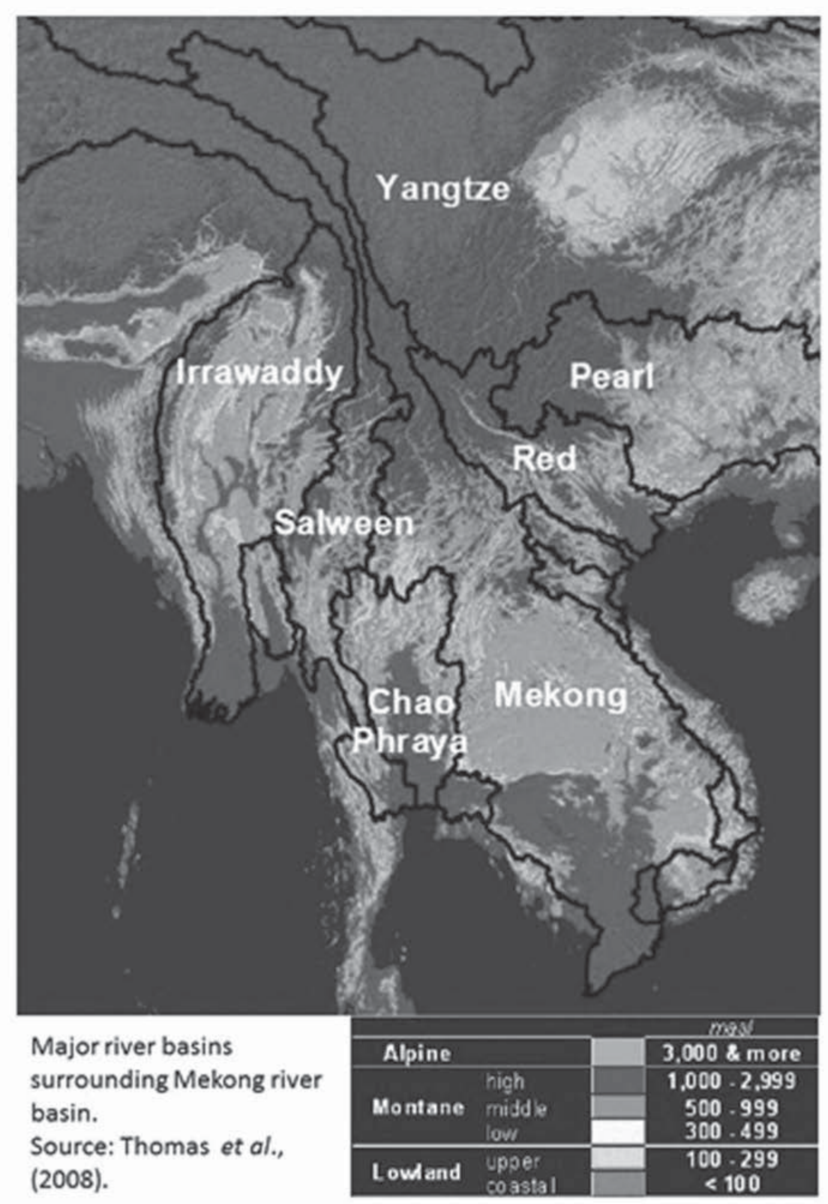

Figure 1 Major river basins surrounding Mekong river basin.
Source: Thomas *et al.* (2008)

สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ทรัพยากรดิน ทรัพยากรชีวภาพที่หลากหลาย และชนเผ่าดั้งเดิมมากกว่า 100 ชนเผ่า ทำให้มีระบบเกษตรที่มีหลากหลายตามความสูงจากระดับน้ำทะเลตามการแบ่งของ Thomas *et al* (2008) ซึ่งสะท้อนระบบนิเวศน์เกษตรหลักได้ 6 นิเวศน์ อย่างไรก็ตา Johnston *et al* (2009) ได้แบ่งระบบนิเวศน์เกษตรหลักไว้ 5 นิเวศน์เกษตรได้แก่

1. เขต 1 : นิเวศน์ป่าในที่ดอนและที่สูง (Forested Uplands) ในพื้นที่ภาคเหนือของ สปป. ลาว ภูเขาภาคตะวันออกและตกของเมียงม่า ภาคเหนือของไทย และภาคตะวันตกเฉียงเหนือของเวียตนามและยูนนาน

2. เขต 2 : นิเวศน์เกษตรเข้มข้นในที่ดอนและที่สูง (Intensively Farmed Uplands) ในพื้นที่ยูนนานภาคเหนือของไทย ที่สูงในภาคกลางของเวียตนาม และที่ราบสูง Bolovens ของ สปป. ลาว

3. เขต 3 : นิเวศน์เกษตรที่ราบและที่ราบสูง (The Plains and Plateaus) ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาดเหนือตอนล่างของไทย เขตแห้งแล้งของเมียงม่า พื้นที่

ราบริมแม่น้ำโขงของ สปป. ลาว และภาคเหนือของกัมพูชา

4. เขต 4: นิเวศน์ปากแม่น้ำและที่ราบน้ำท่วมโทงเลสาบ (The mega-deltas and Tonle-sap floodplain) พื้นที่ปากแม่น้ำอิระวดีและสาละวินในเมียงม่า เจ้าพระยาในไทย แม่น้ำโขงและแม่น้ำแดงในเวียตนาม และที่ราบน้ำท่วมโทงเลสาบในกัมพูชา

5. เขต 5: นิเวศน์ชายฝั่งทะเล (Coastal Zones) เป็นพื้นที่ชายทะเลในเมียงม่า ไทย กัมพูชาและเวียตนามมีระยะทางไม่เกิน 50 กิโลเมตรจากชายทะเล

การใช้พื้นที่ผลิตข้าว มันสำปะหลัง อ้อยและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Table2 แสดงข้อมูลในปี ค.ศ. 2010 การใช้พื้นที่สำหรับระบบการผลิตทางเกษตร และการใช้พื้นที่ปลูกพืชหลัก 4 พืช ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด และอ้อย ของประเทศกลุ่ม GMS ยกเว้นจังหวัดยูนานของจีน

การใช้พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ข้าวโพด และอ้อย ซึ่งเป็นพืชไร่เศรษฐกิจและพืชพลังงานครอบคลุมพื้นที่แตกต่างกันในแต่ประเทศ อยู่ในช่วงร้อยละ 4.4-184 ของพื้นที่สำหรับระบบการผลิตทางเกษตร เป็นพื้นที่ดอนอยู่สูงกว่าเขตที่ราบลุ่มของแม่น้ำอิระวดีและสาละวินในประเทศเมียงม่า ลุ่มน้ำเจ้าพระยาของประเทศไทย และลุ่มน้ำโขงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สปป. ลาว และประเทศกัมพูชา ตามการจำแนกของ Thomas *et al.* (2008) จัดอยู่ในภูมิประเทศเขตที่ราบลุ่ม (Lowland) ซึ่งมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางน้อยกว่า 100-300 เมตรและอาจจะใช้พื้นที่ในเขตภูเขา (Montane Zone) โดยเฉพาะเขตภูเขาตอนล่าง (Lower Montane Zone) ซึ่งมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 300-500 เมตร และบางประเทศอาจจะใช้พื้นที่เขตภูเขาตอนกลาง (Middle Montane Zone) ซึ่งมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 500-1,000 เมตร หรือในเขต 2 และ 3 ตามการจำแนกเขตนิเวศน์เกษตรของ Johnston *et al* (2009)

Table 2 Total land areas, arable land, forest land, and area under four major crops in GMS-5 countries.

Total area and Crop	Area Harvested (ha) in 2010				
	CAM	LAO	MYR	THA	VNM
Total land	**17,652,000**	**23,080,000**	**65,352,000**	**51,089,000**	**31,007,000**
Forest land	10,221,400	15,829,200	32,082,600	18,957,200	13,653,000
Agricultural area	**5,555,000**	**2,346,000**	**12,440,500**	**19,795,000**	**10,272,000**
Arable land and Permanent crops	4,055,000	1,468,000	12,135,000	18,995,000	9,630,000
Rice, paddy	2,776,510	870,000	8,051,700	10,990,100	7,513,700
Cassava	202,303	10,000	25,600	1,168,450	496,054
Maize	330,322	220,600	343,500	1,121,800	1,126,390
Sugarcane	17,072	13,830	180,000	977,956	266,300
Total4crops	**3,326,207**	**1,114,430**	**8,600,800**	**14,258,306**	**9,402,444**
% rice in agriculture land	50.0	37.1	64.7	55.5	73.1
% rice in arable land	68.5	59.3	66.4	57.9	78.0
% 3crops inagriculture land	9.9	10.4	4.4	16.5	18.4
% 3crops inarable	13.6	16.7	4.5	17.2	19.6

Source: http://faostat.fao.org/site/377/DesktopDefault.aspx?PageID=377#ancor

การใช้พื้นที่ปลูกข้าวซึ่งเป็นพืชอาหารหลักนั้นครอบคลุมพื้นที่มากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่สำหรับระบบการผลิตทางเกษตรยกเว้น สปป. ลาว พื้นที่ปลูกข้าวอยู่พื้นที่ราบลุ่มของแม่น้ำอิระวดีและสาละวินในประเทศเมียงม่า ลุ่มน้ำเจ้าพระยาของประเทศไทย และลุ่มน้ำโขงในภาคตะวันออกเฉียงหนือของประเทศไทย สปป. ลาว ประเทศกัมพูชา และตอนใต้ของประเทศเวียตนาม ตามการจำแนกของ Thomas et al (2008) จัดอยู่ในภูมิประเทศเขตราบลุ่มชายฝั่งทะเล (Coastal Lowland Zone) มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 0-100 เมตร หรือในเขต 4 และ 5 ตามการจำแนกเขตนิเวศน์เกษตรของ Johnston *et al* (2009)

ผลผลิตข้าว มันสำปะหลัง อ้อยและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ผ่านมา

Table 3 แสดงผลผลิตต่อพื้นที่ของพืชหลัก 4 พืช ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด และอ้อย ในพื้นที่และระบบการปลูกของประเทศกลุ่ม GMS ยกเว้นจังหวัดยูนานของจีน

ในกรณีของมันสำปะหลังผลผลิตต่อพื้นที่มีแนวโน้มสูงขึ้น มีความแปรปรวน ผลผลิตเฉลี่ยสิบปีล่าสุดที่มีการรายงาน (ค.ศ. 2000-2010) เรียงจากมากไปน้อยได้แก่ประเทศกัมพูชา ไทย เวียตนาม สปป. ลาว และเมียงม่า มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจโดยใช้เป็นอาหารและในช่วงห้าปีที่ผ่านมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับกระบวนการเอทานอล มีการขยายพื้นที่ปลูกในประเทศเวียตนามและกัมพูชา

ในกรณีของข้าวโพดผลผลิตต่อพื้นที่มีแนวโน้มสูงขึ้น มีความแปรปรวน ผลผลิตเฉลี่ยสิบปีล่าสุดที่มีการรายงาน (ค.ศ. 2000-2010) เรียงจากมากไปน้อยได้แก่ ประเทศ สปป. ลาว กัมพูชา เวียตนาม ไทย และเมียงม่า ข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจโดยใช้เป็นอาหารสัตว์ มีการขยายพื้นที่ปลูกในประเทศเวียตนาม กัมพูชา สปป.ลาว และเมียงม่า

ในกรณีของอ้อยผลผลิตต่อพื้นที่มีแนวโน้มสูงขึ้น มีความแปรปรวน ผลผลิตเฉลี่ยสิบปีล่าสุดที่มีการรายงาน (ค.ศ. 2000-2010) เรียงจากมากไปน้อยได้แก่ประเทศไทย เวียตนามเมียงม่า สปป. ลาว และกัมพูชาอ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจโดยใช้เป็นอาหารและในช่วงสิบปีที่ผ่านมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับกระบวนการเอทานอล มีการขยายพื้นที่ปลูกในประเทศเวียตนามและเมียงม่า

ในกรณีของข้าวผลผลิตมีแนวโน้มสูงขึ้นและมีอัตราการเพิ่มขึ้นที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1961 เป็นต้นมาอัตราการเพิ่มขึ้นของผลผลิตข้าวเรียงจากมากไปน้อยได้แก่ประเทศเวียตนาม สปป. ลาว เมียงม่า กัมพูชา และไทย เพิ่มขึ้นในอัตรา 75, 63, 54, 30, 27 kg/ha/year ผลผลิตข้าวเฉลี่ยสิบปีล่าสุดที่มีการรายงาน (ค.ศ. 2000-2010) เรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ประเทศเวียตนาม เมียงม่า สปป. ลาว กัมพูชา และไทย เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตข้าวของประเทศเวียตนามในช่วงเวลา ดังกล่าวซึ่งได้ผลผลิตเฉลี่ยเป็น 5,322 kg/ha จัดเป็นผลผลิตข้าวที่สูงผลผลิตข้าวในปีเดียวกันของประเทศเมียงม่า สปป. ลาว กัมพูชา และไทยคิดเป็น 1.3, 1.5. 1.8, และ 1.9 เท่า ตามลำดับ ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบและเข้าใจสาเหตุและปัจจัยของความแตกต่างดังกล่าว การทำความเข้าใจตามแนวคิดแบบระบบศาสตร์ (System Thinking) และวิทยาศาสตร์ (Science-based Thinking) ถึงกระบวนการผลิตข้าวของแต่ละประเทศใน GMS จะทำให้มีการพัฒนาเป็นบทเรียนและแผนงานเพื่อเตรียมการปรับตัวรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่คาดว่าจะเกิดใน GMS โดยเฉพาะในส่วนที่จะส่งผลต่อการผลิตข้าว

Table 3 Ten-year averaged yield (kg/ha) of rice, cassava, maize, and sugarcane since 1961 in GMS-5 countries.

Country	1961	1970	1980	1990	2000	2010	Mean	SD
	Rice							
Cambodia	1,153	1,185	1,284	1,596	2,335	2,970	1,754	741
LaoPDR	932	1,280	1,893	2,548	3,430	3,455	2,256	1,071
Myanmar	1,637	1,869	3,000	3,047	3,720	4,124	2,899	986
Thailand	1,788	1,858	2,019	2,300	2,877	2,875	2,286	490
VietNam	1,904	2,110	2,661	3,607	4,785	5,322	3,398	1,422

Table 3 Ten-year averaged yield (kg/ha) of rice, cassava, maize, and sugarcane since 1961 in GMS-5 countries. (Continent)

	Cassava							
Cambodia	13,793	8,577	5,968	7,572	15,897	20,995	12,134	5,778
LaoPDR	10,806	15,035	14,141	12,688	10,485	14,010	12,861	1,875
Myanmar	10,460	9,634	11,589	10,193	12,493	12,727	11,183	1,278
Thailand	15,582	14,163	14,958	14,185	19,616	18,833	16,223	2,397
VietNam	7,267	7,421	8,553	8,459	14,521	17,179	10,567	4,210
	Maize							
Cambodia	1,447	1,263	980	1,333	3,335	4,273	2,105	1,358
LaoPDR	1,619	1,472	1,230	2,000	3,643	4,915	2,480	1,472
Myanmar	678	845	1,610	1,643	2,722	3,636	1,856	1,135
Thailand	2,054	2,160	2,376	3,059	3,876	3,971	2,916	856
VietNam	1,102	1,103	1,350	2,065	3,413	4,090	2,187	1,280
	Sugarcane							
Cambodia	71,700	57,388	25,960	25,789	22,491	21,413	37,457	21,539
LaoPDR	4,875	14,754	27,837	27,731	34,309	31,345	23,475	11,300
Myanmar	31,975	35,188	55,481	45,247	51,422	53,975	45,548	9,958
Thailand	36,717	46,118	45,126	51,728	61,303	70,359	51,892	12,157
VietNam	32,783	37,587	39,120	45,815	55,407	59,883	45,099	10,670

Source: http://faostat.fao.org/site/377/DesktopDefault.aspx?PageID=377#ancor

วิทยาศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ภาวะโลกร้อน (Global Warming) หมายถึงภาวะของโลกที่อุ่นเนื่องจากที่ชั้นบรรยากาศของโลกเก็บรักษาความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ไว้ ทำให้ชั้นบรรยากาศของโลกมีภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิต และแตกต่างจากภาวะโลกร้อนของดาวพุธและดาวอังคารซึ่งมีความร้อนมากและเย็นมากสถานะภาพของภูมิอากาศของโลกหรือ Earth’s climate นั้นมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (หรือเรียกว่า Climate Change) โดยเหตุทางธรรมชาติ (Natural Causes) การหมุนรอบดวงอาทิตย์และหมุนรอดตัวเองของโลก การเคลื่อนตัวของเปลือกโลก การเกิดประทุของภูเขาไฟ และเหตุที่มนุษย์เป็นตัวขับเคลื่อน (Anthropogenic Causes) ได้แก่ การเปลี่ยนความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกโดยกิจกรรมการใช้พลังงานฟอสซิล การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยการเปลี่ยนพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่เกษตร เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกจัดว่าเป็นภัยคุกคามอันใหญ่หลวงในโลกยุคศตวรรษที่ 21 การศึกษาเริ่มในปี ค.ศ. 1850 (Table 4) เพื่อทำความเข้าใจพลวัตของการเปลี่ยนแปลงและทราบผลกระทบที่จะเกิดทำให้เพิ่มขีดความสามารถของสังคมเกิดการปรับตัว

Table 4 Some events in the history of global warming studies

1850s	Beginning of the industrial revolution
1861	John Tyndell notes that H2P and CO_2 are especially important for infrared absorption and thus potentially for climate. The warming effect of the atmosphere and the analogy to a greenhouse had already been noted by J. B. Fourier in 1827.
1868	Josef Stefan develops his law for blackbody radiation.
1896-1908	Svante Arrhenius postulates a relation between climate change and CO_2 and the global warming may occur as a result of coal burning.
1917	W. M. Dines estimates a heat balance of the atmosphere that is approximately correct.
1938	G. S. Callendar attempts to quantify warming by CO_2 release by burning of fossil fuels.
Last 1950s	Popularization of global warming as a problem, notably by Roger Revelle.
1958	Start of C. D. Keeling's monitoring of CO_2 at Mauna Loa.
1969	Jacob Bjerknes postulates ocean-atmosphere interaction was essential to understand El Niño phenomenon
1975	First 3-D global climate model of CO_2-induced climate change by Suki Manabe.
1979	The "Charney Report" (US National Academy of Sciences).
Late 1980s	Seven of eight warmest years of the century to that point.
1988	UNEP & WMO established IPCC a hybrid body (Partly political-intergovernmental and partly scientific-technical)
1990 and 92	First Assessment Report (FAR)of IPCC and Supplement
1992	Rio de Janeiro UN Conference on Environment Development: Framework Convention on Climate Change.
1995-96	Second Assessment Report (SAR) of IPCC
1997	Kyoto Protocol sets targets on GHGs at 5% below 1990 levels by 2008-2015
2001	Third Assessment Report (TAR) of IPCC
2004	9/10 warmest years since 1856 occurred in past ten years (1995-2004) and (1996 was less warm than 1990)
2005	Kyoto Protocol enters into force.
2007	Assessment Report number 4 (AR4) of IPCC. Nobel Peace Prize awarded to a few thousand scientists of the IPCC process and on politian.

Source: Neelin, 2011.; Oberthür and Ott, 1999.

เมื่อกล่าวถึงระบบภูมิอากาศโลกต้องกล่าวถึงเคมีของชั้นบรรยากาศซึ่งประกอบด้วยก๊าซ Trace gases ซึ่งมีความเข้มข้นน้อยมาก ทำให้มีความอ่อนไหวต่อความแปรปรวนเพียงเล็กน้อย และกิจกรรมของสังคมมนุษย์มีส่วนอย่างชัดเจนต่อส่วนประกอบของเคมีของชั้นบรรยากาศ Table 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ Trace gases. หน่วยวัดความเข้มข้นของแต่ละก๊าซแสดงสัดส่วนของจำนวนโมเลกุลของแต่ละก๊าซในจำนวนโมเลกุลอากาศทั้งหมด เช่น ก๊าซ CO_2 มีความเข้มข้นเป็น 394.49 ppm ในเดือนกรกฎาคมพ.ศ. 2555 (ค.ศ. 2012) (http://www.co2now.org) แสดงว่ามีก๊าซ CO_2 ในอากาศร้อยละ 0.039449 ส่วนก๊าซไนโตรเจน ก๊าซอ๊อกซิเจน และก๊าซอาร์กอน ซึ่งมีสัดส่วนร้อยละ 78.08, 20.95 และ 0.93 ตามลำดับไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงอายุของรุ่นเราจึงไม่มี

ผลต่อภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลก นอกจากนี้ระบบภูมิอากาศโลกมีไอน้ำ (Water Vapor) เป็นส่วนประกอบสำคัญและมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 1-20 ppt (Parts Per Thousand) มีความแปรปรวนเชิงเวลาและเชิงพื้นที่และการเปลี่ยนแปลงสถานะของไอน้ำมีผลอย่างมากต่อการเกิดเมฆ ฝนและหิมะ

การตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ในชั้นบรรยากาศของซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้พบว่ามีความเข้มข้นใกล้เคียงกันและมีความแตกต่างกันเพียงร้อยละ 1.0 ในภาพรวมความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ในชั้นบรรยายกาศโลกเพิ่มขึ้นร้อยละ 35 ในช่วงที่มีการปฏิวัติอุตสาหกรรมซึ่งเกิดจากกิจกรรมของสังคมมนุษย์ดังกล่าวข้างต้นและในช่วงปี ค.ศ. 1995-2005 เพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ย 1.9 ppm ต่อปี ทำให้ส่วนผสมของก๊าซในชั้นบรรยายกาศของโลกเปลี่ยนแปลงไปและส่งผลต่อภูมิอากาศและกาลอากาศของโลกโดยรวม (Le Treut *et al.* 2007) ซึ่งสังคมมนุษย์ต้องเตรียมการปรับตัว (Adaption) เพื่อรองรับผลกระทบ (Impact) ของการเปลี่ยนแปลงที่กำลังเกิดขึ้น รวมทั้งต้องมีการศึกษาวิจัยเพื่อลดระดับของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Mitigation) จากภาคส่วนต่างๆ การทำความเข้าใจความเปราะบาง (Vulnerability) และความอ่อนไหว (Sensitivity) ของสังคมมนุษย์แต่ละภาคส่วน

Table 5 Concentrations of trace gases that is important to global warming.

Names	Sources	GWP 20 yr horizon	Contribution to radiative forcing	Concentration	
				Pre-industrial era (1850)	Latest values
Carbon dioxide (CO_2)	Fossil fuel combustion (>95%)	1	55	280 ppm	394.49 ppm (July 2012)
Methane (CH_4)	1/3 each from agriculture, waste, fossil fuel production, distribution, and combustion	63	15	715 ppb	1774 ppb or 1.8 ppm (2005)
Nitrous oxide (N_2O)	Agriculture (40%) Fossil fuel combustion (20-25%) Industrial process (30%)	270	6	270 ppb	319 ppb or 0.32 ppm (2005)
Ozone (O_3)		-	Significant, but n.a.	n.a.	0.000251 ppm
CFC-11 (CFC_3)	Industrial process Consumers	4500	24	n.a.	0.000254 ppm

Source: Neelin, 2011; http://www.co2now.org; IPCC, 1990 and 2007; Oberthür and Ott, 1999.

การศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO_2, CH_4, and N_2O) ในประเทศไทยดำเนินการเป็นสองช่วง ช่วงแรกระหว่างปี พ.ศ. 2537-2548 เป็นการคำนวณแบบปีเดียว และช่วงที่สองระหว่างปี พ.ศ. 2548-2552 เป็นการคำนวณแบบอนุกรมเวลาด้วยข้อมูลชุดเดียวกัน (สิรินทรเทพ. 2554) ภาพรวมของการปลดปล่อย GHG ของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2537-47 ภาคการใช้พลังงาน (Energy) เป็นภาคหลักในการปลดปล่อยโดยมีสัดส่วนร้อยละ 54-74 ภาคเกษตรมีการปลดปล่อยในลำดับที่สองมีสัดส่วนร้อยละ 20-24 ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมมีการปลดปล่อยในสัดส่วนร้อยละ 6.2-10.0 และภาคของเสียปดปล่อยลำดับที่สี่ในสัดส่วนร้อยละ 2.5-4.9 ส่วนภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและป่าไม้มีอัตราการปลดปล่อยที่แตกต่างกันและในปี พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 2000) มีการตรึง GHG จำนวนหนึ่ง (Table 6)

Table 6 Sources of greenhouse gas (GHG) and rate of emission between 1990-2004.

Source	1990	1994	1998	2000	2003	2004
Energy	79.0	129.9	152.0	159.4	188.3	204.0
Industrial process	10.0	16.0	10.5	16.4	22.0	23.3
Agriculture	54.0	77.4	69.2	51.9	56.1	55.0
LULC (negative = sequestrated)	78.0	61.9	49.8	-7.9	-26.3	-28.5
Waste	3.0	0.7	14.2	9.3	11.5	12.1
Total (Million Tonnes of CO_2 eq)	224.0	285.9	295.7	229.1	251.6	265.9

Source : สิรินทรเทพ เต้าประยูร, 2554

สภาพกาลอากาศที่ผ่านมา

สภาพกาลอากาศในช่วงดังกล่าวโดยพิจารณาจากข้อมูลอุณหภูมิผิวทะเล (Sea Surface Temperature: SST) ซึ่งมีการตรวจวัดและรายงานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1961 พบว่าเกิดปรากฏการณ์ El Niño ขึ้นทั้งสิ้น 9 ครั้ง และครั้งที่รุนแรงเกิดในปี ค.ศ. 1972, 1982-83, 1987, 1992, 1998, 2003, and 2010

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในช่วง 10 ปีย้อนหลังตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003 เป็นต้นมา โดยใช้ข้อมูลของสถานีตรวจอากาศ ณ สนามบินเชียงใหม่ กรมอุตุนิยมวิทยา พบว่าปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลาดังกล่าวอยู่ในปริมาณใกล้เคียงกัน ยกเว้นในปี ค.ศ. 2003 มีปริมาณน้ำฝนสะสมเพียง 890 มม. ซึ่งเป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์ El Nino รุนแรงที่สุดในช่วงปี ค.ศ. 2000s เมื่อพิจารณาข้อมูลปริมารน้ำฝนสะสมรายปี อุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดรายวันเทียบกับค่าเฉลี่ยในช่วงปี ค.ศ. 1971-2000 พบว่ามีแนวโน้มสูงขึ้นทั้งสามค่า แต่ยังอยู่ในพิสัยที่เกิดขึ้นในรอบ 10 ปี ที่ผ่านมา อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อสร้างความเข้าใจและความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและผลผลิตพืช ดังแสดงใน Table 3 เช่น ในปีที่คาดว่าจะเกิดปรากฏการณ์ El Niño นั้นส่งผลกระทบต่อวันปลูกข้าวนาปีในพื้นที่นาอาศัยน้ำฝนอย่างไร และส่งผลถึงผลผลิตข้าวในระดับไร่นา/ครัวเรือนและชาติอย่างไร เป็นต้น

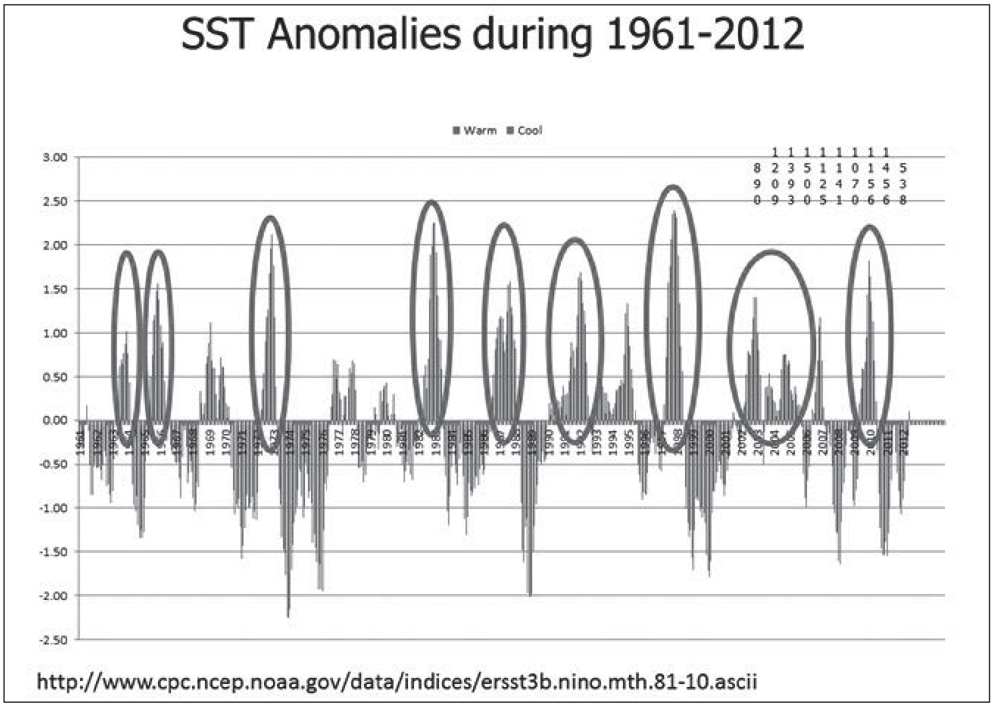

Figure 2 Sea Surface Temperature (SST) at NINO 3.4 zone anomalies during 1961-2012.

ผลกระทบต่อพืชเกษตรภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการผลิตพืช-สัตว์ ต่ออุทกวิทยาลุ่มน้ำ ต่อทรัพยากรดินและน้ำ ต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมดำเนินการโดยใช้การศึกษาทดลองในห้องที่มีการควบคุมสภาพความเข้มข้นของ CO_2 และระดับอุณหภูมิ (Krikham. 2011) การศึกษาแบบ SPAR หรือ Soil Plant Atmosphere Research (Fleisher *et al.* 2011) การศึกษาแบบ FACE หรือ Free-Air CO_2 enrichment (Kimball. 2011) อย่างไรก็ตามการศึกษามีข้อจำกัดหลายด้านทำให้นักวิชาการร่วมมือสร้างภาพฉายอนาคตตามการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Scenarios) และได้จัดทำรายงานพิเศษโดยมีภาพฉายอนาคต 4 ชุดภาพฉายซึ่งเป็นไปตามของสมมุติฐานการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมซึ่งส่งผลต่อเนื่องกับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด และใช้แบบจำลองภูมิอากาศโลกในการคำนวณตัวแปรภูมิอากาศต่างๆ ไปในอนาคตถึงปี ค.ศ. 2100 (พ.ศ. 2643) และสร้างฐานข้อมูลกาลอากาศรายวันซึ่งได้จากแบบจำลองภูมิอากาศตามภาพฉายการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการพัฒนาดังกล่าว (Neelin. 2011; อำนาจ. 2553) เชื่อมโยงกับแบบจำลองพืช (อรรถชัย. 2552; เกริกและคณะ. 2552; Matthews *et al.* 1997; Rosenzweig and Iglesias. 1998; Boote *et al.* 2011) แบบจำลองสัตว์ (Thornton *et al.* 2009) แบบจำลองลุ่มน้ำ (Hoanh *et al.* 2010; Gassman *et al.* 2007) เชื่อมโยงกับฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ทรัพยากรเกษตร และเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจใช้ทรัพยากรการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพในเชิงพื้นที่และเชิงเวลา(Jones *et al.* 2011; Jintrawet and Chinvanno. 2011)

ผลของความแห้งแล้งและความเข้มข้นของ CO_2 ต่อผลผลิตพืช C3, C4, CAM

ความแห้งแล้ง (Drought) เป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้พืชได้รับความเสียหายและการเพิ่มขึ้นของ CO_2 ในชั้นบรรยายกาศจะส่งผลให้เกิดความแห้งแล้งมากขึ้นโดยเฉพาะในพื้นที่เกษตรอาศัยน้ำฝนความแห้งแล้งมีคำจำกัดความตามหน่วยงานและการดำเนินงานเพื่อแก้ปัญหา และมีการพัฒนาดัชนีจำนวนมากกว่า 16 ดัชนี (Misha and Singh, 2010) ในการบ่งบอกสภาพความแห้งแล้งของพื้นที่และช่วงเวลาหนึ่ง

ภายใต้สภาพที่ความเข้มข้นของ CO_2 สูงพืชในกลุ่ม C3 (ได้แก่กลุ่มพืชที่เปลี่ยน CO_2 เป็นโมเลกุลของ Phosphoglyceric acid ซึ่งมีคาร์บอนสามอะตอม) สามารถปรับตัวอยู่ในภาวะความแห้งแล้งได้ดีกว่าสภาพที่ความเข้มข้นของ CO_2 ต่ำ เนื่องจากกระบวนการ photorespiration (การหายใจของพืชในเวลากลางวันของพืชในกลุ่ม C3) มีอัตราการเพิ่มขึ้นนำสู่การเพิ่มขึ้นของการสังเคราะห์แสง และภายใต้สภาพที่ความเข้มข้นของ CO_2 สูงพืชในกลุ่ม C4 (ได้แก่กลุ่มพืชที่เปลี่ยน CO_2 เป็นโมเลกุลของ Oxaloacetic acid ซึ่งมีคาร์บอนสี่อะตอม) การอัตราการสังเคราะห์แสงอยู่ในอัตราเท่ากับสภาพความเข้มข้นของ CO_2 ต่ำ ดังนั้นในพื้นที่ที่คาดว่าความแห้งแล้งจะเพิ่มขึ้นและภายใต้สภาพความเข้มข้นของ CO_2 สูงการตัดสินใจเพื่อผลิตพืชกลุ่ม C3 (ข้าว มันสำปะหลัง พืชตระกูลถั่ว) จะได้ผลดีกว่าการผลิตพืชในกลุ่ม C4 (อ้อย ข้าวโพด)

นอกจากนี้มีพืชที่กระบวนการสังเคราะห์เป็นแบบ CAM (Crassulacean acid metabolism) ซึ่งมีการเปิดปากใบในเวลากลางคืน ซึ่งเป็นธรรมชาติของพืชอย่างน้อย 18 ตระกูล (Family) และเป็นพืชเกษตรจำนวนหนึ่ง เช่น สับปะรด กล้วยไม้ กระบองเพชร และพืชในกลุ่ม Euphorbiaceae เช่นพืชในวงศ์สลัดได (Spurge family) ซึ่งผลการศึกษาภายใต้สภาพที่ความเข้มข้นของ CO_2 สูงพืชในกลุ่มนี้สามารถปรับตัวอยู่ในภาวะความแห้งแล้งได้ดีกว่าสภาพที่ความเข้มข้นของ CO_2 ต่ำ (Kirkham. 2011)

การศึกษาในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองพืชหลักและฐานข้อมูลทรัพยากรดินละฐานข้อมูลภาพฉายอนาคตของภูมิอากาศโดยเกริกและคณะ (2552) พบว่าเมื่อเทียบกับผลผลิตในปีฐาน (ค.ศ. 1980-89) การเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดอ็อกไซด์และอุณหภูมิในชั้นบรรยากาศมีผลกระทบระยะยาวค่อนข้างต่ำต่อผลผลิตเฉลี่ยของข้าว อ้อย และข้าวโพด แต่ทำให้ผลผลิตเฉลี่ยของมันสำปะหลังลดลงถึงร้อยละ 43 อย่างไรก็ตามผลผลิตพืชทั้งสี่มีความแปรปรวนสูง โดยข้าวนาน้ำฝนและนาชลประทานมีค่าความแปรปรวนระหว่างปีเฉลี่ยร้อยละ 14 สำหรับอ้อยมีค่าความแปรปรวนระหว่างปีเฉลี่ยร้อยละ 18 สำหรับมันสำปะหลังมีค่าความแปรปรวนระหว่างปีเฉลี่ยร้อยละ 34 และสำหรับข้าวโพดมีค่าความแปรปรวนระหว่างปีเฉลี่ยร้อยละ 41 และพบว่าผลผลิตเฉลี่ยมีความแปรปรวนเชิงพื้นที่ค่อนข้างสูง เฉลี่ยร้อยละ 33 สำหรับข้าวนาน้ำฝนและนาชลประทาน ร้อยละ 23 สำหรับ

อ้อย ร้อยละ 33 สำหรับมันสำปะหลัง และร้อยละ 45 สำหรับข้าวโพด และสรุปว่าพื้นที่ปลูกข้าวนาน้ำฝนที่ได้รับผลกระทบที่รุนแรงส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือสำหรับข้าวชลประทานอยู่ในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือการศึกษาของ Mainuddin *et al* (2011) ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่โขงตอนล่างสรุปว่ามีทางเลือกให้ปรับตัวเพื่อการผลิตข้าวในระดับที่ต้องการและได้ผลตอบแทนที่เหมาะสมต่อผู้ผลิต เช่น การปรับวันปลูกข้าว การเพิ่มพื้นที่ชลประทาน การปรับอัตราปุ๋ย เป็นต้นส่วนพื้นที่ปลูกอ้อยและมันสำปะหลังที่ได้รับผลกระทบสูงอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และพื้นที่ปลูกข้าวโพดอยู่ในภาคเหนือและบริเวณรอยต่อกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สาเหตุเกิดจากความแปรปรวนของฝนที่จะแสดงออกอย่างรุนแรงในดินที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำและความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดังนั้นการปรับตัวจึงต้องพัฒนาโดยการขยายระบบชลประทานและการอนุรักษ์ความอุดมสมบูรณ์ของดินซึ่งต้องการงานวิจัยในระดับพื้นที่

อุณหภูมิของอากาศและของมหาสมุทรที่เพิ่มขึ้น (Air and Ocean Temperature)

การศึกษาโดยแบบจำลองโลกได้ผลว่าอุณหภูมิอากาศโลกจะเพิ่มขึ้นน้อยกว่า 0.26 ℃ ในขณะที่ความเข้มข้นของ CO_2 จะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าตัว ดังนั้นการศึกษาจะให้ความสำคัญต่อการเพิ่มขึ้นของ CO_2 (Krikham, 2011) อย่างไรก็ตาม IPCC (2007) รายงานว่าในช่วงปี ค.ศ. 1995-2006 เป็นช่วงที่มีอุณหภูมิพื้นผิวโลกสูงที่สุด 11/12 ปี ตั้งแต่การเก็บข้อมูลในปี ค.ศ. 1850 ในรอบ 100 ปี คือระหว่าง ค.ศ. 1901-2005 อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวของโลก 0.74 ℃ [0.56 ถึง 0.92 ℃] และอุณหภูมิในรอบ 50 ปี คือระหว่าง ค.ศ. 1956-2005 อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวของโลก 0.13 ℃ [0.10 ถึง 0.16 ℃ ต่อ 10 ปี] ซึ่งมีอัตราเพิ่มขึ้นเกือบสองเท่าของอุณหภูมิรอบ 100 ปี (Figure 3) การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกมีการกระจายตัวทั่วโลกและเพิ่มขึ้นในพื้นที่ซีกโลกเหนือมากกว่าซีกโลกใต้ (Figure 4) อุณหภูมิเฉลี่ยของเขตขั้วโลกเพิ่มขึ้นในอัตราสองเท่าของการเพิ่มขึ้นในพื้นที่อื่นของพื้นผิวโลกในรอบ 100 ปี ที่ผ่านมา และแผ่นดินมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิมากกว่ามหาสมุทร การเก็บข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 1961 ยืนยันว่ามหาสมุทรมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นถึงระดับความลึก 3,000 เมตร และมหาสมุทรดูดซับความร้อนร้อยละ 80 ที่เติมให้กับระบบภูมิอากาศของโลก และการเก็บข้อมูลชั้นบรรยากาศ Troposphere ในระดับความสูงปานกลางถึงต่ำพบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิมีอัตราใกล้เคียงกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิระดับพื้นผิวโลก ปัจจุบันมีการหารือถึงการเตรียมการรองรับการเพิ่มขึ้นของอุณฆภูมิโลกระดับ 2 และ 4 ℃ (New *et al.* 2011)

การติดตามอุณหภูมิที่สถานีตรวจวัดสนามบินเชียงใหม่โดยข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาในรอบ 30 ปี ระหว่าง ค.ศ. 1971-2000 เทียบกับในรอบ 10 ปี ล่าสุด ระหว่าง ค.ศ. 2003-2012 พบว่าอุณหภูมิสูงสุดเพิ่มขึ้น 0.60 ℃ อุณหภูมิต่ำสุดเพิ่มขึ้น 0.81 ℃ และปริมาณน้ำฝนสะสมรายปีเพิ่มขึ้น 13.2 มม. สรุปอุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ราบลุ่มเชียงใหม่-ลำพูนเพิ่มขึ้นกว่าอดีต

น้ำทะเลเพิ่มขึ้น (Rising of Global Sea Level)

การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลปานกลางเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขันของอุณหภูมิอากาศ การเก็บข้อมูลในช่วงปี ค.ศ. 1961-2003 น้ำทะเลปานกลางมีระดับเพิ่มขึ้นในอัตรา 1.8 [1.3 ถึง 2.3 มม ต่อปี] และมีอัตราเพิ่มขึ้นในช่วงปี ค.ศ. 1993-2003 น้ำทะเลปานกลางมีระดับเพิ่มขึ้นในอัตรา 3.1 [2.4 ถึง 3.8 มม ต่อปี] แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงระยะยาวหรือไม่ ตั้งแต่ปี 1993 เป็นต้นมา การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลปานกลางได้รับผลโดยตรงจากการขยายตัวของมหาสมุทรเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิมีส่วนถึงร้อยละ 57 การลดลงของธารน้ำแข็งและน้ำแข็งขั้วโลกซึ่งมีส่วนร้อยละ 28 และการละลายของแผ่นน้ำแข็งขั้วโลกมีส่วนร้อยละ 15 การละลายของธารน้ำแข็งในที่ราบสูงธิเบตซึ่งเป็นต้นน้ำของแม่น้ำอิระวดี แม่น้ำสาละวิน แม่น้ำโขง และแม่น้ำแดงจะส่งผลโดยตรงต่อปริมาณน้ำท่าของแม่น้ำดังกล่าวโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง (Hoanh *et al.* 2010)

การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลปานกลางคาดว่าจะส่งผลต่อระบบนิเวศน์เกษตรในพื้นที่เขตราบลุ่มชายฝั่งทะเล (Coastal lowland zone : CLZ) เป็นแหล่งผลิตข้าวหลักของทุกประเทศใน GMS ยกเว้น สปป. ลาว

โรคและแมลงศัตรูพืช-สัตว์ (Crop and Animal Pests)

การศึกษาอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อแมลงศัตรู แมลงที่เป็นประโยชน์และโรคพืชและสัตว์เกษตรมีน้อยมาก ความแห้งแล้งอาจจะส่งผลให้แมลงและโรคปรับตัวและเปลี่ยนพืชอาศัย (Plant Host) ได้ (Fuhrer. 2003) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความเข้มข้นของ CO_2 ที่จะเพิ่มขึ้นและการเปลี่ยนแปลงของโรคและแมลงศัตรูพืชและสัตว์เกษตรต้องใช้แนวทางการสร้างแบบจำลองกระบวนการและการจัดเก็บข้อมูลติดตามการเปลี่ยนแปลงในภาคสนามควบคู่กัน (Pinnschmidt *et al.* 1995; Goudriaan and Zadoks, 1995; Scherm *et al.* 2000; Gutierrez *et al.* 2011)

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและความเข้มข้นของ CO_2) จะมีผลทางตรงและทางอ้อมต่อระบบเกษตร (คน-พืช/สัตว์-แมลง/โรค-ดิน/น้ำ) อีกหลายด้าน (Kirkham. 2011) และต้องมีการศึกษาเพื่อเตรียมการปรับตัวและลดระดับการปลดปล่อย GHGs และต้องมีการพิจารณาบริบทเป้าหมายของการพัฒนาระดับสากลเพื่อความร่วมมือและการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ด้านต่างๆ

ความปลอดภัยและมั่นคงภายใต้การเปลี่ยนแปลง

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีผลต่อเนื่องต่อความปลอดภัยและมั่นคงทางเกษตรซึ่งของแบ่งออกเป็นสามส่วนได้แก่ ความมั่นคงของมนุษย์ ความมั่นคงทางอาหาร และความมั่นคงด้านทรัพยากรเกษตร

ความมั่นคงของมนุษย์

Warner *et al* (2008) ทำการศึกษาเปรียบเทียบความมั่นคงของมนุษย์ (Human Security) ภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในพื้นที่สามประเทศได้แก่ อียิปต์ โมแซมบิค และเวียตนาม สรุปผลว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมจะส่งผลกระทบต่อความมั่นคงของมนุษย์และกระตุ้นให้เกิดการอพยพเคลื่อนย้ายของประชากร การปรับตัวที่สำคัญและจะส่งผลให้มีความมั่นคงเพิ่มขึ้นได้แก่การกำหนดนโยบายและแผนงานที่สามารถปฏิบัติได้ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อความมั่นคงทางอาหารของประชากรในพื้นที่ที่มีความเปราะบางและความเสี่ยง

การประเมินความมั่นคงของมนุษย์ยุคใหม่ใช้ดัชนี Human Security Index (HSI) มีการพัฒนาต่อเนื่องจากการประเมินการพัฒนาของมนุษย์ซึ่งใช้ดัชนี Human Development Index (HDI) ของสหประชาชาติ และ HSI ประเมินโดยใช้ข้อมูลมากกว่า 30 ชุดข้อมูลจากกลุ่มข้อมูลด้านเศรษฐกิจ (Economic Fabric Index) ด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Fabric Index) และด้านสังคม (Social Fabric Index) และครอบคลุม 232 ประเทศ ซึ่งมีการพัฒนายาวนานกว่า 25 ปี และมีการนำเสนอแนวคิดและผลการประเมินในการประชุมวิชาการและเว็บไซต์ (Hastings. 2010)

ความมั่นคงทางอาหาร

การขจัดความยากจนและความหิวโหยเป็นเป้าหมายแห่งสหัสวรรษอันดับแรกของเป้าหมายที่องค์การสหประชาชาติได้กำหนดไว้ ในระหว่างปี ค.ศ. 1990-2015 ลดจำนวนประชากรที่มีรายได้น้อยกว่าวันละ USD 1 และลดจำนวนประชากรที่อยู่ในภาวะหิวโหยลงร้อยละ 50 โดยในปี ค.ศ. 1974 ได้จัดตั้งคณะกรรมการความมั่นคงอาหารโลก (Committee on World Food Security : CFS) และได้ดำเนินการจัดการประชุมสุดยอดอาหารโลก (World Food Summit) ในปี ค.ศ. 1996, 2002 และ 2009 และเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกจะส่งผลกระทบอย่างมากต่อระบบเกษตรและการผลิตอาหารโดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนา จึงได้จะทำระบบสารสนเทศและรายงานประจำปีเกี่ยวกับสถานะความไม่มั่นคงทางอาหารของโลก (State of Food Insecurity in the World : SOFI) (FAO. 2010) อย่างไรก็ตาม FAO (2012) ได้จัดทำฐานข้อมูลจำนวนประชากรที่อยู่ในภาวะหิวโหย (Hunger) ของประเทศทั่วโลก Table 7 แสดงสถิติจำนวนประชากรของ GMS ที่อยู่ภายใต้ภาวะการหิวโหยและขาดแคลนรายได้ในการเข้าถึงอาหาร ข้อมูลของประเทศไทยใกล้เคียงกับการศึกษาของ FIVIMS (2004)

ระบบเกษตรเป็นกิจกรรมของสังคมมนุษย์ในการผลิตอาหารและได้รับผลกระทบโดยตรงและอ้อมจากการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิด ดังนั้นการปรับตัว (Howden *et al.* 2007) โดยการกำหนดนโยบายและเป้าหมายการลดระดับการปลดปล่อย GHGs การให้รางวัลต่อกลุ่มชาวนาหรือชุมชนที่ปรับตัวเมื่อได้รับผลกระทบเป็นกลุ่มแรก และการจัดการความเสี่ยงที่อาจจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโดยการสร้างทางเลือกในการผลิตที่มีสมดุลระหว่างเป้าหมายของความมั่นคงทางอาหารและลดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม (Vermeulen *et al.* 2012) และ Mainuddin *et al* (2011) สรุปผลการศึกษาว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่จะเกิดในอนาคตน่าจะส่งผลกระทบไม่มากนักต่อความมั่นคงทางอาหารของพื้นที่ลุ่มน้ำโขงตอนล่าง ยกเว้นในกรณีที่มีการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลปานกลางและภาวะกาลอากาศรุนแรง เช่น ภาวะฝนแล้ง น้ำท่วม และแมลงศัตรูระบาด เป็นต้น การปรับตัวและการลดระดับการปลดปล่อยต้องพิจารณาผลกระทบที่จะเกิดต่อชาวนาขนาดเล็กในแต่ละพื้นที่ซึ่งมีลักษณะเฉพาะด้านนิเวศน์เกษตร (Morton. 2007) ให้มีความมั่นคงทางทรัพยากรบุคคลเกษตร มนุษย์และสังคม ซึ่งจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์เพื่อให้เกิดความเข้าใจและความร่วมมือในการปรับตัวและการกำหนดยุทธศาสตร์และแผนงานอย่างเป็นระบบ (Chinvanno and Kerdsuk. 2012) ซึ่งส่งผลให้เกิดความมั่นคงทางอาหารในระดับชุมชนอย่างยั่งยืน

Table 7 Hunger statistics

Country-Province	Total population (Million)	Undernourished persons	
		Person	Percent of total population
China			
2006-2008	1336.5	129.6	10
1990-1992	1163.5	210.0	18
Cambodia			
2006-2008	14.3	3.6	25
1990-1992	10.0	3.8	38
Lao PDR			
2006-2008	6.1	1.4	22
1990-1992	4.3	1.3	31
Myanmar			
2006-2008			
1990-1992			
Thailand			
2006-2008	67.0	10.7	16
1990-1992	57.4	15.0	26
Vietnam			
2006-2008	86.1	9.6	11
1990-1992	67.8	21.0	31

Source : http ://www.fao.org/hunger/en/

ความมั่นคงทางทรัพยากรเกษตร

อำนาจ (2552) ได้ให้ความหมายของ “ทรัพยากร” ซึ่งสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ใช้เป็นแนวทางสำหรับการวิจัยและพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางการเกษตรและการบริการ โดยที่ “ทรัพยากร” มีความหมายครอบคลุมทรัพยากรทางด้านกายภาพ ชีวภาพ และในส่วนที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ด้วยเช่น ภูมิประเทศ ดิน และที่ดิน น้ำ พันธุ์พืชและสัตว์ แหล่งประวัติศาสตร์ และโบราณคดี ศิลปวัฒนธรรมท้องถิ่น ชนเผ่า ภูมิปัญญาท้องถิ่น ประชากร แรงงาน เป็นต้น ซึ่งต้องมีงานวิจัยเพื่อสร้างสารสนเทศที่เรียกว่าระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ได้รับการออกแบบและทดสอบให้สามารถบูรณาการข้อมูลด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและจำเป็นต่อการตัดสินใจให้มีการใช้ทรัพยากรที่เหมาะสมเพื่อวัตถุประสงค์ระยะสั้นและระยะยาว

เพื่อความปลอดภัยและความมั่นคงของสังคมมนุษย์และของอาหารบนพื้นฐานของทรัพยากรที่ลดลงทำให้เกิดการสร้างงานวิจัยและพัฒนาทางเกษตรในระดับนานาชาติและระดับชาติ ซึ่งมีวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่องตั้งแต่หลังสงครามโลกครั้งที่สองในช่วงปี ค.ศ. 1960s-1970s ได้เริ่มจากงานวิจัยแต่ละสาขาวิชาซึ่งให้ความสนใจต่อการพัฒนาเทคโนโลยีเกษตรตามองค์ความรู้ของแต่ละสาขาวิชาการเพื่อการผลิตพืชและสัตว์ตามหลักการวิทยาศาสตร์เกษตร ในช่วงปี ค.ศ. 1970s-1980s ได้มีการพัฒนางานวิจัยระบบการปลูกพืชเพื่อสร้างเทคโนโลยีการผลิตทางเกษตรให้เพิ่มขีดความสามารถในการผลิตโดยใช้พื้นที่เท่าเดิม เช่น การปลูกพืชสองครั้ง การปลูกพืชเหลื่อมฤดู การปลูกพืชแซม เป็นต้น ในช่วงปี ค.ศ. 1980s-1990s มีการขยายขอบเขตงานวิจัยให้ครอบคลุมการพัฒนาและการนำใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสมต่อเกษตรกรซึ่งมีฐานทรัพยากรเกษตรที่หลากหลายให้สามารถนำใช้เทคโนโลยีในระดับไร่นาของตนเองอย่างยั่งยืน โดยมีการวิจัยและพัฒนาระบบการทำฟาร์มและระบบเกษตร ในช่วงปี ค.ศ. 1990s-2000s ขอบเขตของงานวิจัยและพัฒนาทางเกษตรได้เพิ่มมิติของการตัดสินใจบนฐานทรัพยากรที่จำกัดให้ได้ตามวัตถุประสงค์หลายด้านโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและฐานข้อมูลทรัพยากรเกษตร ตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 2000s เป็นต้นมา มีการเพิ่มประเด็นวิจัยพัฒนาด้านความร่วมมือระหว่างองค์กรและการมีส่วนร่วมของผู้เกี่ยวข้องและการร่วมเป็นเครือข่ายการผลิต-การตลาด-การบริโภค-สภาพแวดล้อมตลอดสายโซ่อุปสงค์-อุปทาน (Supply-Demand Chain)รวมทั้งการพิจารณาผลกระทบที่อาจจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและสภาพเศรษฐกิจในระยะสั้นและยาวโดยการสร้างภาพฉายอนาคต (Scenario Planning Technique)

การบรรลุเป้าหมายความปลอดภัยและความมั่นคงของสังคมมนุษย์และของอาหารโดยกระบวนการวิจัยและพัฒนาทางเกษตรเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาปี ค.ศ. 2010-2020s ต้องบูรณาการทรัพยากรด้านการวิจัย การเรียนการสอนและการขยายแนวคิดสู่ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศ เพื่อให้มีการกำหนดนโยบาย แผนงานโครงการ งบประมาณ และแนวทางปฏิบัติที่ต่อเนื่องให้ได้เป้าหมายที่ร่วมกันกำหนดให้การวิจัยพัฒนาในแนวราบและแนวดิ่งโดยการกำหนดพื้นที่ที่จะวิจัยและพัฒนา (Area Research) พร้อมกับการกำหนดหัวข้อวิจัย (Research Area หรือ Research Topic) เพื่อการพัฒนาให้ตอบโจทย์วิจัยและความต้องการของพื้นที่ให้ได้เพื่อความปลอดภัยและความมั่นคงของสังคมมนุษย์และของอาหารบนพื้นฐานของทรัพยากรที่ลดลงแต่มีความต้องการเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยทางเกษตรอาจจะดำเนินการตามกระบวนการแบบวิทยาศาสตร์ และ/หรือ ระบบศาสตร์ โดยศึกษาเฉพาะตัวอย่างเฉพาะกรณีเฉพาะพื้นที่ เก็บข้อมูลตามวิธีการทางสถิติ แล้วสรุปผลเพื่อสร้างความเข้าใจหรือข้อสรุปในการจัดการทรัพยากรของระบบที่ใหญ่กว่ากรณี/พื้นที่ศึกษา[1] จึงเสนอข้อเสนอแนะสำหรับสร้างงานวิจัยเพื่อการบรรลุเป้าหมายของการพัฒนาประเทศสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงโดยการสนับสนุนของกระบวนการวิจัยและพัฒนาทางเกษตรควรมีดังต่อไปนี้

ระดับแปลงผลิต

- แบ่งระบบนิเวศน์เกษตรตามระดับความสูงที่จำแนกแล้วโดย Thomas et al. (2008) สร้างแปลงทดลองพืชระยะยาวและติดตั้งอุปกรณ์เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (การเพิ่มขึ้น CO_2 และอุณหภูมิ) และผลกระทบที่มีต่อกระบวนการเติบโตและพัฒนาการของพืชอาหารหลัก
- เข้าร่วมกับเครือข่ายนานาชาติหรืออนุภูมิภาคในการติดตามผลกระทบที่เกิดจากภาวะฝนแล้ง น้ำท่วม และโรค-แมลงศัตรูระบาดต่อพืชอาหารหลักในแต่ละระบบนิเวศน์เกษตรตามระดับความสูง
- ศึกษาการใช้ทรัพยากรทางเกษตรในการผลิตพืชหลักและสัตว์หลัก มีการจัดเก็บข้อมูลอย่างละเอียดนำสู่การปรับตัวและการลดระดับการปลดปล่อย GHGs ในแต่ละกิจกรรมการผลิตและในระดับแปลงผลิต
- ศึกษาการใช้ทรัพยากรทางเกษตรในการผลิตพืชหลักและสัตว์หลัก มีการจัดเก็บข้อมูลอย่างละเอียดนำสู่การคำนวณ Resource Foot Print ของแต่ละกิจกรรมการผลิตและในระดับแปลงผลิต
- สร้างและ/หรือ ทดสอบแบบจำลองพืชประเภท Process-Oriented Model ที่นำอิทธิพลการเพิ่มขึ้น CO_2 และอุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดินเป็นตัวแปรหลักในการคำนวณและการจำลอง

ระดับชุมชน

- ร่วมกับชุมชนและหน่วยงานของรัฐและเอกชนเลือกครัวเรือน/ชุมชนเกษตรและชุมชนเมืองและร่วมติดตามเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจสังคม (HSIapproach) โดยเฉพาะในส่วนที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรกายภาพ
- ร่วมกับชุมชนและหน่วยงานของรัฐและเอกชนในการสร้างต้นแบบ “ชุมชนพร้อมรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง” บูรณาการระบบการผลิตทางเกษตรการอนุรักษ์ทรัพยากรเกษตรและลดของเสียที่จะออกจากระบบชุมชนและระบบลุ่มน้ำ
- สร้างแบบจำลองครัวเรือน/ชุมชนและนำแบบจำลองประกอบการคาดการณ์ทางเลือกและผลลัพธ์ภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศตามภาพฉายอนาคตการปลดปล่อย GHGs
- วิจัยเพื่อใช้แบบจำลองประกอบการคำนวณการเปลี่ยนแปลงสมบัติพิเศษของระบบชุมชน (Emergent Properties) เช่น Sustainability, Food Security และ HIS เป็นต้น

ระดับลุ่มน้ำ

- เลือกลุ่มน้ำและติดตั้งอุปกรณ์เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (การเพิ่มขึ้น CO_2 และอุณหภูมิและความแปรปรวนของฝน) และผลกระทบที่เกิดต่อการเปลี่ยนแปลงของ Water and Sediment Yield
- ร่วมกับเครือข่ายชุมชนและหน่วยงานของรัฐและเอกชนในการสร้างต้นแบบ“ลุ่มน้ำพร้อมรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง”บูรณาการระบบการผลิตทางเกษตรและการอนุรักษ์ทรัพยากรและความหลากหลายทางชีวภาพ
- สร้างแบบจำลองบูรณาการระบบการผลิตทางเกษตรและการอนุรักษ์ทรัพยากรและนำแบบจำลองประกอบการคาดการณ์ทางเลือกและผลลัพธ์ภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศตามภาพฉายอนาคตการปลดปล่อย GHGs

ระดับนโยบาย

- กำหนดเป้าหมาย นโยบาย แผนงานและงบประมาณเพื่อปรับตัวและลดระดับการปลดปล่อย GHGs
- กำหนดเป้าหมาย นโยบาย แผนงานและงบประมาณเพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (การเพิ่มขึ้น CO_2 และอุณหภูมิและความแปรปรวนของฝน) ตามสภาพของระบบนิเวศน์เกษตร (อรรถชัย. 2555)
- กำหนดเป้าหมาย นโยบาย แผนงานและงบประมาณวิจัยพัฒนาเพื่อการติดตามสภาพในระดับแปลงผลิต ชุมชนและลุ่มน้ำอย่างบูรณาการ

● กำหนดนโยบายให้สร้าง ”ระบบวิจัยและพัฒนาเกษตรที่มุ่งเน้นการนำใช้ผลงานวิจัยโดยชุมชน/นิเวศน์เกษตรเป้าหมาย” โดยมีระบบจัดการงานวิจัยเฉพาะพื้นที่ (Area Research) ใช้ความร่วมมือของเครือข่ายผู้ผลิต-ผู้บริโภค-ผู้ประกอบการ-แหล่งทุนวิจัย-นักวิจัย

● กำหนดนโยบายให้มีการสื่อสารสาธารณะเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยการตีพิมพ์ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงและระบบเกษตรเป็นรายปี (Annual Report of Climate and Agricultural Production) โดยใช้ข้อมูลที่มีการจัดเก็บในระดับแปลงผลิต-ชุมชน-ลุ่มน้ำ

● กำหนดนโยบายและสนับสนุนงบประมาณให้เครือข่ายมหาวิทยาลัย/คณะสร้างหลักสูตรและกระบวนวิชาเรียนรู้และสอนตามหลักวิทยาศาสตร์และระบบศาสตร์ ให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับพลวัต-กลไกความสัมพันธ์-เงื่อนไขที่เกิดขึ้นของทรัพยากรกายภาพและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรชีวภาพและทรัพยากรมนุษย์

สรุปผลการวิจัย

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและผลกระทบต่อผลผลิตพืชหลักในอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขงเป็นส่วนหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงระดับโลก ต้องการองค์ความรู้ (Knowledge) และวิธีการปฏิบัติ (Know-How) เพื่อแก้ปัญหาความยากจนและความหิวโหยนำสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนของแต่ละพื้นที่แต่ละระบบนิเวศน์ดังนั้นกระบวนการวิจัยพัฒนาการเกษตรแบบเดิมต้องได้รับการปรับปรุงให้เข้าใจและนำใช้ความสามารถของชุมชนและให้มีการกำหนดเป้าหมายการวิจัยพัฒนาร่วมกัน ซึ่งจะนำสู่การพัฒนาความเข้าใจที่ครอบคลุมทุกมิติของทรัพยากรเกษตรและสามารถนำความเข้าใจที่พัฒนาได้ไปสู่การคาดการณ์ทางเลือกที่จะดำเนินการก่อนที่เหตุการณ์จะเกิด (Ex Ante Analysis) และใช้ผลการคาดการณ์เพื่อการวางแผนและจัดการทรัพยากรให้เหมาะสม รองรับการเปลี่ยนแปลงได้โดยการสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกัน เชื่อว่าเป็นวิธีการและแนวทางที่ง่ายและมีประสิทธิภาพที่สุดของรัฐและมหาวิทยาลัยในการเป็นแกนนำเพื่อสร้างนวัตกรรมการแก้ปัญหาผ่านกระบวนการวิจัยเพื่อต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการเข้าสู่ชุมชนเศรษฐกิจอาเซียนในปี ค.ศ. 2015 (ASEAN Economic Community : AEC2015) ความยากจนและความหิวโหยของอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขงโดยเฉพาะและอาเซียนโดยส่วนรวม

เอกสารอ้างอิง

เกริก ปั้นเหน่งเพชร, วินัย ศรวัต, สมชาย บุญประดับ, สุกิจ รัตนศรีวงษ์, สหัสชัย คงทน, สมปอง นิลพันธ์, ชิษณุชา บุดดาบุญ, กิ่งแก้ว คุณเขต, อิสระ พุทธสิมมา, ปรีชา กาเพชร, แคทลิยา เอกอุ่น, และ วิภารัตน์ ดำริเข้มตระกูล. (2552). **ผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อการผลิตข้าว อ้อย มันสำปะหลังและข้าวโพดของประเทศไทย.** รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยรหัส RDG5130007 เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) มหาวิทยาลัยขอนแก่น : 158 หน้า.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.). (2552). **การสำรวจค่าใช้จ่ายและบุคลากรทางการวิจัยและพัฒนาของประเทศไทยประจำปี 2552.** สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 144 หน้า.

สิรินทรเทพ เต้าประยูร. (2554). **สถานภาพการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย แนวโน้มการปลดปล่อยในอนาคต.** หน้า 19-42 ใน *รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1 : องค์ความรู้ด้านการลดก๊าซเรือนกระจก. คณะทำงานกลุ่มที่ 3* สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [สิรินทรเทพ เต้าประยูร, จำนง สรพิพัฒน์ และอำนาจ ชิดไธสง (บรรณาธิการ)].

อรรถชัย จินตะเวช. (2552). “ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อระบบการผลิตอาหาร,” **วารสารวิจัย มข.** 14(7) : 589-600.

อรรถชัย จินตะเวช. (2555). **ผลกระทบของความแปรปรวนของภูมิอากาศโลกต่อฐานทรัพยากรการผลิตระบบเกษตร.** เอกสารเสนอในการประชุมสัมนาวิชาการ จัดโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย วันจันทร์ที่ 12 มีนาคม พ.ศ. 2555 ณ ห้องเมจิก 3 โรงแรมมิราเคล แกรนด์ คอนเวชั่น ถนนวิภาวดี หลักสี่ กรุงเทพฯ.

อำนาจ คอวนิช. (2552). **กรอบและภาพรวมการสนับสนุนทุนวิจัยพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ.** หน้า 1-8 ใน เครือข่ายวิจัยและพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ สรุปผลงานรอบ 6 ปี (2546-2551) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) กรุงเทพฯ.

อำนาจ ชิดไธสง. (2553). **การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย เล่มที่ 2 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิอากาศในอนาคต.** สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 176 หน้า.

ADB (Asian Development Bank). (2012). Greater MekongSubregion:Overview. [Online], Availabel : http://www.adb.org/countries/gms/overviewaccessedon. [August 7, 2012].

ADB (Asian Development Bank). (2011). **The Greater Mekong Subregion Economic Cooperation Program Strategic Frame-work 2012–2022.** Mandaluyong City, Philippines. 26 pp.

Altbach,Philip.G. (2007). "Peripheries and Centres : Research Universities in Developing Countries," **Higher Education Manage- ment and Policy.** 19(2) : 111-134.

Altbach, P.G. (2011). Chapter1 : ThePast, Present, and Future of the Research University. p11-32. In Philip G. Altbach and Jamil Salmi (Editors). **The Road to Academic Excellence : TheMaking of World-Class Research Universities.** The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, 1818 H Street NW, Washington DC 20433, USA.

Chinvanno, S., and V. Kerksuk. (2012). **Mainstreaming climate change into community development strategies and plans : Case study in Thailand.** Stockholm Environment Institute-Asia, Bangkok, Thailand. 32 pp.

FAO (Food and Agriculture Organization). (2010). **The State of Food Insecurity in the World : Addressing food insecurity in protracted crises.** Rome, Italy. 57 pp.

FAO (Food and Agriculture Organization). (2012). **Hunger statistics.** [Online], Available : http://www.fao.org/hunger/en/ [August 25, 2012].

Fuhrer, J. (2003). "Agroecosystem responses to combinations of elevated CO_2, ozone, and global climate change," **Agriculture, Ecosystems & Environment.** 97(1-3) : 1-20.

Galanakis,K. (2006). "Innovation process. Makesense using systems thinking," **Technovation.** 26(11) : 1222-1232.

Gassman, P. W., M. R. Reyes, C.H. Green, J. G. Arnold. (2007). "The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development Applications, and Future Research Directions," **Transactions of the ASABE.** 50(4) : 1211-1250.

Goudriaan, J. and J. C. Zadoks. (1995). "Global climate change: Modelling the potential responses of agro-ecosystems with special reference to crop protection," **Environmental Pollution.** 87(2): 215-224.

Gupta, A., and S. C. Liew. (2007). "The Mekong from satellite imagery : A quick look at a large river," **Geomorphology.** 85(3-4) : 259-274.

Gutierrez, A.P., L. Ponti, and G. Gilioli. (2011). **Climate change effects on plant-pest-natural enemy interactions. P 209-237.** In D. Hillel and C. Rosenzweig (Eds.) Handbook of climate change and agroecosystems : Impacts, Adaptation, and Mitigation. ICP Series on Climate Change Impacts, Adaptation, and Mitigation, Imperial College Press, London, UK.

Hastings, D. A. (2010). **The Human Security Index: An Update and a New Release.** A paper presented at the GIS-IDEAS Conference organized by Japan-Vietnam Geoinformatics Consortium

(JVGC) and Hanoi University of Mining and Geology (HUMG), December 9-11, 2010, Hanoi, Vietnam.

Howden, S. M., J.-F. Soussana, F. N. Tubiello, N. Chhetri, M. Dunlop, and H. Meinke. (2007). "Climate Change and Food Security Special Feature: Adapting agriculture to climate change," **PNAS.** 104 : 19691-19696.

Jintrawet, A. and S. Chinvanno. (2011). "Assessing Impacts of ECHAM4 GCM Climate Change Data on Main Season Rice Production Systems in Thailand," **APN Science Bulletin.** 1 : 29-34.

Le Treut, H., R. Somerville, U. Cubasch, Y. Ding, C. Mauritzen, A. Mokssit, T. Peterson, and M. Prather. (2007). **Historical Overview of Climate Change.** *In* : Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Reportof the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Mainuddin, M., M. Kirby, and Chu Thai Hoanh. (2011). "Adaptation to climate change for food security in the lower Mekong Basin," **Food Security**. 3(4) : 433-450.

Matthews, R. B., M. J. Kropff, T. Horie, and D. Bachelet. (1997). "Simulating the impact of climate change on rice production in Asia and evaluating options for adaptation," **Agricultural Systems**. 54(3) : 399-425.

Mekong River Commission. (2005). **Overview of the hydrology of the Mekong Basin.** Vientiane, Mekong River Commission : 73 pp.

Morton, J. F. (2007). "Climate Change and Food Security Special Feature : The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture," **PNAS.** 104 : 19680-19685.

Nakamura, Tamotsu. (2001). **QUEST FOR THE SOURCE OF THE MEKONG RIVER: Notes on a Controversial Issue on the True Source.** The Japanese Alpine Club, 12 pp.

Neelin, J. D. (2011). **Climate change and climate modeling.** Cambridge University Press, Cambridge, CB2 8RU, UK., 282 pp.

New, M., D. Liverman, H. Schroder, and K. Anderson. (2011). "Four degrees and beyond: the potential for a global temperature increase of four degrees and its implications," **Philosophical Transaction of the Royal Society A.** 369 : 6-19.

Oberthür, S., and H. Ott. (1999). **The Kyoto Protocol: International Climate Policy for the 21st Century.** Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, and New York. 359 pp.

Pinnschmidt, H. O., W. D. Batchelor, and P. S. Teng. (1995). "Simulation of multiple species pest damage in rice using CERES-rice," **Agricultural Systems.** 48(2) : 193-222.

Rosenzweig, C., and A. Iglesias. (1998). **The use of crop models for international climate change impact assessment.** P 267-292. *In.* G. Y. Tsuji, G. Hoogenboom and P. K. Thornton. Understanding Options for Agricultural Production. Dordrecht, the Netherlands, Kluwer Academic Publishers in cooperation with ICASA.

Scherm, H., R. W. Sutherst, R. Harrington, and J.S.I. Ingram. (2000). "Global networking for assessment of impacts of global change on plant pests," **Environmental Pollution.** 108(4) : 333-341.

Thomas, D.E., B. Ekasingh, etal. (2008). **Comparative assessment of resource and market access of the poorinupl and zonesof the Greater Mekong**

Region. ChiangMai, Thailand 50200, World Agroforestry Centre, ICRAF ChiangMai, P.O. Box267, CMU Post Office.

Thornton, P. K., J. van de Steeg, A. Notenbaert, H. Herrero. (2009). “The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know,” **Agricultural Systems.** 101(3) : 113-127.

Vermeulen, S. J., P. K. Aggarwal, A. Ainslie, C.Angelone, B.M. Campbell, A.J. Challinor, J.W. Hansen, J.S.I. Ingram, A. Jarvis, P. Kristjanson, C. Lau, G.C. Nelson, P.K.Thornton, and E. Wollenberg. (2012). “Options for support to agriculture and food security under climate change,” **Environmental Science & Policy.** 15(1) : 136-144.

Warner, K. T. Afifi, O. Dun, M. Stal, and S. Schmidl. (2008). **Human Security, Climate Change, and Environmentally Induced Migration.** Institute for Environment and Human Security, UNU-EHS Section on Environmental Migration, Social Vulnerability, and Adaptation. UNU-EHS Report. 69 pp.