

อิทธิพลของการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์แบบ A1B และ A2 จากแบบจำลองภูมิอากาศต่อผลผลิตข้าว ในช่วงปี พ.ศ. 2533-2542

Effects of SRES A1B and A2 CO₂ emission scenarios on simulated rice yields during 1990 - 1999

อรรถชัย จินตะเวช¹ ชิตนุชา บุคตาบุญ² ศุภกร ชินวรโรณ³ เฉลิมรัฐ แสงมณี⁴

Yasuto TACHIKAWA⁵ และ Kazuaki YOROZU⁶

Attachai Jintrawet¹, Chitnucha Buddhagoon², Suppakorn Chinvanno³, Chalermrat Saengmanee⁴, Yasuto TACHIKAWA⁵ and Kazuaki YOROZU⁶

บทคัดย่อ

ข้าวเป็นพืชอาหารหลักของประชาชนไทย พื้นที่การผลิตข้าวมากกว่าร้อยละ 75 ของประเทศอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก และมีความอ่อนไหวอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตข้าวจากแบบจำลอง CSM-CERES rice รุ่น 4.5 ที่จะได้รับข้อมูลกาลอากาศแบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM4 ภายใต้การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์แบบ A2 และแบบจำลอง MRI และแบบจำลอง HadCM3 ภายใต้การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์แบบ A1B ของ IPCC-SRES ในช่วงปี ค.ศ. 1980-1999 ในพื้นที่ระดับภูมิภาคของประเทศไทยทั้ง 6 ระบบนิเวศน์ ผลการศึกษาพบว่า ผลผลิตข้าวเฉลี่ยตามระบบนิเวศน์ 6 ระบบ ได้แก่ กลาง ตะวันตก เหนือ ตะวันออก ใต้และตะวันออกเฉียงเหนือเท่ากับ 512, 468, 428, 343, 318, และ 281 กก/ไร่ ตามลำดับ แบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM4 คำนวณผลผลิตข้าวได้เท่ากับ 514, 498, 479, 373, 378, และ 387 กก/ไร่ ตามลำดับ แบบจำลองภูมิอากาศ HadCM3 คำนวณผลผลิตข้าวได้เท่ากับ 529, 474, 437, 374, 440, และ 381 กก/ไร่ ตามลำดับ และแบบจำลองภูมิอากาศ MRI คำนวณผลผลิตข้าวได้เท่ากับ 534, 421, 447, 405, 350, และ 342 กก/ไร่ ตามลำดับ แบบจำลองข้าว CSM-CERES รุ่น 4.5 คาดการณ์ผลผลิตข้าวในช่วงปี ค.ศ. 1980-1999 ใน 6 ระบบนิเวศน์ข้าวได้มากกว่าที่ปรากฏในรายงานโดยมี RMSEn เฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 35-52 สรุปสามารถใช้แบบจำลองข้าวและข้อมูลกาลอากาศในอนาคตเพื่อประเมินผลกระทบที่อาจเกิดต่อการผลิตข้าวได้บนพื้นฐานข้อมูลที่มีคุณภาพสูง

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ, ผลกระทบต่อการผลิตข้าว, แบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM4, แบบจำลองภูมิอากาศ MRI-GCM, การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

¹รองศาสตราจารย์ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ และศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ๕๐๒๐๐; Associate Professor, Crop Science and Natural Resources Dept. and Multiple Cropping Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand. (attachai.j@cmu.ac.th)

²นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี หมู่ที่ 6 ต.บ้านสร้าง อ.บ้านสร้าง จ. ปราจีนบุรี ๒๕๑๕๐; Senior Researcher, Prachinburi Rice Research Center, Moo 6, T. Baan Sang, A. Baan Sang, Prachinburi 25150.

³นักวิจัยอาวุโส ; Senior Researcher, Southeast Asia START Regional Center, 5th Floor Chulawich Building Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

⁴นักวิจัย ; Researcher, Southeast Asia START Regional Center, 5th Floor Chulawich Building Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

⁵Associate Professor, Hydrology and Water Resources Research Laboratory, Department of Civil and Earth Resources Engineering, Kyoto University, C1, Nishikyo-ku, Kyoto 615-8540, Japan

⁶Assistant Professor, Hydrology and Water Resources Research Laboratory, Department of Civil and Earth Resources Engineering, Kyoto University, C1, Nishikyo-ku, Kyoto 615-8540, Japan

Abstract

Rice is the main staple food crop for Thai people and over 75% of production area is classified as rainfed production system, which is very sensitive and vulnerable to changes in climate and weather pattern. This study aims to compare simulated rice yields by the CSM-CERES rice model version 4.5 under SRES CO₂ emission scenarios A2 from the ECHAM4 model and scenario A1B from HadCM3 and MRI-GCM climate models. We simulate rice yields in six ecosystems in Thailand and compared with the Office of Agricultural Economic (OAE) reported rice yields during the period of 1980-1999. The reported rice yields ranked from the highest to the lowest are in Central, West, North, East, South and Northeast with 10-year average yields of 3,203; 2,922; 2,678; 2,145; 1,988; and 1,757 kg/ha, respectively. ECHAM4 SRES A2 simulated rice yields were 3,211; 3,112; 2,992; 2,330; 2,363; and 2,419 kg/ha, respectively. HadCM3 SRES A1B simulated rice yields were 3,304; 2,963; 2,732; 2,336; 2,749; and 2,384 kg/ha, respectively. MRI-GCM SRES A1B simulated rice yields were 3,340; 2,633; 2,793; 2,533; 2,189; and 2,136 kg/ha, respectively, at 30 kg N simulations. The CSM-CERES rice model version 4.5 over-estimates rice yields for six ecosystems in Thailand within a range of 35-52%, based on RMSEn values. The model may be used to assess impacts of future climate change scenarios on rice production in all six ecosystems in Thailand, providing high quality data sets are available.

Keywords: Climate change, Impact on rice production, ECHAM4 climate model, MRI-GCM climate model, SRES CO₂ emission

บทนำ

ข้าวเป็นพืชอาหารหลักของประชาชนไทยพื้นที่การผลิตข้าวของประเทศไทยมากกว่าร้อยละ 75 จัดเป็นพื้นที่เกษตรอาศัยน้ำฝน และมีความอ่อนไหวอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศตลอดจนความมั่นคงทางอาหารของระดับครัวเรือน (Food insecurity) และระดับประเทศ (Food security) การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีต่อผลผลิตพืชดำเนินการโดยใช้แบบจำลองพืชและแบบจำลองภูมิอากาศ (Aggarwal and Mall, 2002) แบบจำลองพืชซึ่งมีการบรรจุกระบวนการทางสรีระของระบบพืชและพลวัตของน้ำและไนโตรเจนมีการทดลองในประเทศไทยอย่างต่อเนื่องและการทดสอบใช้ข้อมูลที่มีการจัดเก็บในระดับแปลงทดลอง (Mankeb, 1993; Kerdsuk, 2002) แบบจำลองข้าว CSM-CERES เป็นโปรแกรมแบบจำลองประเภทกระบวนการหนึ่งในโปรแกรม DSSAT 4 (Jones *et al.*, 2003) มีกระบวนการทางพืช-ดิน (Porter *et al.*, 2009) ทำให้มีความแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือ แต่ยังไม่มีการศึกษาที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับข้อมูลผลผลิตข้าวในระดับจังหวัดซึ่งมีการจัดเก็บข้อมูลโดยหน่วยของภาครัฐ

การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์แบบ A2 เป็นภาพฉายอนาคตของการพัฒนาทางเศรษฐกิจตามสภาพของแต่ละภูมิภาคของโลกและเทคโนโลยีพลังงานทดแทนมีอัตราการพัฒนาค่อนข้างต่ำ ส่วนการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์แบบ A1B เป็นภาพฉายอนาคตของการพัฒนาทางเศรษฐกิจทั่วโลก เทคโนโลยีพลังงานทดแทนมีอัตราการพัฒนาค่อนข้างสูงและเน้นการใช้พลังงานอย่างสมดุล (Mearns, 2011) การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตข้าวจากแบบจำลอง CSM-CERES rice รุ่น 4.5 ที่จะได้รับข้อมูลกาล

อากาศแบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM4 ภายใต้การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์แบบ A2 และแบบจำลอง MRI และแบบจำลอง HadCM3 ภายใต้การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์แบบ A1B ของ IPCC-SRES เปรียบเทียบกับผลผลิตข้าวเฉลี่ยระดับจังหวัดตามรายงานสถิติการเกษตร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2523-2540) ในช่วงปี ค.ศ. 1980-1999 ในพื้นที่การผลิตข้าวของประเทศไทย 6 ระบบนิเวศน์

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้โปรแกรมเชื่อมโยง CropDSS (อรรถชัย, 2552) ซึ่งเป็นโปรแกรมอำนวยความสะดวกในการเชื่อมฐานข้อมูลภูมิอากาศระหว่างปี ค.ศ.1990-99 และ ปี ค.ศ. 2020-29 ของแบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM4, HadCM3, และ MRI-GCM ทั้งสามแบบจำลองใช้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 350 ส่วนต่อล้านส่วน (ppm: part per million) เชื่อมกับแบบจำลองข้าว CSM-CERES รุ่น 4.5 (วันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2554) ในการศึกษาอิทธิพลของปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์แบบ A1B และ A2 จากแบบจำลองภูมิอากาศต่อผลผลิตข้าวในช่วงปี พ.ศ. 2523-2532 และช่วงปี 2533-2542 (ค.ศ. 1980-89 และ 1990-99) ใช้ข้อมูลดินของกรมพัฒนาที่ดินซึ่งใช้ประกอบการศึกษาของเกริกและคณะ (2552) ในการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีต่อการผลิตข้าว มันสำปะหลัง อ้อย และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งเมื่อนำไปซ้อนทับกับแผนที่ภูมิอากาศของแต่ละแบบจำลองจะได้หน่วยแผนที่การจำลอง (Simulation Mapping Unit: SMU) จำนวนหน่วยแผนที่การจำลองของแบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM4 และ HadCM3 มีจำนวนเท่ากับ 9,681 หน่วย ส่วนหน่วยแผนที่การจำลองของแบบจำลองภูมิอากาศ MRI-GCM มีจำนวนเท่ากับ 10,284 หน่วย เนื่องจากมีขนาดของตารางเล็กกว่าแบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM4 และ HadCM3 แบบจำลองข้าว CSM-CERES จำลอง (คำนวณ) ผลผลิตข้าวในแต่ละหน่วยการจำลองตามการจัดการผลิตที่มีการกำหนดครั้งเดียวในการตอนเริ่มต้นของการจำลอง

การจัดการผลิตข้าว ใช้ข้อมูลพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ กข. ๒๓ ซึ่งเป็นข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง ทำการปลูกข้าวในวันที่ 3 สิงหาคม ของทุกปี ส่วนในภาคใต้ใช้วันปลูก 17 กันยายน ตามข้อมูลการกระจายตัวของฝนของภาคใต้ ปลูกแบบปักดำจำนวน 16 กอต่อตารางเมตรและใช้ต้นกล้าหนึ่งต้นต่อกอ อายุกล้า 25 วันการผลิตข้าวในพื้นที่ภาคกลางมีการให้น้ำชลประทาน และมีการเติมปุ๋ยเคมีในอัตราคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ใช้ข้อมูลผลผลิตข้าวรายจังหวัดระหว่างปี พ.ศ. 2523-2532 และช่วงปี 2533-2542 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2525-2540) เพื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตข้าวที่ได้จากแบบจำลองข้าว CSM-CERES ซึ่งใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจากแบบจำลองภูมิอากาศทั้งสาม

เปรียบเทียบผลผลิตข้าวที่ได้จากแบบจำลองข้าว (Simulated value: SIM) กับผลผลิตข้าวเฉลี่ยรายจังหวัด (Observed value: OBS) โดยใช้ค่า RMSE (Root Mean Square Error) และ RMSEn (normalized Root Mean Square Error) ซึ่งเทียบกับผลผลิตข้าวเฉลี่ยรายจังหวัด

ผลการศึกษาและการวิจารณ์ผล

ผลผลิตข้าว 6 ระบบนิเวศน์ระหว่างปี 2523-2542 จากรายงานสถิติการเกษตร

ในช่วงปี พ.ศ. 2523-2542 (ค.ศ. 1980-1999) ระบบนิเวศน์ข้าว 6 ระบบนิเวศน์เรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ กลาง เหนือ ตะวันตก ตะวันออก ใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ ได้ผลผลิตเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 464 ± 72 , 423 ± 21 , 422 ± 60 , 329 ± 26 , 303 ± 24 , และ 261 ± 25 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2523-2540) ระบบนิเวศน์ข้าวในภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันตกมีระบบน้ำชลประทานสนับสนุนการผลิต มีการจัดการธาตุอาหารข้าวและการป้องกันกำจัดศัตรูข้าวในระดับดี แตกต่าง

จากการผลิตข้าวของเกษตรกรในระบบนิเวศน์ข้าวของภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งไม่มีระบบชลประทานทำให้การจัดการธาตุอาหารข้าวและการป้องกันกำจัดศัตรูข้าวขึ้นกับการกระจายตัวของฝน นอกจากนี้ในช่วงเวลาดังกล่าวมีภาวะความแห้งแล้งในพื้นที่การผลิตข้าวทั้งประเทศโดยเฉพาะในพื้นที่ 3 ระบบนิเวศน์หลังเนื่องจากปรากฏการณ์ El Nino ทั่วไปในปี ค.ศ. 1982-1983; 1986-1987; 1991-1992; 1994-1995 1997-1998จัดเป็นปรากฏการณ์ใหญ่ในปี ค.ศ. 1982-83 และ 1997-98และจัดเป็นปรากฏการณ์ที่รุนแรงมากในปี ค.ศ. 1997-98 ปรากฏการณ์ดังกล่าวส่งผลต่อการผลิตข้าวของไทยโดยเฉพาะในระบบนิเวศน์ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นระบบการผลิตข้าวที่อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก โดยเฉพาะในปี ค.ศ. 1997-98 ส่งผลกระทบต่อผลเฉลี่ยของข้าวใน 4/6 ของระบบนิเวศน์ข้าวของประเทศไทยได้แก่ระบบนิเวศน์ข้าวในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ในช่วงปีพ.ศ. 2543-2554(ค.ศ. 2000-2011) เกิดปรากฏการณ์ El Nino ขึ้นแล้วในปี ค.ศ. 2002-2003; 2006-2007 และ 2009-2010 ควรดำเนินการศึกษาผลกระทบและความเชื่อมโยงผลิตภาพและเสถียรภาพของระบบนิเวศน์ข้าวของไทยทั้ง 6 ระบบ เพื่อสะสมความเข้าใจและเพิ่มขีดความสามารถในการคาดการณ์ผลกระทบที่อาจจะเกิดในอนาคตต่อไป โดยอาจจะใช้ข้อมูลของสถาบันวิจัยนานาชาติสำหรับภูมิอากาศและสังคม (IRI, 2011) ซึ่งเป็นสถาบันวิจัยร่วมระหว่างมหาวิทยาลัยโคลัมเบียและองค์การอวกาศแห่งชาติของสหรัฐอเมริกาได้ร่วมดำเนินการวิจัยคาดการณ์ปรากฏการณ์ El Nino เป็นเวลาล่วงหน้าสอง-สามเดือนและนำเสนอข้อมูลผลคาดการณ์ซึ่งมีการปรับปรุงรายเดือนที่ระบบเว็บของสถาบัน

ผลผลิตข้าว 6 ระบบนิเวศน์ระหว่างปี 2523-2542 จากแบบจำลองข้าว CSM-CERES

แบบจำลองข้าว CSM-CERES รุ่น 4.5 ให้ผลการจำลองในแฟ้มผลลัพธ์ SUMMARY.OUT ซึ่งแบ่งออกเป็นกลุ่มตัวแปรได้ทั้งสิ้น 10 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับระยะพัฒนาการ (DATES) กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับน้ำแห้งของผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตพืช (DRY WEIGHT, YIELD AND YIELD COMPONENTS) กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับพลวัตของน้ำในพืชและดิน (WATER) กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับพลวัตของไนโตรเจน (NITROGEN) กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับฟอสฟอรัส (PHOSPHORUS) กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับโพแทสเซียม (POTASSIUM) กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับอินทรีย์วัตถุ (ORGANIC MATTER) กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับผลิตภาพของน้ำ (WATER PRODUCTIVITY) กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับผลิตภาพของไนโตรเจน (NITROGEN PRODUCTIVITY) และกลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับข้อมูลสภาพแวดล้อมในฤดูปลูก (SEASONAL ENVIRONMENTAL DATA) รวมทั้งสิ้น 69 ตัวแปร โปรแกรมเชื่อมโยง CropDSS สามารถแสดงผลการจำลองได้แก่กลุ่มแรก และในเอกสารฉบับนี้รายงานเฉพาะผลการจำลองของตัวแปรในสองกลุ่มแรกจำนวน 5 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนวันตั้งแต่ปักดำถึงออกดอก (DTF) จำนวนวันตั้งแต่ปักดำถึงสุกแก่ทางสรีระ (DTM)จำนวนวันตั้งแต่ออกดอกถึงสุกแก่ทางสรีระ (DFM) น้ำหนักแห้งเหนือผิวดิน (CWAM) และน้ำหนักเมล็ดข้าว (HWAM) ซึ่งสามารถเปรียบเทียบกับข้อมูลผลผลิตเฉลี่ยข้าวรายจังหวัดตามรายงานสถิติการเกษตรของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรปีพ.ศ. 2523-2542

ในช่วงปีพ.ศ. 2523-2532(ค.ศ. 1980s)เมื่อใช้ข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM4 และ HadCM3 ส่งผลให้แบบจำลองข้าวCSM-CERES รุ่น 4.5 คำนวณจำนวนวันตั้งแต่ปักดำถึงออกดอก (DTF) ได้ใกล้เคียงกัน ค่าเฉลี่ยทั้งประเทศเป็น 67.1 และ 69.6 วัน ตามลำดับ เนื่องจากทั้งสองแบบจำลองภูมิอากาศมีตารางเขตภูมิอากาศเขตเดียวกันและมีตรรกะของการคำนวณสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกัน มีความแตกต่างกันของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศMRI-GCM ให้ค่าเฉลี่ย DTF ทั้งประเทศเป็น 59.5 วัน (Table 1)ซึ่งอาจจะเนื่องจากตรรกะในการคำนวณระดับอุณหภูมิอากาศและส่งผลให้ระดับอุณหภูมิอากาศในช่วงฤดูปลูกของพื้นที่ในเขตภาคเหนือและเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ

ไทยมีค่าค่อนข้างต่ำ แต่ไม่สามารถระบุสาเหตุหรือปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่ส่งผลให้แบบจำลองข้าวออกดอกเร็วได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามข้อมูลภูมิอากาศจากทั้งสามแบบจำลองทำให้ข้าวมีช่วงออกดอกระหว่างต้นเดือนตุลาคมยกเว้นภาคใต้ของประเทศซึ่งช่วงออกดอกของข้าวเป็นระหว่างต้นเดือนพฤศจิกายนซึ่งเป็นระยะพัฒนาการตามสภาพจริงของการผลิตข้าว นอกจากนี้แบบจำลองข้าวคำนวณจำนวนวันช่วงออกดอกถึงสุกแก่ทางสรีระ (DFM) จากข้อมูลแบบจำลองภูมิอากาศทั้งสามได้ใกล้เคียงกันมีค่าเฉลี่ยในช่วง 29.6-33.7 วันเป็นที่น่าสังเกตว่าแบบจำลองภูมิอากาศ MRI-GCM ให้ค่า DTF และ ค่า DTM สูงสุดถึง 417 และ 447 ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงเกินความเป็นจริงตามระยะพัฒนาการของข้าวทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลองภูมิอากาศ MRI-GCM ให้ระดับอุณหภูมิอากาศค่อนข้างต่ำดังกล่าวมาแล้ว ในช่วงปี พ.ศ. 2533-2542 (ค.ศ. 1990s) แบบจำลองข้าว CSM-CERES ให้ผลการคำนวณที่มีแนวโน้มทำนองเดียวกับ พ.ศ. 2523-2532 (ค.ศ. 1980s)

Table 1: Simulated number of days to flowering (DTF), to maturity (DTM), flowering to maturity (DFM) from ECHAM4, HadCM3, and MRI-GCM climate models for 1980s and 1990s periods in six different rice ecosystems in Thailand.

Climate models		ECHAM4 A2			HadCM3 A1B			MRI-GCM A1B		
Years		DTF	DTM	DFM	DTF	DTM	DFM	DTF	DTM	DFM
1980s	Maximum	100.0	146.0	49.0	101.0	151.0	56.0	417.0	447.0	96.0
	Minimum	51.0	74.0	23.0	54.0	78.0	24.0	48.0	51.0	-
	Mean	67.1	96.7	29.6	69.6	103.3	33.7	59.9	91.3	31.4
	SD	6.4	9.8	3.8	6.8	10.9	4.7	18.5	19.7	4.6
1990s	Max	95.0	143.0	48.0	97.0	155.0	58.0	475.0	501.0	83.0
	Min	50.0	72.0	22.0	49.0	71.0	22.0	56.0	77.0	16.0
	Mean	65.2	93.8	28.6	65.5	94.0	28.5	71.1	99.4	28.4
	SD	6.2	9.2	3.5	6.6	9.8	3.9	24.0	25.0	4.6

Note: SD = Standard deviation.

ในช่วงปีพ.ศ. 2523-2532 (ค.ศ. 1980s) ผลผลิตข้าวเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งประเทศที่ได้จากแบบจำลองข้าว CSM-CERES โดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM4, HadCM3 และ MRI-GCM อยู่ในช่วงเดียวกับผลผลิตข้าวเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งประเทศ(OAE HWAM) จากรายงานสถิติการเกษตร (Table 2) และเมื่อแยกพิจารณาตามระบบนิเวศน์ 6 ระบบ พบว่าแบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM4, HadCM3 และ MRI-GCM คำนวณผลผลิตเฉลี่ยข้าวเฉลี่ยในรูปแบบเดียวกันโดยให้ค่า RMSE เป็น 886.4 837.7 และ 788.9 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ เป็นค่าRMSEที่ยอมรับได้ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่า RMSEn พบว่าเป็นค่าที่ค่อนข้างสูง (ได้ค่าเป็นร้อยละ 45.7, 45.5 และ 40.3 ตามลำดับ) โดยเฉพาะพื้นที่ข้าวในระบบนิเวศน์ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ เนื่องจากผลผลิตข้าวในรายงานสถิติการเกษตรและผลผลิตข้าวที่ได้จากแบบจำลองข้าว CSM-CERES มีความแตกต่างกันมากแนวทางในการปรับปรุงให้ดีขึ้นในอนาคตมีสามแนวทางได้แก่ 1) ปรับปรุงวิธีการเก็บข้อมูลผลผลิตข้าวเพื่อประกอบการรายงานเป็นสถิติของรายจังหวัดในแต่ละระบบนิเวศน์ให้สะท้อนระบบการผลิตของแต่ละเขตนิเวศน์ข้าวมากกว่าเขตจังหวัดคาดว่าจะทำให้ลดความผิดพลาดจากค่าจากระบบจริง (Observation error) 2) ปรับปรุงความแม่นยำของแบบจำลองโดยการเพิ่มกระบวนการของดินและพืชที่ยังไม่มีในแบบจำลองข้าว CSM-CERES รุ่น 4.5 เช่น กระบวนการธาตุอาหารหลักและรอง การระบาดของวัชพืช โรคแมลงศัตรูพืชการแพร่กระจายและผลกระทบของดินเค็มต่อการ

พัฒนาการและการเติบโตของข้าว ซึ่งจะช่วยลดความผิดพลาดจากค่าที่ได้จากแบบจำลอง (Model error) และ 3) ปรับปรุงการกำหนดรูปแบบการจำลองการผลิตข้าวให้มีความใกล้เคียงกับการผลิตข้าวของแต่ละเขตนิเวศน์ข้าวทั้ง 6 ระบบนิเวศน์จะทำให้ลดความผิดพลาดเกี่ยวกับข้อมูลนำเข้าสำหรับการคำนวณของแบบจำลอง (Parameter or input error)

ในช่วงปีพ.ศ. 2533-2542 (ค.ศ. 1990s) ผลผลิตข้าวเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งประเทศที่ได้จากแบบจำลองข้าว CSM-CERES โดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM4, HadCM3 และ MRI-GCM อยู่ในช่วงเดียวกันกับผลผลิตข้าวเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งประเทศ (OAE HWAM) จากรายงานสถิติการเกษตร

สรุป

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในช่วงปี พ.ศ. 2523-2542 (ค.ศ. 1980-1999) ภายใต้การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์แบบ A2 จากแบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM4 และการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์แบบ A1B จากแบบจำลองภูมิอากาศ HadCM3 และ MRI-GCM มีอิทธิพลต่อแบบจำลองข้าว CSM-CERES รุ่น 4.5 ในระบบนิเวศน์ทั้ง 6 ของประเทศไทยในลักษณะเดียวกัน แบบจำลองข้าว CSM-CERES คำนวณจำนวนวันตั้งแต่ปักดำถึงออกดอก (DTF) จำนวนวันตั้งแต่ปักดำถึงสุกแก่ทางสรีระ (DTM) จำนวนวันตั้งแต่ออกดอกถึงสุกแก่ทางสรีระ (DFM) ได้ในช่วงที่ยอมรับได้ เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตข้าวที่ได้จากแบบจำลองข้าวในด้านน้ำหนักแห้งเหนือผิวดิน (CWAM) และน้ำหนักเมล็ดข้าว (HWAM) กับข้อมูลผลผลิตเฉลี่ยข้าวรายจังหวัดตามรายงานสถิติการเกษตรของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรปีพ.ศ. 2523-2542 ได้ใกล้เคียงกัน และเมื่อแยกพิจารณาแต่ละระบบนิเวศน์พบว่าค่า RMSE อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่า RMSE พบว่าเป็นค่าที่ค่อนข้างสูง และมีแนวทางการปรับปรุงความแม่นยำของแบบจำลองข้าวเพื่อการศึกษาอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตข้าวในระดับระบบนิเวศน์ได้สามแนวทาง ได้แก่ แนวทางการปรับปรุงวิธีการเก็บข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบกับแบบจำลอง แนวทางการปรับปรุงความสามารถของแบบจำลองในระดับกระบวนการดินและพืชและแนวทางการปรับปรุงข้อมูลนำเข้าเพื่อการคำนวณของแบบจำลอง

Table 2: Simulated total aboveground biomass (CWAM) and rice grain yield (HWAM) from ECHAM4, HadCM3, and MRI-GCM climate models and averaged reported rice yield from Office of Agricultural Economics year books (OAE HWAM) during 1980s and 1990s.

Year	Items	Simulated total aboveground biomass (CWAM) and rice grain yield (HWAM)						
		ECHAM4 A2		HadCM3 A1B		MRI-GCM A1B		OAE
		CWAM	HWAM	CWAM	HWAM	CWAM	HWAM	HWAM
----- kg/rai -----								
1980s	Max	1,854.6	924.2	1,932.8	916.8	1,875.7	969.9	805.0
	Min	380.6	154.6	466.2	165.6	- 15.8	- 15.8	134.0
	Mean	842.3	416.4	863.0	412.0	811.3	346.1	333.7
	SD	213.5	119.1	214.7	107.3	224.6	124.4	100.1
	95% pctl	1,081.1	548.8	1,109.6	530.7	1,097.1	482.9	520.1
	75% pctl	939.4	483.5	960.6	469.9	921.1	408.2	395.3
	50% pctl	791.4	401.4	815.8	398.4	777.0	343.0	318.0
	25% pctl	699.8	328.3	716.8	340.0	677.6	279.7	256.0
1990s	Max	2,019.0	1,019.8	1,911.8	912.3	2,217.6	979.2	784.0
	Min	299.4	106.4	259.0	89.9	39.2	-	176.0
	Mean	999.5	499.9	820.0	401.1	969.4	456.2	377.8
	SD	226.5	125.2	212.0	117.6	231.4	148.9	115.8
	95% pctl	1,270.9	644.2	1,068.2	537.4	1,242.9	623.0	612.3
	75% pctl	1,129.1	577.8	919.0	467.4	1,098.4	540.5	449.3
	50% pctl	978.2	493.9	775.4	388.0	945.3	459.0	347.0
	25% pctl	861.0	426.4	686.6	313.3	826.7	372.2	285.0

Note: pctl = percentile.

เอกสารอ้างอิง

เกริก ปั่นเหน่งเพชร วินัย ศรีวัต สมชาย บุญประดับ สุกิจ รัตนศรีวงษ์ สหัชชัย คงทน สมปอง นิลพันธ์ อิศระ พุทธสิมมา ปรีชา กาเพชร แคทลียา เอกอุ้น วิภารัตน์ ดำริเข้มตระกูล ชัชณูชา บุคตาบุญ และกิ่งแก้ว คุณเขต 2552 ผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อการผลิตข้าว อ้อย มันสำปะหลังและข้าวโพดของประเทศไทย รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ รหัสโครงการ RDG5130007 เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) 159 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.2523-2540.สถิติการเกษตรของประเทศไทยศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กรุงเทพมหานคร

อรรถชัย จินตะเวช 2552 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อการผลิตอาหาร วารสารวิจัย มช.14: 589-600.

- Aggarwal P.K. and R.K. Mall, 2002. Climate change and rice yields in diverse agro-environments of India. II. Effects of uncertainties in scenarios and models on impact assessment. *Climate change*, 52: 331-343. DOI: 10.1023/A:1013714506779
- IRI, 2011. *ENSO Update*. The International Research Institute for Climate and Society, Earth Institute, Columbia University, Lamont Campus. (<http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/currentinfo/update.html>).
- Jones, J.W. , G. Hoogenboom, C.H. Porter, K.J. Boote, W.D. Batchelor, L.A. Hunt, P.W. Wilkens, U. Singh, A.J. Gijsman, and J.T. Ritchie. 2003. The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy* 18: 235-265. doi:10.1016/S1161-0301(02)00107-7
- Kerdsuk, V. 2002. *Application of crop modeling and GIS for agroclimatic of KDML105 in Tung Samrit, Nakhon Rachasima, Thailand*. Crop Production Technology Program, Suranaree University of Technology, Nakhon Rachasima, Thailand. Ph.D Dissertation, 119 pp.
- Mearns, L.O. 2011. Climate models for agricultural impacts: Scales and scenarios. Page 161-177. In: D. Hillel and C. Rosenzweig. (eds.) *Handbook of climate change and agroecosystems: Impact, adaptation, and mitigation*. ICP Series on Climate Change Impact, Adaptation, and Mitigation Volume 1, Imperial College Press, London, UK.
- Mankeb, P. 1993. *Calibration of genetic coefficients of paddy rice (Oryza sativa L.) for validation of the CERES-rice model in Northern Thailand*. Agricultural Systems Program, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand. Master of Science Thesis, 121 pp.
- Porter, C.P., J.W. Jones, S. Adiku, A. J. Gijsman, O. Gargiulo, and J. B. Naab 2010. Modeling organic carbon and carbon-mediated soil processes in DSSAT v4.5. *Operational Research*, 10: 247-278. DOI: 10.1007/s12351-009-0059-1