

ผลกระทบและการจำลองการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
สำหรับลดความเสี่ยงของผลผลิตข้าวนาปีในภาคกลาง

Impacts of Climate Change and Adaptation Simulation for Risk Reduction
of Rain-fed Rice Production in Central Region

นิโรจน์ สินณรงค์^{1*} กษมา ถาอ้าย² ศิริพร พันธุลี³ ฉันทนา ชูแสงทรัพย์⁴ Olalekan Israel Aikulola⁵

Nirote Sinnarong^{1*}, Kasama Thaeye², Siriporn Phuntulee³ Chanthana Susawaengsup⁴ and Olalekan Israel Aikulola⁵

Received September 8, 2018 Revised October 30, 2018 Accepted October 31, 2018

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบและจำลองการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับลดความเสี่ยงของผลผลิตข้าวนาปีในภาคกลาง โดยใช้ข้อมูลการผลิตข้าวและสภาพอากาศแบบพานะลอกจาก 25 จังหวัด ระหว่างปี พ.ศ.2532-2557 เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ฟังก์ชันการผลิตข้าวที่มีประสิทธิภาพ การศึกษานี้ทำการวิเคราะห์ความนิ่งของข้อมูลและการวิเคราะห์ฟังก์ชันการผลิตข้าวด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดทั่วไปแบบเป็นไปไม่ได้ ผลการวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในระหว่างปี ค.ศ.2030-2090 ส่งผลให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยจะลดลงร้อยละ 0.70-10.07 โดยที่ความแปรปรวนของผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.78-7.72 สำหรับผลการจำลองการปรับตัวที่เป็นไปไม่ได้ พบว่าการเลื่อนเวลาเพาะปลูกและการย่นระยะเวลาเพาะปลูกมีศักยภาพในการลดความเสี่ยงได้ร้อยละ 0.76-22.07 และร้อยละ 10.22-21.78 ตามลำดับ นับเป็นแนวทางการปรับตัวแบบเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่ช่วยลดความเสี่ยงในการผลิตข้าวจากผลกระทบเชิงลบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตได้

คำสำคัญ : การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การปรับตัว ความเสี่ยง ข้าว ภาคกลาง

^{1*}ผู้ดำเนินการหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ nirote1980@gmail.com

²อาจารย์ สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์เพื่อการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ.แพร่ traanzs-econ75@hotmail.com

³ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กลุ่มวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ.แพร่ Phuntulee@gmail.com

⁴อาจารย์ ดร. กลุ่มวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ.แพร่ c.susawaengsup@gmail.com

⁵นักศึกษานิเทศศาสตร์ สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ wonderfulekn@yahoo.com

Abstract

This study aims to analyze the impacts of climate change on rice production and adaptation for risk reduction of rain-fed rice production in Central Region. Based on the rice production and weather panel data from 25 provinces over the 1989-2014 periods, the unit root tests and feasible generalized least squares are performed to obtain efficiency estimates of rice production function. The climate change projection results shown that mean rice production projected to decrease by 0.70-10.07% whereas variance of rice production projected to increase by 1.78-7.72% in 2030-2090. The adaptation simulation provided evidence that latening planting dates and shorting planting dates can be reduced production risk by 0.76-22.07% and 10.22-21.78%, respectively. These eco-friendly adaptations can reduce rice production risk from adverse effect of future climate change.

Keywords: climate change, adaptation, risk, rice, Central

บทนำ (Introduction)

ภาคกลางนับเป็นพื้นที่ผลิตข้าวที่สำคัญของประเทศ โดยในปีเพาะปลูก 2559/60 มีเนื้อที่เพาะปลูก 8.287 ล้าน ผลิต 4.995 ล้านตันข้าวเปลือก และเป็นภูมิภาคที่มีผลผลิตต่อไร่ต่อเนื้อที่เพาะปลูกมากที่สุดของประเทศ คือ 603 กิโลกรัมต่อไร่ เนื้อที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีปริมาณน้ำฝนเพียงพอ น้ำในแม่น้ำสายหลัก เช่น แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำปารจัน มีปริมาณค่อนข้างมาก ประกอบกับเขื่อนหลัก เช่น เขื่อนเจ้าพระยา เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ มีปริมาณน้ำเพียงพอต่อการชลประทาน เกษตรกรจึงสามารถเพาะปลูกข้าวนาปีได้เป็นปกติ อย่างไรก็ตามสภาพอากาศเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างยิ่งในการกำหนดรูปแบบการเพาะปลูกและผลผลิตข้าวนาปี ดังมีรายงานในช่วงปี 2555/56 - 2559/60 เนื้อที่เพาะปลูกและผลผลิต ข้าวนาปีลดลงจาก 64.95 ล้านไร่ ผลผลิต 27.23 ล้านตันข้าวเปลือก ในปี 2555/56 เหลือ 58.65 ล้านไร่ ผลผลิต 25.24 ล้านตันข้าวเปลือก ในปี 2559/60 หรือ ลดลงร้อยละ 2.68 และร้อยละ 2.57 ต่อปี ตามลำดับ เนื่องจากเกษตรกรที่เคยขยายเนื้อที่เพาะปลูกเพิ่มในพื้นที่ว่างเปล่าในช่วงที่ราคาข้าวให้ผลตอบแทนสูงช่วงปี 2556 ได้ลดพื้นที่ลงในปี 2557 และในช่วงปี 2558 - 2559 ปริมาณน้ำฝนน้อย การกระจายของฝนไม่สม่ำเสมอ โดยปริมาณฝนรวมต่ำกว่าค่าปกติ ทำให้เกษตรกรปลูกข้าวล่าช้า และบางพื้นที่ไม่สามารถปลูกข้าวได้ ประกอบกับราคาข้าวมีแนวโน้มลดลง เกษตรกรบางส่วนจึงปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่น สำหรับผลผลิตต่อไร่ในรอบ 5 ปี เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.12 ต่อปี เนื่องจากในปี 2560 มีปริมาณน้ำเพียงพอ ส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น ในปี 2559/60 เทียบกับปี 2558/59 ทั้งเนื้อที่เพาะปลูก ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.02 ร้อยละ 3.83 และร้อยละ 2.63 ตามลำดับ เนื่องจากสภาพอากาศเอื้ออำนวย ปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น ทำให้เกษตรกรที่ปล่อยพื้นที่ว่างสามารถปลูกข้าวได้ตามปกติ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) จะเห็นได้ว่าสภาพอากาศโดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลอย่างยิ่งในการผลิตข้าวนาปี ที่ต้องอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก (rain-fed)

สำหรับประเทศไทยนั้น ผลการจำลองสถานการณ์สภาพภูมิอากาศอนาคต รายงานว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในประเทศไทยและประเทศใกล้เคียงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส ในช่วงกลางศตวรรษที่ 21 เป็นต้นไป และรูปแบบของฝนจะมีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้น โดยมีแนวโน้มปริมาณฝนมากขึ้น และพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยจะมีฝนมากขึ้น ถึงร้อยละ 25 และถึงร้อยละ 50 ในบางพื้นที่ (Chinvanno, 2009) ทั้งนี้การประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตทางการเกษตร จะเน้นการประเมินผลกระทบของสภาพภูมิอากาศต่อการเปลี่ยนแปลงผลผลิต ซึ่ง Hertel and Rosch (2010) ได้สรุปวิธีการประเมินผลกระทบเป็น 3 วิธี คือ 1) การสร้างแบบจำลองการผลิตพืช (Crop simulation model) เป็นการจำลองสถานการณ์การผลิตทางการเกษตร ที่มีการประยุกต์ใช้กันแพร่หลาย เช่น การผลิตพืช โดยกำหนดปัจจัยการผลิตที่ใกล้เคียงความเป็นจริง ซึ่งใช้ข้อมูลที่เป็นเพื่อนำเข้าในการประเมินผลผลิตในอนาคตภายใต้สถานการณ์ที่สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ คุณสมบัติของดิน ข้อมูลสภาพอากาศ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความเข้มแสง ตลอดจนวิธีการบริหารจัดการการเพาะปลูกพืช ซึ่งเป็นวิธีหลักที่ประยุกต์กันในประเทศไทย 2) การวิเคราะห์แนวรีคาเดียน (Recardian approach) เป็นการประเมินผลกระทบโดยยึดมูลค่าของที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และ 3) การวิเคราะห์เชิงสถิติหรือเศรษฐมิติ (Econometrics approach) เป็นการนำข้อมูลจากการสังเกตจริงมาวิเคราะห์ด้วยกระบวนการทางสถิติ เช่น การวิเคราะห์สมการถดถอย เพื่อศึกษารูปแบบ

ความสัมพันธ์ของผลผลิตและปัจจัยการผลิตในอดีต และทำนายรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในอนาคต โดยกำหนดให้สภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน เป็นปัจจัยการผลิตร่วมกับปัจจัยการผลิตปกติ มีข้อดีคือมีการทดสอบสมมุติฐานตามกระบวนการอ้างทางสถิติ โดยการวิเคราะห์เชิงเศรษฐมิติยังมีการประยุกต์ใช้น้อยสำหรับประเทศไทยแม้จะมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เช่น การศึกษาของ Chen, McCarl, and Schimmelpfennig(2004); McCarl, Villavicencio, and Wu (2008), and Cabas, Weersink, and Olale (2010) ทั้งนี้การศึกษาเชิงประจักษ์ในประเทศไทยส่วนใหญ่มีการศึกษาโดยใช้แบบจำลองผลผลิตการเกษตร การจำลองผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตข้าวโดยแบบจำลอง ORYZA1 และ SIMRIW พบว่าผลผลิตข้าวของประเทศไทยในอนาคตภายใต้เงื่อนไขสภาพภูมิอากาศอนาคตจากแบบจำลองทั้ง 3 จะเปลี่ยนแปลงไปโดยอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 6.4 ถึง -11.6 (Matthews et al.,1997) การวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตข้าว ในจังหวัดเชียงราย สกลนครและสระแก้ว พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงผลผลิตข้าวเพียงเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ดีภายใต้สภาพภูมิอากาศอนาคตเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความแปรปรวนของผลผลิตข้าวเพิ่มสูงขึ้น (Buddhaboon et al, 2005) การประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวในประเทศไทยด้วยแบบจำลอง CropDSS โดยสมพร อิศวิลานนท์และคณะ (2552) พบว่าผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิจะเพิ่มขึ้นโดยรวม 1.4 ล้านตันและมีมูลค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเท่ากับ 14,195 ล้านบาท สำหรับเกษตรกรในภาคกลางที่ปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีผลผลิตข้าวโดยรวมลดลง 0.249 ล้านตัน ซึ่งคิดเป็นมูลค่าการสูญเสีย 2,029 ล้านบาท การวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตต่อผลผลิตข้าวในช่วงทศวรรษ ค.ศ.2020 2050 และ 2080 ในจังหวัดอุบลราชธานี ขอนแก่น และร้อยเอ็ด พบว่า ผลผลิตข้าวมีแนวโน้มลดลงร้อยละ 24 เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตในช่วงปีฐาน ในปี ค.ศ. 1997 - 2006 (พ.ศ. 2540 – 2549) โดยผลผลิตที่คาดการณ์ว่าจะลดลงได้แก่ ข้าวสายพันธุ์ KDML 105 (ข้าวขาวดอกมะลิ 105) โดยลดลงร้อยละ 15 และข้าวสายพันธุ์ RD6 (กข 6) ลดลงร้อยละ 5.5 ซึ่งคาดว่าเกิดจากการที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น (Agarwal, 2008) สำหรับการศึกษาด้วยวิธีการทางเศรษฐมิติ มีการศึกษาโดย Nirote Sinnarong (2013) โดยการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตข้าวของประเทศไทย 73 จังหวัด ตั้งแต่ปี 1989-2009 และแบ่งแบบจำลองออกเป็น 4 ภาค คือ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ พบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูกาลเพาะปลูกส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าวในทุกภาค การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนส่งผลต่อการผลิตข้าวในปีในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในขณะที่มีผลในเชิงลบต่อการผลิตข้าวในภาคกลางและภาคใต้ และทำนายการผลิตข้าวในอนาคตโดยคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ ในปี 2030 ถึง 2090 ผลการศึกษาพบว่าผลผลิตข้าวเฉลี่ยของไทยมีแนวโน้มลดลงร้อยละ 5-33 และมีความแปรปรวนของผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 3-15 โดยที่การผลิตข้าวในภาคเหนือและภาคกลางของไทยซึ่งเป็นพื้นที่การผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงของประเทศ จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากที่สุด

การปรับตัว (Adaptation) คือการปรับเปลี่ยนระบบของธรรมชาติและมนุษย์เพื่อตอบสนองต่อสภาพอากาศที่เกิดขึ้นจริง ที่เปลี่ยนแปลงไปหรือที่คาดการณ์ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงในอนาคตและส่งผลกระทบต่อโอกาสและประโยชน์

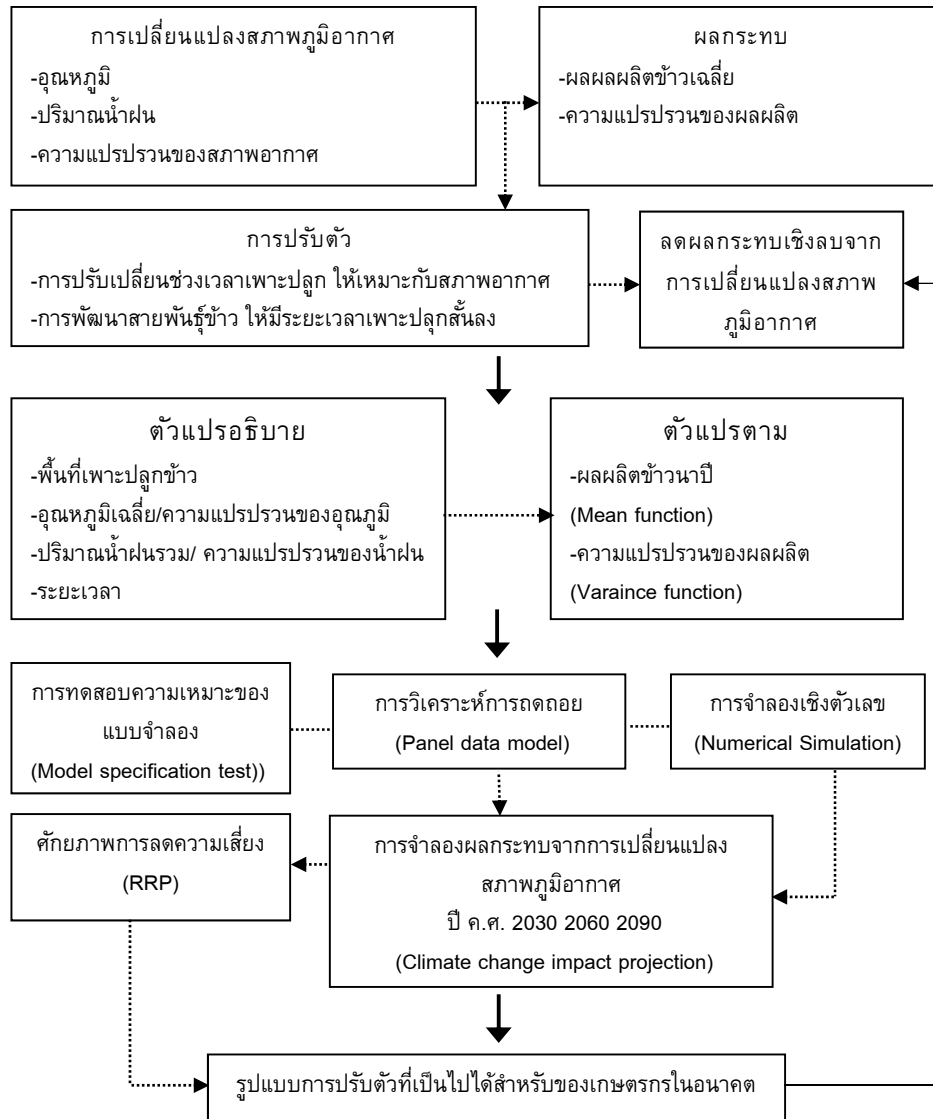
ที่จะได้รับ (IPCC, 2007) เพื่อลดผลกระทบ (mitigation) จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งทำได้ในหลายระดับ ตั้งแต่ระดับบุคคล ครัวเรือน ฟาร์ม ชุมชน ธุรกิจ และรัฐบาล โดยเชื่อมโยงกับการรับรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความสามารถในการปรับตัว ศักยภาพในการลดผลกระทบ เพื่อเป้าหมายหลักในการลดความสูญเสียและสร้างภูมิคุ้มกันจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สำหรับในภาคการเกษตรโดยปกติแล้วเกษตรกรจะมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการฟาร์มเพื่อตอบสนองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอยู่แล้ว ตัวอย่างเช่นการปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในประเทศเนปาล ด้วยการปลูกพืชแบบหมุนเวียน (cropping sequences) ระหว่างข้าวกับมัสตาร์ดและข้าวสาลี และการปรับเปลี่ยนตารางการเพาะปลูก (cropping calendar) เพื่อรองรับการเพิ่มขึ้นของความแห้งแล้งและฝนตกซ้ำกว่ากำหนด และมีการปรับเปลี่ยนมาใช้สายพันธุ์ข้าวสมัยใหม่(modern varieties) ที่ช่วยเพิ่มผลผลิตและทนทานต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงทางด้านสิ่งแวดล้อมและอากาศ (Manandhar et, al.,2011) เช่นเดียวกับ Nhemachena and Hassan (2007) ได้ศึกษาการปรับตัวของเกษตรกรในระดับฟาร์มในแอฟริกาใต้ พบว่า เกษตรกรมีการปรับตัวในระดับฟาร์มทั้งหมด 7 รูปแบบคือ การใช้สายพันธุ์พืชที่แตกต่าง การเปลี่ยนชนิดพืช การปลูกพืชแบบผสมผสาน การปรับเปลี่ยนเวลาเพาะปลูก การทำอาชีพเสริมนอกภาคเกษตร การเพิ่มระบบชลประทาน และการเพิ่มเทคนิคการอนุรักษ์ดินและน้ำ Wassmann and Dobermann (2007) ศึกษาการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการผลิตข้าวของภูมิภาคที่มีความยากจนสูงคือเอเชียใต้และแอฟริกา พบว่าเกษตรกรมีการปรับตัวโดยวิธีการใช้สายพันธุ์ที่ทนทานต่อสภาพอากาศ การปรับเปลี่ยนตารางการเพาะปลูก การปลูกพืชแบบหมุนเวียน นอกจากนี้ Anuchiracheeva and Pinkaew (2009) ได้ศึกษาการปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดยโสธร จำนวน 57 ครัวเรือน พบว่า การให้ความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การให้เงินกู้ดอกเบี้ยต่ำ การสนับสนุนการจัดการระบบน้ำ และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้วิธีการปรับตัว ส่งผลในการลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Babel, Agarwal, Swain, and Herath (2011) ได้ทำการศึกษาผลกระทบและการปรับตัวในการเพาะปลูกข้าวของประเทศไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3 จังหวัด พบว่าวิธีการปรับตัวที่มีนัยสำคัญในการลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วยการจัดการฟาร์มที่เหมาะสม การปรับเปลี่ยนช่วงเวลาเพาะปลูก และการใช้สายพันธุ์ข้าวที่ทนต่อความแห้งแล้ง ทั้งนี้วิธีการปฏิบัติโดยทั่วไปในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ คือ การเปลี่ยนรูปแบบการเพาะปลูก การปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการเพาะปลูก เปลี่ยนสายพันธุ์ และการจัดการฟาร์ม โดยผลการศึกษาของ Lasco, et al. (2011) ได้เสนอแนะวิธีการปรับตัวของเกษตรกรในระดับฟาร์ม คือการปรับเปลี่ยนสายพันธุ์ โดยใช้สายพันธุ์ที่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากขึ้น การปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตและปฏิทินการเพาะปลูก โดยการเปลี่ยนพืชที่จะผลิตและปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการเพาะปลูกเพื่อตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล การปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการฟาร์ม โดยการเปลี่ยนรูปแบบการจัดการดิน การจัดการและอนุรักษ์น้ำ การจัดการศัตรูพืช การจัดการของเสียจากฟาร์ม รวมทั้งการทำระบบวนเกษตร ที่เป็นมิตรกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และการกระจายความเสี่ยงด้านรายได้จากภาคการเกษตร โดยการหาแหล่งรายได้นอกฟาร์มมากขึ้น การกระจายต้นทุนการทำฟาร์มสู่การทำธุรกิจที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้ข้อมูลพหุแหล่งในภาคกลาง มาวิเคราะห์ทางเศรษฐมิติ ซึ่งมีข้อดีคือ การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรและมีการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ข้อมูลจากการสังเกตได้จริงในอดีต เพื่อศึกษาผลกระทบของสภาพอากาศต่อการผลิตข้าวและทำการจำลองการปรับตัวสำหรับเกษตรกรด้วยการเลื่อนตารางการเพาะปลูกและสมมุติให้มีการปรับเปลี่ยนสายพันธุ์ข้าวที่ใช้ระยะเพาะปลูกสั้นลงเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในฤดูการเพาะปลูก และทำนายผลกระทบและผลของการปรับตัวสำหรับเกษตรกรในอนาคต ทั้งนี้ ผลงานวิจัยจะเป็นการประยุกต์เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบและการปรับตัวของเกษตรกรในประเทศไทยที่มีการวิเคราะห์ระดับภูมิภาคและเป็นแนวทางในการวางแผนพัฒนาการผลิตข้าวของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และชุมชนเกษตร โดยคำนึงถึงผลกระทบและการปรับตัวที่เหมาะสมเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย (Objectives)

1. เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวนาปีในภาคกลาง
2. เพื่อวิเคราะห์การปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับลดความเสี่ยงของผลผลิตข้าวนาปีในภาคกลาง

กรอบแนวคิดของการวิจัย (Conceptual Framework)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย (Materials and Method)

การวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้ข้อมูลการผลิตข้าวนาปี ในระดับจังหวัด รวม 25 จังหวัด ตั้งแต่ปี พ.ศ.2532-2557 รวม 26 ปี จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2558) และข้อมูลสภาพภูมิอากาศ จากกรมอุตุนิยมวิทยา (2558) รวมจำนวนตัวอย่าง 650 ตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์แบบจำลองทางเศรษฐมิติ (Econometrics model) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตข้าวเฉลี่ย และความแปรปรวนของผลผลิต ตามลำดับ ดังนี้

1) การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตข้าว กำหนดฟังก์ชันการผลิตโดยให้ y คือ ผลผลิตข้าว ขึ้นอยู่กับปัจจัยการผลิต x ภายใต้สภาวะความเสี่ยง (risk) จากปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น สภาพอากาศ จากแนวคิดฟังก์ชันการผลิตของ Just and Pope (1979) กำหนดรูปแบบฟังก์ชันการผลิตแบบ stochastic production function (SPF) หรือ $y = f(x, v)$ เมื่อ x เป็นเวกเตอร์ของปัจจัยการผลิตทั่วไป เช่น ที่ดิน พุณ แรงงาน และ v เป็นเวกเตอร์ของปัจจัยการผลิตที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น สภาพอากาศในพื้นที่เพาะปลูก ทั้งนี้เพื่อนำปัจจัยเชิงสุ่มที่จะส่งผลกระทบต่อความไม่แน่นอนในการผลิต เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน เข้ามาพิจารณาในแบบจำลองตามแนวคิดของ Battese et al. (1997) กำหนดให้แบบจำลองเชิงโมเมนต์ของฟังก์ชันการผลิต $y(x, v)$ ตามแนวคิดของ Di Falco and Chavas (2009) และ Antle (2010) ดังสมการที่ (1)

$$y(x, v) = f_1(x, \beta_1) + u \quad (1)$$

โดยที่ $f_1(x, \beta_1) \equiv E[y(x, v)]$ คือ ฟังก์ชันผลผลิตข้าวเฉลี่ย

$u \equiv y(x, v) - f_1(x, \beta_1)$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์

ฟังก์ชันเชิงโมเมนต์ที่สองและโมเมนต์ที่สูงขึ้นของ $y(x, v)$ กำหนดได้ตามสมการที่ (2)

$$E\{[y(x, v) - f_1(x, \beta_1)]^m / x\} = f_m(x, \beta_m), \text{ สำหรับ } m = 2 \quad (2)$$

เมื่อ m คือ ค่าโมเมนต์ของฟังก์ชัน $y(x, v)$

วิธีการทางเศรษฐมิติสำหรับการประมาณค่าฟังก์ชันผลผลิตเฉลี่ยและฟังก์ชันในระดับโมเมนต์ที่สูงขึ้น โดยคำนึงถึงความแตกต่างเชิงพื้นที่และเวลา คือวิธีการวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยสำหรับข้อมูลแบบพาเนล ตามแบบจำลองเชิงทฤษฎี ดังสมการที่ (3)

$$y_{it} = f(x_{itk}, \beta_k) + u_{it} = f_1(x_{itk}, \beta_{1k}) + f_2(x_{itk}, \beta_{2k})^{1/2} \cdot \varepsilon_{it} \quad (3)$$

โดยที่ y_{it} คือ ผลผลิตข้าว ในพื้นที่จังหวัดที่ i ณ ช่วงเวลา t

x_{itk} คือ เวกเตอร์ของตัวแปรอธิบาย ในพื้นที่จังหวัดที่ i ณ ช่วงเวลา t จำนวน k ตัวแปร

$f_1(x_{itk}, \beta_{1k})$ คือ ฟังก์ชันผลผลิตข้าวเฉลี่ย

$u_{it} = f_2(x_{itk}, \beta_{2k})^{1/2} \cdot \varepsilon_{it}$ คือ ฟังก์ชันความแปรปรวนของผลผลิตแบบมีค่าคลาดเคลื่อนไม่คงที่ (heteroskedastic disturbance) เมื่อ $u_{it} = \mu_i + v_{it}$ (μ_i คือค่าคลาดเคลื่อนที่ไม่สามารถสังเกตได้ในเชิงพื้นที่และ v_{it} คือค่าคลาดเคลื่อนที่ไม่สามารถสังเกตได้ในเชิงพื้นที่และเวลา)

จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตเฉลี่ย คือ ฟังก์ชัน $f_1(x, \beta_1)$ และปัจจัยที่มีผลต่อความแปรปรวนของผลผลิตตามฟังก์ชัน $f_2(x, \beta_2)$

สามารถกำหนดแบบจำลองเชิงประจักษ์สำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตข้าวเฉลี่ยได้ ดังสมการที่ (4)

$$PROD_{it} = \alpha_1 + \beta_{11}AREA_{it} + \beta_{12}ATEM_{it} + \beta_{13}VTEM_{it} + \beta_{14}TRAI_{it} + \beta_{15}VRAI_{it} + \beta_{16}TIME_{it} + \mu_i + v_{it} \quad (4)$$

โดยที่ $PROD_{it}$ คือ ผลผลิตข้าว (ตัน) $AREA_{it}$ คือ พื้นที่เพาะปลูก (ไร่) $ATEM_{it}$ คือ อุณหภูมิเฉลี่ย ในฤดูกาลเพาะปลูก (องศาเซลเซียส) $VTEM_{it}$ คือ ความแปรปรวนของอุณหภูมิ ในฤดูกาลเพาะปลูกเพื่อวัดอิทธิพลของความผิดปกติของสภาพอากาศ $TRAI_{it}$ คือ ปริมาณน้ำฝนรวม ในฤดูกาลเพาะปลูก (มม.) $VRAI_{it}$ คือ ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน ในฤดูกาลเพาะปลูก เพื่อวัดอิทธิพลของความผิดปกติของสภาพ $TIME_{it}$ คือ ตัวแปรแนวโน้มเวลา ในช่วงเวลาที่ศึกษา μ_i และ v_{it} คือ ค่าคลาดเคลื่อนที่ไม่สามารถสังเกตได้

การประมาณค่าแบบจำลองเพื่ออธิบายปัจจัยที่ส่งผลต่อความแปรปรวนของผลผลิตข้าว สามารถใช้ค่าความคลาดเคลื่อนจากการประมาณค่าสมการที่ (4) ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) เป็นตัวประมาณค่าของ u_{it} ตามแนวคิดของ Shankar, et al. (2007) และประมาณค่าฟังก์ชัน u_{it}^2 กับตัวแปรอธิบายลักษณะเดียวกับสมการที่ (4) นั่นคือการประมาณค่าฟังก์ชัน $f_2(x_{itk}, \beta_{2k})$ โดยสมมติให้ $f_2(\cdot)$ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง คือ $E(u_{it}^2) = (x_{itk}, \beta_{2k})$ จะเห็นได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนจะถูกยกกำลังสองตามความหมายของค่าความแปรปรวน เมื่อ $f_2 = (u_{it})^2$ และ x_{itk} คือตัวแปรอธิบายแบบเส้นตรง จากนั้นจึงสามารถประยุกต์การวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นตรงได้ตามสมการที่ (5)

$$(u_{it})^2 = \alpha_1 + \beta_{11}AREA_{it} + \beta_{12}ATEM_{it} + \beta_{13}VTEM_{it} + \beta_{14}TRAI_{it} + \beta_{15}VRAI_{it} + \beta_{16}TIME_{it} + e_{it} \quad (5)$$

โดยค่าสัมประสิทธิ์จากการประมาณค่าเชิงบวก แสดงถึงตัวแปรอธิบายเป็นตัวแปรที่ส่งผลในการเพิ่มความแปรปรวนของผลผลิตข้าวหรือเรียกว่าเป็นตัวแปรเพิ่มความเสี่ยง (risk-increased variables) เช่น การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยและความแปรปรวน การเพิ่มขึ้นของความแปรปรวนของน้ำฝน ในขณะที่ตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เชิงลบเป็นตัวแปรลดความเสี่ยง(risk-decreased variables) เช่น การเพิ่มพื้นที่เพาะปลูก การเพิ่มปริมาณน้ำฝน และแนวโน้มเวลา ตามแนวคิดของ Hasanthika, Edirisinghe, and Rajapakshe (2013)

การกำหนดแบบจำลองดังกล่าวข้างต้นสามารถวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรอธิบายที่มีผลต่อตัวแปรตาม คือ ผลผลิตข้าว ได้ทั้งผลผลิตเฉลี่ยและความแปรปรวนของผลผลิต อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์แบบจำลองให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ไม่เอนเอียงและมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีการทดสอบลักษณะการกำหนดแบบจำลอง (model specification test) คือ การทดสอบความนิ่งของข้อมูลพาเนล (panel unit root test) เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหา spurious correlation ตามแนวคิดของ Chen, et al. (2004) ด้วยวิธี Levin, Lin and Chu (LLC) และ Im, Pesaran and Shin (IPS) การทดสอบปัญหาตัวแปรอธิบายมีความสัมพันธ์กันสูง (Multicollinearity) ด้วยการทดสอบสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร การทดสอบปัญหาค่าคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนไม่คงที่ (heteroscedasticity test) ตามแนวคิดของ Gardebroek, et al. (2010) ด้วยวิธี Breusch-Pagan-Godfrey (B-P-G) test และ White's test ก่อนทำการวิเคราะห์กำลังสองทั่วไปที่

เป็นไปได้ (Feasible Generalize Least Square, FGLS) ในกรณีที่แบบจำลองเกิดปัญหาค่าคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนไม่คงที่ และการทดสอบรูปแบบสมการแบบ fixed และ random effects ด้วยวิธี Redundant Fixed Effect และ Hausman test เพื่อทดสอบแบบจำลองที่เหมาะสมกับการกำหนดลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลของปัจจัยที่ไม่สามารถสังเกตได้กับตัวแปรอธิบายในแบบจำลอง

2) การจำลองผลกระทบและผลจากการปรับตัวที่เป็นไปได้ของเกษตรกรเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ใช้การจำลองเชิงตัวเลข (Numerical simulation) เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์จำลองการปรับตัวของเกษตรกรใน 2 กรณี คือการจำลองการเลื่อนตารางการเพาะปลูกข้าวเพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต และการจำลองการปรับเปลี่ยนสายพันธุ์ข้าวที่ทนทานต่อสภาพภูมิอากาศและมีระยะเวลาการเพาะปลูกสั้นกว่าพันธุ์เดิม โดยใช้ผลการประมาณค่าจากแบบจำลองทางเศรษฐมิติร่วมกับข้อมูลสภาพฉายการทำการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change projection) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (2559) ในระดับพื้นที่ ภายใต้สถานการณ์ตามรายงานพิเศษการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (The Special Report on Emissions Scenarios, SRES) ตามแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแบบ A2 และ B2 เมื่อ A2 เป็นสถานการณ์ที่อนาคตของโลกมีความหลากหลายพึ่งพาตัวเองมากขึ้นในภูมิภาค อนุรักษ์เอกลักษณ์ท้องถิ่น ประชากรเพิ่มขึ้นโดยตลอด การพัฒนาเศรษฐกิจขึ้นอยู่กับภูมิภาค การเติบโตทางเศรษฐกิจและการเปลี่ยน เทคโนโลยีช้ากว่าแบบอื่นและกระจายตามท้องถิ่นและภูมิภาค ส่วน B2 จะเน้นที่การแก้ปัญหาท้องถิ่น ด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน ประชากรเพิ่มต่อเนื่องแต่น้อยกว่า A2 เน้นที่การป้องกันสิ่งแวดล้อมระดับท้องถิ่น ภูมิภาค ประชากรโลกเพิ่มอย่างต่อเนื่อง แต่ในอัตราที่ต่ำกว่า A2 ทั้งนี้การจำลองเชิงตัวเลข มี 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) กำหนดตัวแปรหลักทางสภาพอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนรวม และทำการคัดเลือกข้อมูลการทำการเกษตรอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนรวมในอนาคต สำหรับปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 2) คำนวณร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนรวมในอนาคตตามแบบ A2 และ B2 เทียบกับข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนรวมระหว่างปี ค.ศ. 1989-2014 ซึ่งกำหนดให้เป็นข้อมูลฐาน 3) จำลองผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตต่อผลผลิตข้าว โดยวิธีการเทียบบัญญัติไตรยางศ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยจากผลของข้อมูลฐานซึ่งอยู่ในร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตข้าวเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 1 เทียบกับร้อยละการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคต จะได้ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคตต่อผลผลิตข้าวและคำนวณผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคตต่อผลผลิตข้าวโดยเทียบจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรปริมาณน้ำฝนรวมเช่นเดียวกับ

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และ 4) รวมผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนในอนาคตเป็นผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตข้าว

3) การวิเคราะห์ศักยภาพการลดความเสี่ยง (risk reduction performance, RRP) นับเป็นจุดสำคัญของการปรับตัว ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการเปรียบเทียบผลกระทบของตัวแปรอากาศต่อความแปรปรวนหรือความเสี่ยงระหว่างการปรับตัวกับการไม่ปรับตัว ตามแนวคิดของ Musshoff, Odening, and Xu (2011) ที่ได้คำนวณศักยภาพการลดความเสี่ยงจากการทำการประกันภัยตามดัชนีอากาศ ด้วยการเปรียบเทียบความแปรปรวนของรายได้ของเกษตรกรระหว่างผู้ทำประกันกับผู้ที่ไม่ได้ทำประกัน โดยกำหนดให้ความเสี่ยงจากสภาพอากาศก่อนการปรับตัว คือ $VAR(R_0)$ และความเสี่ยงจากสภาพอากาศหลังการปรับตัว คือ $VAR(R_1)$ ดังนั้นถ้าหากเกษตรกรมีการเลื่อนเวลาเพาะปลูกหรือย่นระยะเวลาเพาะปลูกให้สั้นลง สามารถคำนวณศักยภาพการลดความเสี่ยงได้จากสมการที่ (6)

$$RRP = \frac{VAR(R_0) - VAR(R_1)}{VAR(R_0)} \times 100\% \quad (6)$$

เมื่อ RRP คือ ค่าศักยภาพการลดความเสี่ยง ซึ่งก็คือร้อยละของผลกระทบจากสภาพอากาศต่อความแปรปรวนของผลผลิตข้าวที่ลดลงหลังจากมีการปรับตัว

ผลการวิจัย (Results)

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเป็นสถานการณ์ (scenario) การผลิตข้าว โดยที่ C-O คือ สถานการณ์เดิมที่ไม่มีการจำลองการปรับตัว LPD1, LPD2, และ LPD3 เป็นสถานการณ์จำลองการปรับตัวด้วยการเลื่อนเวลาเพาะปลูกออกไป 1 2 และ 3 เดือน ตามลำดับ และ SPD1, SPD2, และ SPD3 แสดงสถานการณ์จำลองการปรับตัวด้วยการใช้พันธุ์ข้าวที่ช่วยย่นระยะเวลาเพาะปลูกให้สั้นลง 1 2 และ 3 เดือน ตามลำดับ ซึ่งมีการขยับช่วงเวลาเพาะปลูกใหม่ตามแต่ละสถานการณ์จำลอง สำหรับข้อมูลในช่วงของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ พบว่า ภาคกลางมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปีเฉลี่ย 371,277.13 ไร่ต่อจังหวัดต่อปี มีผลผลิตข้าวเฉลี่ย 186,189.70 ตันต่อจังหวัดต่อปี พื้นที่เพาะปลูกมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดฤดูกาลเพาะปลูกอยู่ระหว่าง 27.33-29.23 องศาเซลเซียส โดยมีความแปรปรวนของอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 1.83-0.48 ตามแต่ละสถานการณ์การผลิต ในขณะที่มีปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูกาลเพาะปลูก อยู่ระหว่าง 529.53-1,224.49 มม. มีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 12,929.69-29,995.86 ตามแต่ละสถานการณ์จำลอง ผลการทดสอบความนิ่งของข้อมูลพบว่าข้อมูลการผลิตข้าว พื้นที่เพาะปลูก อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน มีความนิ่งที่ระดับ $I(0)$ จึงไม่จำเป็นต้องทำการหาค่าความแตกต่างของข้อมูลก่อนทำการวิเคราะห์การถดถอย การทดสอบสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอธิบาย พบว่าไม่เกิดปัญหาตัวแปรอธิบายมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง ผลการทดสอบปัญหาความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนไม่คงที่ พบว่า แบบจำลองฟังก์ชันการผลิตข้าวทุกสถานการณ์การผลิต เกิดปัญหาความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนไม่คงที่ จึงสรุปได้ว่าการวิเคราะห์แบบจำลองกำลังสองทั่วไปที่เป็นไปได้ (FGLS) มีความเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตข้าวเฉลี่ย

ผลการประมาณค่าแบบจำลองการผลิตข้าวเฉลี่ยและการจำลองการปรับตัว

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ใช้รูปแบบความสัมพันธ์แบบ Cobb-Douglas ค่าสัมประสิทธิ์จากการประมาณค่าจึงเป็นค่าความยืดหยุ่น (elasticity) ของปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตข้าวในภาคกลาง ซึ่งโดยปกติการประมาณค่าแบบจำลองข้อมูลพาเนล สามารถประมาณค่าได้ 2 แบบ คือ แบบจำลอง Fixed effects (FE) และแบบจำลองแบบ random effects (RE) พบว่าการใช้แบบจำลองโดยไม่คำนึงถึง FE และ RE จะให้ตัวประมาณค่าที่สอดคล้องและมีประสิทธิภาพ (Consistent and efficient) มากกว่า การศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้แบบจำลองแบบไม่มีผลกระทบ FE และ RE การศึกษาที่ใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบจำลองกำลังสองน้อยที่สุดทั่วไปที่เป็นไปได้ (FGLS) เพื่อแก้ไขปัญหาความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนไม่คงที่ (cross-section heteroscedasticity)

ผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวแปรแนวโน้มเวลา (Time trend) มีผลเชิงลบต่อผลผลิตข้าว ทั้ง 7 สถานการณ์ แสดงว่าในช่วงเวลาที่ศึกษานั้นผลผลิตข้าวมีแนวโน้มลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พื้นที่เพาะปลูก (Planted area) มีผลเชิงบวกต่อผลผลิตข้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิมีผลเชิงลบต่อผลผลิตข้าว ในขณะที่ปริมาณน้ำฝนส่งผลกระทบเชิงบวกต่อผลผลิตข้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อุณหภูมิเฉลี่ย (Average temperature) ส่งผลกระทบเชิงลบต่อผลผลิตข้าวทั้ง 7 สถานการณ์ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยร้อยละ 1 จะส่งผลให้ผลผลิตข้าวลดลงร้อยละ 0.57 ถึง 1.15 โดยผลกระทบของตัวแปรความแปรปรวนของอุณหภูมิ (Temperature variance) แตกต่างกันในแต่ละสถานการณ์ ผลกระทบของตัวแปรปริมาณน้ำฝนรวม (Total rainfall) มีผลเชิงบวกต่อผลผลิตข้าว ทั้ง 7 สถานการณ์ ซึ่งหากปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะส่งผลให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.08 ถึง 0.14 ในขณะที่ผลกระทบของความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน (Rainfall variance) มีผลเชิงบวกต่อผลผลิตข้าว ในระดับที่แตกต่างกันในแต่ละสถานการณ์ ดังตารางที่ 1

Table 1 Mean rice production function estimations and simulations

Variables	C-O	LPD1	LPD2	LPD3	SPD1	SPD2	SPD3
AREA	0.9545*** (0.0063)	0.9519*** (0.0065)	0.9541*** (0.0065)	0.9568*** (0.0064)	0.9449*** (0.0060)	0.9483*** (0.0061)	0.9445*** (0.0062)
ATEM	-1.1512*** (0.3698)	-1.0388*** (0.3636)	-0.9267*** (0.3537)	-0.8118** (0.3372)	-1.0884*** (0.3781)	-0.7594* (0.3863)	-0.5655 (0.3484)
VTEM	0.0106 (0.0104)	-0.0057 (0.0105)	-0.0303*** (0.0097)	-0.0653*** (0.0114)	0.0103 (0.0090)	0.0019 (0.0076)	0.0005 (0.0016)
TRAJ	0.1417*** (0.0284)	0.1114*** (0.0344)	0.0825* (0.0454)	0.1261** (0.0538)	0.1124*** (0.0263)	0.1122** (0.0238)	0.1179*** (0.0201)
VRAJ	0.0183 (0.0113)	0.0265*** (0.0143)	0.0343* (0.0195)	0.0065 (0.0232)	0.0093 (0.0103)	0.0093 (0.0095)	0.0034 (0.0070)
TIME	-0.2019*** (0.0101)	-0.2001*** (0.0103)	-0.2041*** (0.0101)	-0.1994*** (0.0099)	-0.2092*** (0.0101)	-0.2048*** (0.0104)	-0.2043*** (0.0102)
Constant	2.6015 (1.3226)	2.3672* (1.2892)	2.0954 (1.2442)	1.6758 (1.1799)	2.8501 (1.3512)	1.7394*** (1.3734)	1.1859 (1.2370)
Adjusted R ²	0.9774	0.9768	0.9763	0.9764	0.9778	0.9777	0.9780
F-statistic	4642.92***	4557.16***	4449.37***	4491.66***	4765.89***	4747.45***	4798.34***

Note: Numbers in parentheses are standard errors.

*, **, and *** indicate that the significant at the 1%, 5%, and 10% level of significance.

ผลการประมาณค่าแบบจำลองความแปรปรวนของผลผลิตข้าวและการจำลองการปรับตัว

ผลการประมาณค่าแบบจำลองความแปรปรวนของผลผลิตข้าวใช้รูปแบบสมการแบบ Cobb-Douglas จากผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบพานเนล (Panel Least Square) ค่าสัมประสิทธิ์จากการประมาณค่าเชิงบวกแสดงถึงตัวแปรอธิบายเป็นตัวแปรที่ส่งผลในการเพิ่มความแปรปรวนของผลผลิตข้าวหรือเรียกว่าเป็นตัวแปรเพิ่มความเสี่ยง (risk-increased variables) ผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรแนวโน้มเวลา (Time trend) มีผลเชิงลบต่อความแปรปรวนของผลผลิตข้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเพิ่มพื้นที่เพาะปลูก (Planted area) ส่งต่อการลดความแปรปรวนของผลผลิตข้าวในทั้ง 7 สถานการณ์จำลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น LPD3 และการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ (Average temperature) ส่งต่อการเพิ่มความแปรปรวนของผลผลิตข้าวในทั้ง 7 สถานการณ์จำลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในขณะที่ผลของความแปรปรวนของอุณหภูมิ (Temperature variance) แตกต่างไปตามแต่ละสถานการณ์จำลอง และการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนรวม (Total rainfall) ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความแปรปรวนของผลผลิตข้าว และความแปรปรวนของน้ำฝน (Rainfall variance) ส่งผลต่อความแปรปรวนของผลผลิตข้าว แตกต่างไปตามแต่ละสถานการณ์จำลอง จะเห็นได้ว่าตัวแปรเพิ่มความแปรปรวนของการผลิตข้าวในทุกสถานการณ์ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนรวม ในขณะที่ตัวแปรลดความแปรปรวน ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูกและแนวโน้มเวลา ดังตารางที่ 2

Table 2 Variance of rice production function estimations and simulations

Variables	C-O	LPD1	LPD2	LPD3	SPD1	SPD2	SPD3
AREA	-0.0063*	-0.0067**	-0.0059*	-0.0044	-0.0068**	-0.0066*	-0.0064*
	(0.0033)	(0.0033)	(0.0033)	(0.0034)	(0.0034)	(0.0034)	(0.0035)
ATEM	0.7272***	0.6914***	0.6237***	0.6280***	0.7517***	0.7476***	0.5389***
	(0.1868)	(0.6914)	(0.1771)	(0.1704)	(0.1986)	(0.2007)	(0.1889)
VTEM	-0.0077	0.0013	0.0029	0.0016	-0.0086	-0.0091**	-0.0004
	(0.0059)	(0.0060)	(0.0055)	(0.0065)	(0.0053)	(0.0045)	(0.0013)
TRAI	0.0207	0.0086	0.0058	0.0199	0.0159	0.0226*	0.0209*
	(0.0153)	(0.0198)	(0.0259)	(0.0311)	(0.0142)	(0.0130)	(0.0112)
VRAI	-0.0001	0.0021	0.0041	0.0008	0.0025	-0.0029	-0.0043
	(0.0065)	(0.0085)	(0.0114)	(0.0135)	(0.0060)	(0.0055)	(0.0040)
TIME	-0.0350***	-0.0347***	-0.0357***	-0.0348***	-0.0381***	-0.0358***	-0.0346***
	(0.0058)	(0.0060)	(0.0058)	(0.0057)	(0.0059)	(0.0060)	(0.0062)
Constant	-2.3629***	-2.1568***	-1.9272***	-2.0107***	-2.4262***	-2.4177***	-1.6832**
	(0.6532)	(0.6413)	(0.6138)**	(0.5897)	(0.6968)	(0.7035)	(0.6619)
Adjusted R ²	0.0795	0.0775	0.0777	0.0826	0.0860	0.0754	0.0627
F-statistic	10.3466***	10.0961***	10.1142***	10.7493***	11.1849***	9.8232***	8.2406***

Note: Numbers in parentheses are standard errors.

*, **, and *** indicate that the significant at the 1%, 5%, and 10% level of significance.

การจำลองผลกระทบและผลจากการปรับตัวที่เป็นไปได้ของเกษตรกรเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การศึกษานี้ได้ทำการจำลองผลกระทบและผลการปรับตัวในอนาคต 7 สถานการณ์ ในปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 สำหรับสถานการณ์เดิมและสถานการณ์จำลองการปรับตัว ด้วยวิธีการจำลองเชิงตัวเลข โดยใช้ผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนรวมจากฟังก์ชันผลผลิตข้าวเฉลี่ยร่วมกับข้อมูลสภาพอากาศการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สำหรับสถานการณ์ที่ไม่มีการจำลองการปรับตัว (C-O) พบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าวเฉลี่ย สำหรับรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 (B2) เท่ากับร้อยละ -5.066 (-3.932) ร้อยละ -6.820(-8.095) และร้อยละ -10.072 (-6.387) ในปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 ตามลำดับ สำหรับผลของการปรับตัว พบว่ารูปแบบการปรับตัวที่ช่วยลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ เมื่อเทียบกับสถานการณ์ที่ไม่มีการจำลองการปรับตัว (C-O) สำหรับรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 (B2) ในปี ค.ศ.2030 ได้แก่ สถานการณ์ LPD1 (ร้อยละ -1.687 (-3.134) สถานการณ์ SPD2 (ร้อยละ -2.239 (-2.806)) และ สถานการณ์ SPD3 (ร้อยละ -2.272(-2.462)) ในปี ค.ศ.2060 ได้แก่ สถานการณ์ LPD1 LPD3 SPD1 (A2) SPD2 และ SPD3 และในปี ค.ศ.2090 ได้แก่ สถานการณ์ LPD3 SPD1 SPD2 และ SPD3 ตามระดับผลกระทบของแต่ละสถานการณ์การจำลองการปรับตัว ดังตารางที่ 3

Table 3 The impact of climate change on mean rice production in 2030 3060 and 2090

Mean	SRES	C-O	LPD1	LPD2	LPD3	SPD1	SPD2	SPD3
2030 Effect-Tem	A2	-3.236	-2.647	-4.357	-3.651	-2.555	-1.943	-2.135
	B2	-3.587	-1.973	-0.976	-0.850	-3.098	-2.744	-2.866
Effect-Rain	A2	-1.830	-1.485	-2.903	-4.424	0.365	1.796	1.981
	B2	-0.345	-0.072	0.425	0.308	0.216	0.556	-1.561
Effect-CC	A2	-5.066	-4.132	-7.260	-8.075	-2.190	-0.147	-0.154
	B2	-3.932	-2.045	-0.551	-0.543	-2.882	-2.188	-4.426
2060 Effect-Tem	A2	-6.918	-5.662	-6.340	-5.640	-6.370	-4.651	-3.739
	B2	-6.941	-6.519	-5.816	-6.686	-6.569	-4.701	-3.581
Effect-Rain	A2	0.098	-0.335	-0.533	-1.298	0.302	0.628	0.827
	B2	-1.154	-1.803	-1.736	-4.840	-0.048	1.163	4.327
Effect-CC	A2	-6.820	-5.997	-6.873	-6.937	-6.067	-4.023	-2.912
	B2	-8.095	-8.322	-7.552	-11.526	-6.617	-3.538	0.746
2090 Effect-Tem	A2	-11.812	-11.100	-11.092	-10.771	-10.634	-7.274	-5.874
	B2	-7.677	-7.295	-7.363	-7.612	-6.759	-5.096	-3.800
Effect-Rain	A2	1.740	2.049	0.326	0.939	1.899	2.376	2.131
	B2	1.299	0.116	-0.540	-0.648	1.199	1.212	3.356
Effect-CC	A2	-10.072	-9.051	-10.766	-9.831	-8.735	-4.898	-3.743
	B2	-6.378	-7.178	-7.903	-8.260	-5.560	-3.884	-0.444

ผลการจำลองผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Effect-CC) ต่อความแปรปรวนของผลผลิตข้าวในภาคกลาง ด้วยวิธีการจำลองเชิงตัวเลข โดยใช้ผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนรวมจากฟังก์ชันความแปรปรวนของผลผลิตข้าวร่วมกับข้อมูลสภาพอากาศการทำนายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สำหรับสถานการณ์ที่ไม่มีการจำลองการปรับตัว (C-O) พบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตส่งผลกระทบต่อความแปรปรวนของผลผลิตข้าว สำหรับรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 (B2) เท่ากับ ร้อยละ 1.777 (2.216) ร้อยละ 4.384 (4.216) และร้อยละ 7.715 (5.039) ในปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 ตามลำดับ สำหรับผลของการปรับตัว

พบว่ารูปแบบการปรับตัวที่ช่วยลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ เมื่อเทียบกับสถานการณ์ที่ไม่มีการจำลองการปรับตัว (C-O) สำหรับรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 (B2) ในปี ค.ศ.2030 ได้แก่ สถานการณ์ LPD1 LPD2(B2) และ LPD3(B2) ในปี ค.ศ.2060 ได้แก่ สถานการณ์ สถานการณ์ LPD1 LPD2 LPD3(B2) และ SPD3 และในปี ค.ศ.2090 ได้แก่ สถานการณ์ LPD1 LPD2 SPD1 SPD2(A2) และ SPD3 ตามระดับผลกระทบของแต่ละสถานการณ์การจำลองการปรับตัว ดังตารางที่ 4

Table 4 The impact of climate change on rice production variance in 2030 3060 and 2090

Variance	SRES	C-O	LPD1	LPD2	LPD3	SPD1	SPD2	SPD3
2030 Effect-Tem	A2	2.044	1.762	2.932	2.824	1.765	1.913	2.034
	B2	2.266	1.313	0.657	0.658	2.140	2.702	2.731
Effect-Rain	A2	-0.267	-0.115	-0.204	-0.698	0.052	0.362	0.351
	B2	-0.050	-0.006	0.030	0.049	0.031	0.112	-0.277
Effect-CC	A2	1.777	1.647	2.728	2.126	1.817	2.274	2.385
	B2	2.216	1.308	0.087	0.706	2.171	2.814	2.454
2060 Effect-Tem	A2	4.370	3.769	4.267	4.363	4.399	4.578	3.563
	B2	4.385	4.339	3.914	5.172	4.537	4.628	3.413
Effect-Rain	A2	0.014	-0.026	-0.037	-0.205	0.043	0.126	0.147
	B2	-0.169	0.139	-0.122	-0.764	-0.007	0.234	0.767
Effect-CC	A2	4.384	3.743	4.229	4.158	4.442	4.705	3.709
	B2	4.216	4.200	3.792	4.409	4.530	4.862	4.180
2090 Effect-Tem	A2	7.461	7.388	7.465	8.332	7.345	7.161	5.598
	B2	4.849	4.855	4.955	5.888	4.668	5.017	3.622
Effect-Rain	A2	0.254	0.158	0.023	0.148	0.269	0.479	0.378
	B2	0.190	0.009	-0.038	-0.102	0.170	0.244	0.595
Effect-CC	A2	7.715	7.546	7.488	8.480	7.613	7.639	5.975
	B2	5.039	4.864	4.917	5.786	4.838	5.261	4.217

การวิเคราะห์ศักยภาพการลดความเสี่ยง

ผลการวิเคราะห์ศักยภาพการลดความเสี่ยง (RRP) จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้วยวิธีการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบของสภาพอากาศต่อความแปรปรวนของผลผลิตข้าวระหว่างสถานการณ์ที่มีการปรับตัวกับสถานการณ์ที่ไม่มีการปรับตัว การจำลองการปรับตัวสำหรับสถานการณ์ A2 พบว่า การปรับตัวของเกษตรกรด้วยการเลื่อนเวลาเพาะปลูก และการใช้พันธุ์ข้าวที่ช่วยย่นระยะเวลาเพาะปลูกให้สั้นลง ที่มีศักยภาพในการลดความเสี่ยง ในปี ค.ศ. 2030 ได้แก่ LPD1 LPD3 และ SPD1 ในปี ค.ศ. 2060 ได้แก่ LPD1 LPD3 และ SPD3 และในปี ค.ศ. 2090 ได้แก่ LPD1 LPD2 SPD1 และ SPD3 โดยการเลื่อนเวลาเพาะปลูกและการย่นระยะเวลาเพาะปลูกมีศักยภาพในการลดความเสี่ยงได้ร้อยละ 0.77-22.07 และร้อยละ 10.22-21.78 ดังตารางที่ 5

Table 5 Risk reduction performance of climate change adaptation

Year		SRES	C-O	LPD1	LPD2	LPD3	SPD1	SPD2	SPD3
2030	Impact	A2	1.777	1.647	2.728	2.126	1.817	2.274	2.385
		B2	2.216	1.308	0.087	0.706	2.171	2.814	2.454
	RRP (%)	A2		-7.315	-	-22.067	-14.534	-	-
		B2		-40.974	-93.349	-	-	-	-12.793
2060	Impact	A2	4.384	3.743	4.229	4.158	4.442	4.705	3.709
		B2	4.216	4.2	3.792	4.409	4.53	4.862	4.18
	RRP (%)	A2		-14.621	-	-1.679	-	-	-21.169
		B2		-0.379	-9.714	-	-	-	-14.027
2090	Impact	A2	7.715	7.546	7.488	8.48	7.613	7.639	5.975
		B2	5.039	4.864	4.917	5.786	4.838	5.261	4.217
	RRP (%)	A2		-2.191	-0.769	-	-10.224	-	-21.783
		B2		-3.473	-	-	-16.384	-	-19.844

สรุปผลการวิจัย (Summary)

การวิเคราะห์ผลของสภาพอากาศต่อการผลิตข้าวและจำลองรูปแบบการปรับตัวของเกษตรกร โดยใช้ข้อมูลพาเนล เป็นการเพิ่มจำนวนตัวอย่างในการวิเคราะห์แทนการใช้ข้อมูลภาคตัดขวางหรือข้อมูลอนุกรมเวลาเพียงอย่างเดียวหนึ่ง การวิเคราะห์ผลของสภาพอากาศต่อการผลิตข้าวเฉลี่ยด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดทั่วไปที่เป็นไปได้ (FGLS) และการจำลองรูปแบบการปรับตัว พบว่า ตัวแปรสภาพอากาศในฤดูกาลเพาะปลูกส่งผลต่อผลผลิตข้าว การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิมีผลเชิงลบต่อผลผลิตข้าว ในขณะที่ปริมาณน้ำฝนส่งผลกระทบเชิงบวกต่อผลผลิตข้าว โดยผลกระทบของตัวแปร

ความแปรปรวนของอุณหภูมิ แตกต่างกันในแต่ละสถานการณ์ ผลกระทบของตัวแปรปริมาณน้ำฝนรวมและความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน มีผลเชิงบวกต่อผลผลิตข้าว สำหรับการวิเคราะห์ผลของสภาพอากาศต่อความแปรปรวนของผลผลิตข้าว ด้วยวิธีด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบพหุคูณ (PLS) และการจำลองการปรับตัว พบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ส่งต่อการเพิ่มความแปรปรวนของผลผลิตข้าว ในขณะที่ผลของความแปรปรวนของอุณหภูมิ แตกต่างไปตามแต่ละสถานการณ์จำลอง และการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนรวม ส่งผลต่อการลดความแปรปรวนของผลผลิตข้าว และความแปรปรวนของน้ำฝน ส่งผลต่อความแปรปรวนของผลผลิตข้าว แตกต่างไปตามแต่ละสถานการณ์

ผลการจำลองผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตข้าวเฉลี่ยในภาคกลาง สำหรับสถานการณ์ที่ไม่มีการจำลองการปรับตัว (C-O) พบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าวเฉลี่ย สำหรับรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 (B2) เท่ากับ ร้อยละ -5.066 (-3.932) ร้อยละ -6.820 (-8.095) และร้อยละ -10.072 (-6.378) ในปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 ตามลำดับ สำหรับผลของการปรับตัว พบว่า รูปแบบการปรับตัวที่ช่วยลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ เมื่อเทียบกับสถานการณ์ที่ไม่มีการจำลองการปรับตัว (C-O) ในปี ค.ศ.2030 ได้แก่ การเลื่อนเวลาเพาะปลูกออกไป 1 เดือน และการย่นระยะเวลาเพาะปลูกลง 2 และ 3 เดือน ในปี ค.ศ.2060 ได้แก่ การเลื่อนเวลาเพาะปลูกออกไป 1 และ 3 เดือน และการย่นระยะเวลาเพาะปลูกลง 1-3 เดือน และในปี ค.ศ.2090 ได้แก่ การเลื่อนเวลาเพาะปลูกออกไป 3 เดือน และการย่นระยะเวลาเพาะปลูกลง 1-3 เดือน สำหรับการจำลองผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ต่อความแปรปรวนของผลผลิตข้าวในภาคกลาง สำหรับสถานการณ์ที่ไม่มีการจำลองการปรับตัว (C-O) พบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตส่งผลกระทบต่อความแปรปรวนของผลผลิตข้าว สำหรับรูปแบบ A2 (B2) เท่ากับ ร้อยละ 1.777 (2.216) ร้อยละ 4.384 (4.216) และร้อยละ 7.715 (5.039) ในปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 ตามลำดับ สำหรับผลของการปรับตัว พบว่ารูปแบบการปรับตัวที่ช่วยลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ เมื่อเทียบกับสถานการณ์ที่ไม่มีการจำลองการปรับตัว (C-O) ในปี ค.ศ.2030 ได้แก่ การเลื่อนเวลาเพาะปลูกออกไป 1-3 เดือน ในปี ค.ศ.2060 ได้แก่ การเลื่อนเวลาเพาะปลูกออกไป 1-3 เดือน และการย่นระยะเวลาเพาะปลูกลง 3 เดือน สำหรับในปี ค.ศ.2090 ได้แก่ การเลื่อนเวลาเพาะปลูกออกไป 1-2 เดือน และการย่นระยะเวลาเพาะปลูกลง 1-3 เดือน ทั้งนี้ศักยภาพการลดความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้วยการจำลองการปรับตัวสำหรับสถานการณ์ A2 พบว่า การปรับตัวด้วยการเลื่อนเวลาเพาะปลูก และการใช้พันธุ์ข้าวที่ช่วยย่นระยะเวลาเพาะปลูกให้สั้นลง ที่มีศักยภาพในการลดความเสี่ยง ในปี ค.ศ.2030 ได้แก่ การเลื่อนเวลาเพาะปลูกออกไป 1 และ 3 เดือน และการย่นระยะเวลาเพาะปลูกลง 1 เดือน ในปี ค.ศ.2060 ได้แก่ การเลื่อนเวลาเพาะปลูกออกไป 1-3 เดือน และการย่นระยะเวลาเพาะปลูกลง 3 เดือน สำหรับในปี ค.ศ.2090 ได้แก่ การเลื่อนเวลาเพาะปลูกออกไป 1-2 เดือน และการย่นระยะเวลาเพาะปลูกลง 1 และ 3 เดือน โดยการเลื่อนเวลาเพาะปลูกและการย่นระยะเวลาเพาะปลูกมีศักยภาพในการลดความเสี่ยงได้ร้อยละ 0.769-22.067 และร้อยละ 10.224-21.783 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการปรับตัวที่ทำการจำลองในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สามารถช่วยลดความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของการผลิตข้าวในปีในพื้นที่ภาคกลางได้

อย่างไรก็ตาม เพื่อการพัฒนาการวิจัยผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวของประเทศไทย การปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการวิจัยครั้งนี้เป็นการจำลองสถานการณ์การปรับตัวในภาพรวม ซึ่งการวิจัยครั้งต่อไปสามารถทำการศึกษาการปรับตัวที่ละเอียดขึ้นได้อีก โดยเฉพาะการศึกษาในระดับฟาร์มของเกษตรกร และการศึกษาค้างนี้ได้อธิบายผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตข้าว การศึกษาค้างต่อไปยังสามารถขยายขอบเขตการศึกษาถึงราคาข้าว การตลาดข้าว และภาคเศรษฐกิจสังคมอื่นที่เกี่ยวข้องได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2558

เอกสารอ้างอิง (References)

Agarwal A. (2008). Forecasting rice yield under climate scenarios and evaluation of agro-adaptation measures for Mekong basin region: a simulation study. Thesis of master degree of engineering in water engineering and management. Asian Institute of Technology.

Antle, J.M. 2010. Asymmetry, Partial Moments, and Production Risk. American Journal of Agricultural Economics 92(5): 1294–1309.

Anuchiracheeva S, Pinkaew T, 2009. Jasmine Rice in the Weeping Plain: Adapting Rice Farming to Climate Change in Northeast Thailand. Oxfam, GB. . [Online]. Retrieved August12, 2018, from: <http://www.wfo-oma.org/climate-change/case-studies/adapting-rice-farming-to-climate-change-in-northeast-thailand.html>.

Babel, M. S., Agarwal, A., Swain, D.K., and Herath, S. 2011. Evaluation of Climate Change Impacts and Adaptation Measures for Rice Cultivation in Northeast Thailand. Climate Research 46: 137–146

Battese, G. E., Rambaldi, A. N. and Wan, G. H. 1997. A Stochastic Frontier Production Function with Flexible Risk Properties. Journal of Productivity Analysis 8: 269–280.

Buddhaboon, C., Kongton, S. and Jintrawet, A. 2005. Climate Scenario Verification and Impact on Rain-fed Rice Production. The Study of Future Climate Changes Impact on Water Resource and Rain-fed Agriculture Production. Proceedings of the APN CAPaBLE CB-01 Synthesis Workshop, Vientiane, Lao PDR, 29 - 30 July 2004. SEA START RC Technical Report No. 13.

Cabas, J., Weersink, A., and Olale, E. 2010. Crop Yield Response to Economic, Site and Climatic Variables. Climatic Change 101: 559-616.

Chen, C. C., McCarl, B. A., and Schimmelpfennig, D. E. 2004. Yield Variability as Influenced by Climate: A Statistical Investigation. Climatic Change 66(1-2): 239-261.

Chinvanno, S. 2009. Future Climate Projection for Thailand and Surrounding Countries: Climate change scenario of 21st century. Proceedings of The First China-Thailand Joint Seminar on Climate Change 23-24 March. Southeast Asia START Regional Center, Bangkok.

Di Falco, S. and Chavas, J.P. 2009. On Crop Biodiversity, Risk Exposure, and Food Security in the Highlands of Ethiopia. American Journal of Agricultural Economics 91(3): 599–611.

Gardebroek, C., Chavez, M-D. and Lansink, A-O. 2010. Analysing Production Technology and Risk in Organic and Conventional Dutch Arable Farming using Panel Data. Journal of Agricultural Economics 61(1): 60–75.

Hasanthika, M. A., Edirisinghe, J. C. and Rajapakshe, R. D. 2013. Climate Variability, Risk and Paddy Production. *Journal of Environmental Professionals Sri Lanka* 2(2): 57-65.

Hertel, T.W., and Rosch, S.D. 2010. *Climate Change, Agriculture, and Poverty. Applied Economic Perspectives and Policy* 32(3): 355–385.

IPCC. 2007. *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, 976 pp.

Isavilanontha, S., Praneetwattakul, S., and Kumwong, C. 2009. *Economic Impact Assessment of Climate Change on Rice Production in Thailand*. Thailand Research Fund. Bangkok. (In Thai)

สมพร อิศวิลานนท์, สุวรรณ ประณีตวาทกุล, และชนาพร คำวงษ์. 2552. การประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อการผลิตข้าวในประเทศไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ.

Just, R.E., and Pope, R.D. 1979. Production Function Estimation and Related Risk Considerations. *American Journal of Agricultural Economics* 61: 276–284.

King Mongkut's University of Technology Thonburi. 2016. *Regional Climate Modeling*. King Mongkut's University of Technology Thonburi. Bangkok. [Online]. Retrieved March 12, 2016, from: <http://climatechange.jgsee.org/v2/precis.php>. (In Thai)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2559. *Regional Climate Modeling*. ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (Thai-GLOB). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ:ออนไลน์: <http://climatechange.jgsee.org/v2/>. (18 มกราคม 2559).

Lasco R.D., Habito C.M.D., Delfi, R.J.P., Pulhin F.B., Concepcion R.N. 2011. *Climate Change Adaptation for Smallholder Farmers in Southeast Asia*. World Agroforestry Centre, Philippines.

Matthews, R.B., Kropff, M.J., Horie, T. and Bachelet, D. 1997. Simulating the Impact of Climate Change on Rice Production in Asia and Evaluation Option for Adaptation. *Agricultural Systems* 54(3):399-425.

McCarl, B. A., Villavicencio, X., and Wu, X. 2008. *Climate Change and Future Analysis: Is Stationarity Dying?* *American Journal of Agricultural Economics* 90(5):1241-1247.

Musshoff, O., Odening, M. and Xu, W. 2011. Management of climate risks in agriculture-will weather derivatives permeate?. Applied Economics 43(9): 1067-1077.

Nhemachena, C, and Hassan, R. 2007. Micro-Level Analysis of Farmers' Adaptation to Climate Change in Southern Africa. IFPRI Discussion Paper 00714.

Nirote Sinnarong. 2013. Essays on the Impact of Climate Change in Agricultural Production. Doctoral Dissertation of Applied Economics. National Chung Hsing University, Taiwan.

Office of Agricultural Economics. 2012. Rain-fed Rice production Forecasting (Crop year 2012/2013). Office of Agricultural Economics. Bangkok. (In Thai)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. ผลการพยากรณ์การผลิตข้าวนาปี ปี 2556 (ปีการเพาะปลูก 2555/2556). สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กรุงเทพฯ.

Office of Agricultural Economics. 2014. Agricultural Production Statistic. Office of Agricultural Economics. Bangkok. (In Thai)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. สถิติการผลิตสินค้าเกษตร. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กรุงเทพฯ.

Office of Agricultural Economics. 2017. Situation and Trend of Agricultural Commodities in 2018. Office of Agricultural Economics. Bangkok. (In Thai)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2561. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กรุงเทพฯ.

Shankar, B., Bennett, R., and Morse, S. 2007. Output Risk Aspects of Genetically Modified Crop Technology in South Africa. Economics of Innovation and New Technology 16(4): 277-291.

Thai Meteorological Department. 2014. Weather Statistics. Thai Meteorological Department, Ministry of Digital Economy and Society. Bangkok. (In Thai)

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2558. สถิติสภาพอากาศ. กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. กรุงเทพฯ.

Wassmann, R., and Dobermann, A. 2007. Climate Change Adaptation through Rice Production in Regions with High Poverty Levels. ICRISAT eJournal 4(1):1-24.

.....