

ผลกระทบและการจำลองการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
สำหรับการผลิตข้าวในภาคใต้ของประเทศไทย

The Impacts of Climate Change and Adaptation Simulations for
Rice Production in South of Thailand

นิโรจน์ สิ้นณรงค์^{1*} กษมา ถาอ้าย² ศิริพร พันธุลี³ และฉันทนา ซูแสวงทรัพย์⁴

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

¹สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

²สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์เพื่อการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

³กลุ่มวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

⁴กลุ่มวิทยาศาสตร์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

¹Applied Economics Program, Maejo University, Chiangmai, 50290, Thailand

²Applied Economics for Community Development Program, Maejo University-Phrae Campus, Phrae, 54140, Thailand

³General Education Program, Maejo University-Phrae Campus, Phrae, 54140, Thailand

⁴Basic Science Program, Maejo University-Phrae Campus, Phrae, 54140, Thailand

Corresponding author, email: nirote1980@gmail.com

(Received: Mar 6, 2018; Revised: May 6, 2018; Accepted: May 7, 2018)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบและจำลองการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวในภาคใต้ โดยใช้ข้อมูลแบบพาเนลจาก 14 จังหวัด ระหว่างปี พ.ศ. 2532-2557 ทำการวิเคราะห์ฟังก์ชันการผลิตข้าวด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดทั่วไปแบบเป็นไปได้อ ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนส่งผลเชิงลบต่อการผลิตข้าว การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต ส่งผลให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยจะลดลงร้อยละ 0.70-10.70 ในระหว่างปี ค.ศ. 2030-2090 โดยที่ผลกระทบต่อความแปรปรวนของผลผลิตและโอกาสการสูญเสียผลผลิตข้าวแตกต่างกันไปตามแต่ละสถานการณ์การผลิต สำหรับผลการจำลองการปรับตัว พบว่าการเลื่อนระยะเวลาการเพาะปลูกและการปรับปรุงพันธุ์ข้าวที่ช่วยย่นระยะเวลาเพาะปลูก เป็นแนวทางการปรับตัวแบบเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่สามารถช่วยลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตได้

คำสำคัญ : การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผลกระทบ การปรับตัว ข้าว ภาคใต้

Abstract

This study aims to estimate the potential impacts of climate change on rice production and adaptation to mitigate its impacts in South of Thailand. Based on the panel data from 14 provinces over the 1989-2014 periods, feasible generalized least squares are explored to obtain estimators of rice production function. The results showed that increase in the temperature and rainfall has adverse effects on the Mean rice production. The climate change projection results shown that rice production projected to decrease by 0.70-10.70% in 2030-2090. The results of Variance and Skewness of rice production vary across scenarios. The adaptation simulation provided evidence that the impact of climate change can be



mitigated significantly by using latting planting dates and changing rice varieties that can be shorting planting dates. These eco-friendly adaptations can prevent the crop from adverse effect of future climate change.

Keywords: Climate change, Impact, Adaptation, Rice, South

บทนำ

การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคต อุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส ในช่วงกลางศตวรรษที่ 21 เป็นต้นไป รูปแบบของฝนจะมีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้น รวมถึงความผิดปกติของสภาพอากาศและภัยธรรมชาติจะมีความถี่และความรุนแรงมากขึ้น (Chinvanno, 2011) เนื่องจากข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญ ซึ่งทำการผลิตแบบพึ่งพาธรรมชาติและสภาพอากาศในพื้นที่เป็นหลัก ดังนั้นผู้ผลิตข้าวจึงนับเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งจำเป็นต้องมีการส่งเสริมความรู้เพื่อสร้างความตระหนักต่อผลกระทบและหาแนวทางการปรับตัวที่เหมาะสม เพื่อตอบสนองต่อสภาพภูมิอากาศในอนาคต ประกอบกับองค์ความรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบ รวมถึงการปรับตัวเป็นประเด็นที่สำคัญในการยกระดับขีดความสามารถในการผลิต การจัดการฟาร์ม การรักษาระดับคุณภาพและสร้างมูลค่าเพิ่มของข้าวอย่างต่อเนื่อง ซึ่ง Office of Agricultural Economics (2017) รายงานว่าในช่วงปี 2558 - 2559 ปริมาณน้ำฝนน้อยและการกระจายของฝนไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกษตรกรปลูกข้าวล่าช้าในทุกภาค และบางพื้นที่ไม่สามารถปลูกข้าวได้ เกษตรกรบางส่วนจึงปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่น ทั้งนี้ในปี 2559/60 มีปริมาณน้ำเพียงพอ ส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับปี 2558/59 ทั้งเนื้อที่เพาะปลูก ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.02 ร้อยละ 3.83 และร้อยละ 2.63 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสภาพอากาศโดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลอย่างยิ่งในการผลิตข้าว สำหรับในภาคใต้ ปีเพาะปลูก 2559/60 มีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวนาปี 757,468 ไร่ ผลผลิตรวม 303,909 ตัน แม้ข้าวจะไม่ได้เป็นพืชเศรษฐกิจของภาคใต้ แต่การทำนาก็มีความสำคัญในการประกันความมั่นคงทางอาหารในครัวเรือนและภูมิภาค และมีเกษตรกรอีกจำนวนมากที่ยังให้ความสำคัญกับอาชีพชาวนา กลายเป็นส่วนสำคัญในการผลิตข้าวหล่อเลี้ยงผู้คนและธุรกิจต่อเนื่องเกี่ยวกับข้าวในภาคใต้ (Kongrit & Petcharat, 2013) จึงต้องร่วมกันสร้างความมั่นคงยั่งยืนให้กับอาชีพทำนา ด้วยการพัฒนาการผลิตให้เข้มแข็ง ที่ต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตข้าวในภาคใต้ โดยเฉพาะสภาพภูมิอากาศ อย่างไรก็ตามการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศและการปรับตัวโดยวิธีการทางเศรษฐมิติ นับว่ายังคงมีการศึกษาน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์ข้อมูลแบบพหุภาคในระดับภูมิภาค (Regional level) ซึ่งมีความสำคัญต่อการเสนอแนะเชิงนโยบายในระดับภาคที่มีลักษณะทางภูมิประเทศและพื้นฐานทางทรัพยากรการผลิตที่คล้ายคลึงกัน

การศึกษานี้ใช้แบบจำลองทางเศรษฐมิติ (Econometrics model) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลพหุภาค เพื่อศึกษาผลกระทบของสภาพอากาศต่อการผลิตข้าวและจำลองการปรับตัวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยการเลื่อนตารางการเพาะปลูกและสมมติให้มีการปรับเปลี่ยนสายพันธุ์ข้าวที่ใช้ระยะเพาะปลูกสั้นลง เพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ โดยใช้แบบจำลองฟังก์ชันการผลิตเฉลี่ย ฟังก์ชันความแปรปรวนของผลผลิต และฟังก์ชันโอกาสความเสียหายของผลผลิต และนำผลการประมาณค่ามาจำลองผลกระทบและการปรับตัว สำหรับปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 ผลการวิจัยจะเป็นองค์ความรู้เชิงวิชาการของการประยุกต์เครื่องมือทางเศรษฐมิติสำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบและการปรับตัวมีการวิเคราะห์ระดับภูมิภาคและเป็นแนวทางในการวางแผนพัฒนาการผลิตข้าวของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวในภาคใต้ของประเทศไทย
2. เพื่อจำลองรูปแบบการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับการผลิตข้าวในภาคใต้ของประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเชิงปริมาณ มีการรวบรวมข้อมูลสถิติการผลิตข้าวนาปี อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนในฤดูการเพาะปลูก จาก Office of Agricultural Economics (2014) และ Thai Meteorological Department (2014) ระดับ จังหวัด 14 จังหวัด ระหว่างปี พ.ศ.2532-2557 รวม 26 ปี 364 ตัวอย่าง ข้อมูลผลของการจำลองสภาพอากาศอนาคต (Climate Change Projection) ตามรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 และ B2 จาก King Mongkut's University of Technology Thonburi (2016) การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) สำหรับหาความสัมพันธ์เชิงสถิติระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอธิบาย เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตข้าว กำหนดฟังก์ชันการผลิตโดยให้ตัวแปรตาม y คือ ผลผลิตข้าว ขึ้นอยู่กับตัวแปรอธิบาย x คือ ปัจจัยการผลิต ภายใต้สภาวะความเสี่ยง (Risk) จากปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ตามแนวคิดของ Just & Pope (1979) และ Cabas & Olale (2010) กำหนดรูปแบบฟังก์ชันการผลิตแบบ stochastic production function (SPF) หรือ $y = f(x, v)$ เมื่อ x เป็นเวกเตอร์ของปัจจัยการผลิตทั่วไป เช่น ที่ดิน ทุน แรงงาน และ v เป็นเวกเตอร์ของปัจจัยการผลิตที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ โดยปกติแล้วการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตเฉลี่ยเป็นการวิเคราะห์ในโมเมนต์ที่หนึ่ง (First moment) ของข้อมูล หากต้องการวิเคราะห์ในโมเมนต์ที่สูงขึ้น สามารถประยุกต์แนวคิดแบบจำลองเชิงโมเมนต์ของฟังก์ชันการผลิต (Moment-Based Specification of the SPF) ตามแบบของ Di Falco & Chavas (2009) และ Antle (2010) ได้

กำหนดให้แบบจำลองเชิงโมเมนต์ของฟังก์ชันการผลิต $y(x, v)$ เป็นดังสมการที่ (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)

$$E\{[y(x, v) - f_1(x, \beta_1)]^m / x\} = f_m(x, \beta_m), \text{ สำหรับ } m = 2, 3 \quad (2)$$

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

การประมาณค่าฟังก์ชันผลผลิตเฉลี่ยและฟังก์ชันในระดับโมเมนต์ที่สูงขึ้น โดยคำนึงถึงความแตกต่างเชิงพื้นที่และเวลา ใช้การวิเคราะห์การถดถอยสำหรับข้อมูลแบบพาเนล (Panel data) 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)

การวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตเฉลี่ยหรือโมเมนต์ที่หนึ่ง (1st Moment) ของการผลิต คือ ฟังก์ชัน $f_1(x, \beta_1)$ และปัจจัยที่มีผลต่อความแปรปรวนของผลผลิตหรือโมเมนต์ที่สอง (2nd Moment) ของการผลิต ตามฟังก์ชัน $f_2(x, \beta_2)$ ทั้งนี้จากสมการที่ (2) โมเมนต์ที่สาม (3rd moment) ของการผลิตเพื่ออธิบายปัจจัยที่มีผลต่อโอกาสความสูญเสียของผลผลิตข้าว หรือฟังก์ชัน $f_3(x, \beta_3)$ สามารถกำหนดได้ตามสมการที่ (4)

$$(u_{it})^3 = f_3(x_{itk}, \beta_{3k}) + e_{it} \quad (4)$$

เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ไม่เอนเอียงและมีประสิทธิภาพ การศึกษานี้ทดสอบลักษณะการกำหนดแบบจำลอง (Model Specification Test) ด้วยการทดสอบความนิ่งของข้อมูลพาเนล (Panel unit root) เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหา Spurious Correlation ด้วยวิธีของ Levin, Lin & Chu (LLC) และ Im, Pesaran & Shin (IPS) พบว่า ข้อมูลทุกตัวแปรมีความนิ่งที่ระดับ I(0) จึงไม่จำเป็นต้องทำการหาค่าความแตกต่างของข้อมูลก่อนทำการวิเคราะห์การถดถอย ผลการทดสอบปัญหาความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนไม่คงที่ ด้วยวิธี Glejser test และ ARCH test พบว่า ฟังก์ชันการผลิตข้าวเฉลี่ยทุกสถานการณ์เกิดปัญหาความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนไม่คงที่ การวิเคราะห์การถดถอยทั่วไปที่เป็นไปได้ จึงมีความเหมาะสม โดยกำหนดแบบจำลองเชิงประจักษ์ ดังนี้

การประมาณค่าแบบจำลองผลผลิตข้าวเฉลี่ย ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบทั่วไปที่เป็นไปได้ (Feasible generalized least squares, FGLS) ภายใต้ภาวะความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนไม่คงที่ ดังสมการที่ (5)

$$PROD_{it} = \alpha_1 + \beta_{11}AREA_{it} + \beta_{12}ATEM_{it} + \beta_{13}VTEM_{it} + \beta_{14}TRAI_{it} + \beta_{15}VRAI_{it} + \beta_{16}TIME_{it} + \mu_i + v_{it} \quad (5)$$

โดยที่ $PROD_{it}$ คือ ผลผลิตข้าว (ตัน) $AREA_{it}$ คือ พื้นที่เพาะปลูก (ไร่) $ATEM_{it}$ คือ อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) $VTEM_{it}$ คือ ความแปรปรวนของอุณหภูมิ $TRAI_{it}$ คือ ปริมาณน้ำฝนรวม (มม.) $VRAI_{it}$ คือ ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน $TIME_{it}$ คือ ตัวแปรแนวโน้มเวลา ซึ่งเป็นตัวแทนของการพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตร เช่นการพัฒนาสายพันธุ์ข้าว การปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตและการจัดการฟาร์ม ในช่วงเวลาที่ศึกษา โดยที่ μ_i และ v_{it} คือ ค่าคลาดเคลื่อนที่ไม่สามารถสังเกตได้ โดย i และ t คือจังหวัดที่ i ณ ช่วงเวลา t

การประมาณค่าแบบจำลองความแปรปรวนของผลผลิตข้าว ใช้ค่าความคลาดเคลื่อนจากการประมาณค่าสมการที่ (5) เป็นตัวประมาณค่าของ u_{it} และประมาณค่าฟังก์ชัน u_{it}^2 กับตัวแปรอธิบายลักษณะเดียวกับสมการที่ (5) โดยกำหนดความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง คือ $E(u_{it}^2) = (x_{itk}, \beta_{2k})$ เมื่อ $f_2 = (u_{it})^2$ และ x_{itk} คือ ตัวแปรอธิบาย ตามสมการที่ (6)

$$(u_{it})^2 = \alpha_2 + \beta_{21}AREA_{it} + \beta_{22}ATEM_{it} + \beta_{23}VTEM_{it} + \beta_{24}TRAI_{it} + \beta_{25}VRAI_{it} + \beta_{26}TIME_{it} + e_{it} \quad (6)$$

การประมาณค่าแบบจำลองโอกาสความสูญเสียของผลผลิตข้าว ใช้ค่าความคลาดเคลื่อนจากการประมาณค่าสมการที่ (5) เป็นตัวประมาณค่าของ u_{it} โดยกำหนดความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ดังสมการที่ (7)

$$(u_{it})^3 = \alpha_3 + \beta_{31}AREA_{it} + \beta_{32}ATEM_{it} + \beta_{33}VTEM_{it} + \beta_{34}TRAI_{it} + \beta_{35}VRAI_{it} + \beta_{36}TIME_{it} + e_{it} \quad (7)$$

ผล

การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาของตัวแปรในแต่ละสถานการณ์ (Scenario) โดยที่ S-O คือสถานการณ์เดิมที่ไม่มีการจำลองการปรับตัว LPD1, LPD2, และ LPD3 เป็นสถานการณ์จำลองการปรับตัวด้วยการเลื่อนเวลาเพาะปลูกออกไป 1 2 และ 3 เดือน ตามลำดับ และ SPD1, SPD2, และ SPD3 แสดงสถานการณ์จำลองการใช้พื้นที่เพาะปลูกที่ช่วยย่นระยะเวลาเพาะปลูกให้สั้นลง 1 2 และ 3 เดือน ตามลำดับ พบว่า ภาคใต้มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปีเฉลี่ย 25,466.13 เฮกตาร์ต่อจังหวัดต่อปี มีผลผลิตข้าวเฉลี่ย 53,966.28 ตันต่อจังหวัดต่อปี พื้นที่เพาะปลูกมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 27.31-27.93 องศาเซลเซียส โดยมีความแปรปรวนของอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 0.65-0.45 ในขณะที่ปริมาณน้ำฝนรวม อยู่ระหว่าง 1,855.24-1,011.24 มม. มีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 23,596.25-43,653.65

การประมาณค่าแบบจำลองการผลิตข้าวเฉลี่ยและการจำลองการปรับตัว ใช้สมการแบบ Cobb-Douglas โดยผลการทดสอบ Redundant fixed effects tests พบว่า การใช้แบบจำลองแบบ Fixed effects จะให้ตัวประมาณค่าที่สอดคล้องและมีประสิทธิภาพ (Consistent and efficient) ผลการวิเคราะห์พบว่า แนวโน้มเวลา (TIME) ส่งต่อการเพิ่มผลผลิตข้าว ทั้ง 7 สถานการณ์ ยกเว้น SPD3 พื้นที่เพาะปลูก (AREA) ส่งต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวในทุกสถานการณ์ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ย (ATEM) ร้อยละ 1 ผลผลิตข้าวจะลดลงร้อยละ 0.59 ถึง 1.04 หากปริมาณน้ำฝน (TRA) เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะส่งผลให้ผลผลิตข้าวลดลงร้อยละ 0.03 ถึง 0.11 โดยผลของความแปรปรวนของอุณหภูมิ (VTEM) และความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน (VRAI) มีความแตกต่างกันไปตามแต่ละสถานการณ์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประมาณค่าแบบจำลองการผลิตข้าวเฉลี่ยและการจำลองการปรับตัว

Variables	S-O	LPD1	LPD2	LPD3	SPD1	SPD2	SPD3
Planted area	1.0137*** (0.0051)	1.0195*** (0.0049)	1.0248*** (0.0048)	1.0183*** (0.0051)	1.0139*** (0.0050)	1.0156*** (0.0049)	1.0184*** (0.0047)
Average temperature	-0.6384* (0.3805)	-0.2595 (0.4074)	0.4635 (0.3969)	1.0391*** (0.3576)	-0.9064** (0.3745)	-0.7562** (0.3677)	-0.5944* (0.3480)
Temperature variance	-0.0059 (0.0092)	-0.0140* (0.0084)	-0.0089 (0.0072)	0.0072 (0.0071)	0.0051 (0.0082)	0.0088 (0.0066)	0.0102* (0.0056)
Total rainfall	-0.1152*** (0.0247)	-0.1137*** (0.0267)	-0.0563* (0.0307)	0.0060 (0.0289)	-0.0906*** (0.0219)	-0.0613*** (0.0186)	-0.0392** (0.0156)
Rainfall variance	0.0151 (0.0096)	0.0125 (0.0093)	-0.0054 (0.0101)	-0.0280*** (0.0102)	0.0090 (0.0086)	0.0047 (0.0077)	-0.0045 (0.0062)
Time trend	0.1256*** (0.0079)	0.1320*** (0.0079)	0.1365*** (0.0081)	0.1332*** (0.0082)	0.1240*** (0.0079)	0.1245*** (0.0079)	0.1254 (0.0079)
Constant	3.1254** (1.3217)	1.8029 (1.4108)	-0.8936 (1.3706)	-2.9402** (1.2246)	3.8921 (1.3075)	3.2028** (1.2706)	2.5623** (1.1912)
Adjusted R-squared	0.9945	0.9944	0.9943	0.9945	0.9942	0.9940	0.9939
Model F-statistic	10999.84***	10841.00***	10554.99***	11104.28***	10455.23***	10011.51***	9890.713***
FE Test (F-statistic)	6.8517***	6.8458***	6.8925***	6.6207***	7.0316***	7.0961***	7.1906***

Note: Numbers in parentheses are standard errors. *, **, and *** indicate that the significant at the 1%, 5%, and 10% level of significance.

การประมาณค่าแบบจำลองความแปรปรวนของผลผลิตข้าวและการจำลองการปรับตัว ใช้สมการแบบ Cobb-Douglas ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์เชิงบวก แสดงถึงตัวแปรอธิบายเป็นตัวแปรที่ส่งผลในการเพิ่มความแปรปรวนของผลผลิตหรือเป็น

ตัวแปรเพิ่มความเสี่ยง (Risk-Increased Variables) พบว่า แนวโน้มเวลาและการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูก ส่งผลต่อการลดความแปรปรวนของผลผลิตข้าว การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่งผลต่อการเพิ่มความแปรปรวนของผลผลิตข้าว และการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนส่งผลต่อการลดความแปรปรวนของผลผลิตข้าวในบางสถานการณ์ ในขณะที่ผลของความแปรปรวนของอุณหภูมิและน้ำฝนส่งผลต่อความแปรปรวนของผลผลิตข้าว แตกต่างไปตามแต่ละสถานการณ์ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประมาณค่าแบบจำลองความแปรปรวนของผลผลิตข้าวและการจำลองการปรับตัว

Variables	S-O	LPD1	LPD2	LPD3	SPD1	SPD2	SPD3
<i>Planted area</i>	-0.0027** (0.0012)	-0.0031*** (0.0012)	-0.0033*** (0.0011)	-0.0029** (0.0011)	-0.0029** (0.0013)	-0.0028** (0.0012)	-0.0026** (0.0011)
<i>Average temperature</i>	0.2184** (0.1105)	0.2663** (0.1074)	0.2619*** (0.0956)	0.2003** (0.0825)	0.1829* (0.1084)	0.1809* (0.1037)	0.1660* (0.0965)
<i>Temperature variance</i>	0.0030 (0.0027)	0.0054** (0.0025)	0.0052** (0.0020)	0.0043** (0.0019)	0.0039 (0.0024)	0.0030 (0.0018)	0.0013 (0.0016)
<i>Total rainfall</i>	-0.0135** (0.0067)	-0.0133* (0.0071)	-0.0036 (0.0083)	-0.0042 (0.0077)	-0.0102* (0.0059)	-0.0076 (0.0050)	-0.0067 (0.0042)
<i>Rainfall variance</i>	0.0026 (0.0027)	0.0024 (0.0026)	-0.0016 (0.0027)	-0.0020 (0.0027)	0.0015 (0.0025)	0.0018 (0.0022)	0.0013 (0.0018)
<i>Time trend</i>	-0.0061** (0.0024)	-0.0052** (0.0022)	-0.0051** (0.0022)	-0.0038* (0.0023)	-0.0063** (0.0025)	-0.0063** (0.0024)	-0.0065*** (0.0024)
<i>Constant</i>	-0.5896 (0.3848)	-0.7431** (0.3745)	-0.7583** (0.3319)	-0.5537* (0.2826)	-0.4841 (0.3784)	-0.5021 (0.3584)	-0.4586 (0.3305)
Adjusted R-squared	0.0583	0.0737	0.0660	0.0464	0.0552	0.0499	0.0477
Model F-statistic	4.7449***	5.8202***	5.2780***	3.9468***	4.5340***	4.1755***	4.0332***

Note: Numbers in parentheses are standard errors. *, **, and *** indicate that the significant at the 1%, 5%, and 10% level of significance.

การประมาณค่าแบบจำลองโอกาสความสูญเสียของผลผลิตข้าวและการจำลองการปรับตัว เพื่ออธิบายความเสี่ยงที่ผลผลิตข้าวจะลดลง ใช้สมการแบบ Cobb-Douglas ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์เชิงบวก แสดงถึงตัวแปรอธิบายเป็นตัวแปรที่ส่งผลในการเพิ่มโอกาสความสูญเสียของผลผลิตข้าวหรือตัวแปรเพิ่มความเสี่ยงที่ผลผลิตข้าวจะลดลง (Downside risk variables) พบว่าแนวโน้มเวลาและการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกมีผลเชิงลบต่อความเสี่ยงที่ผลผลิตข้าวจะลดลง ในทุกสถานการณ์ ยกเว้น LPD3 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่งผลต่อการเพิ่มความเสี่ยงที่ผลผลิตข้าวจะลดลงในทั้ง 7 สถานการณ์ ในขณะที่ผลของความแปรปรวนของอุณหภูมิส่งผลต่อการเพิ่มความเสี่ยงที่ผลผลิตข้าวจะลดลงใน 6 สถานการณ์ ยกเว้น SPD3 และการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนรวมและความแปรปรวนของน้ำฝนส่งผลต่อการเพิ่มความเสี่ยงที่ผลผลิตข้าวจะลดลง ในสถานการณ์ส่วนใหญ่ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประมาณค่าแบบจำลองโอกาสความสูญเสียของผลผลิตข้าวและการจำลองการปรับตัว

Variables	S-O	LPD1	LPD2	LPD3	SPD1	SPD2	SPD3
<i>Planted area</i>	-0.0012** (0.0006)	-0.0013** (0.0005)	-0.0011** (0.0005)	-0.0008 (0.0005)	-0.0014** (0.0006)	-0.0015*** (0.0006)	-0.0016*** (0.0005)
<i>Average temperature</i>	0.0149 (0.0505)	0.0231 (0.0473)	0.0268 (0.0418)	0.0222 (0.0360)	0.0157 (0.0492)	0.0118 (0.0469)	0.0042 (0.0430)

ตารางที่ 3 (ต่อ)

Variables	S-O	LPD1	LPD2	LPD3	SPD1	SPD2	SPD3
Temperature variance	-0.0009 (0.0012)	-0.0009 (0.0011)	-0.0004 (0.0009)	-0.0002 (0.0009)	-0.0003 (0.0011)	-0.0001 (0.0008)	9.37E-05 (0.0007)
Total rainfall	0.0028 (0.0031)	0.0007 (0.0031)	-0.0002 (0.0036)	-0.0005 (0.0034)	0.0028 (0.0027)	0.0019 (0.0023)	0.0016 (0.0018)
Rainfall variance	-0.0005 (0.0013)	0.0003 (0.0011)	0.0007 (0.0012)	0.0011 (0.0012)	-0.0005 (0.0011)	0.0000 (0.0010)	0.0002 (0.0008)
Time trend	-0.0009 (0.0011)	-0.0007 (0.0010)	-0.0006 (0.0010)	-0.0004 (0.0010)	-0.0010 (0.0011)	-0.0011 (0.0011)	-0.0012 (0.0011)
Constant	-0.0528 (0.1761)	-0.0724 (0.1648)	-0.0833 (0.1450)	-0.0728 (0.1233)	-0.0534 (0.1718)	-0.0359 (0.1621)	-0.0075 (0.1473)
Adjusted R-squared	0.0203	0.0238	0.0151	0.0063	0.0229	0.0201	0.0248
Model F-statistic	2.2564**	2.4762**	1.9299*	1.3847	2.4195**	2.2459**	2.5390

Note: Numbers in parentheses are standard errors. *, **, and *** indicate that the significant at the 1%, 5%, and 10% level of significance.

การจำลองผลกระทบและการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้วยการจำลองเชิงตัวเลข โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรหลักทางสภาพอากาศ (Key driven variable) ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนรวมจากแบบจำลองทางเศรษฐมิติร่วมกับข้อมูลการทำนายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าวเฉลี่ยในสถานการณ์ S-O สำหรับรูปแบบ A2(B2) เท่ากับร้อยละ -0.704(-2.202) ร้อยละ -6.489 (-4.895) และร้อยละ -10.700 (-7.401) ในปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 ตามลำดับ การปรับตัวที่ช่วยลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ สำหรับรูปแบบ A2 ในปี ค.ศ.2060 ได้แก่ สถานการณ์ LPD1 SPD2 และ SPD3 และในปี ค.ศ.2090 ได้แก่ สถานการณ์ LPD1 SPD2 และ SPD3 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งในเชิงลบต่อความแปรปรวนของผลผลิตข้าว ในสถานการณ์ S-O สำหรับรูปแบบ A2 (B2) เท่ากับ ร้อยละ 1.159 (1.120) ร้อยละ 1.197 (1.655) และร้อยละ 2.436 (2.150) ในปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 ตามลำดับ การปรับตัวที่ช่วยลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ สำหรับรูปแบบ A2 ในปี ค.ศ.2030 ได้แก่ สถานการณ์ LPD1LPD2 LPD3 SPD1 SPD2 และ SPD3 ในปี ค.ศ. 2060 ได้แก่ สถานการณ์ SPD1 SPD2 และ SPD3 และในปี ค.ศ.2090 ได้แก่ สถานการณ์ SPD1 SPD2 และ SPD3 นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งต่อโอกาสความสูญเสียของผลผลิตข้าว ในสถานการณ์ S-O สำหรับรูปแบบ A2 (B2) เท่ากับ ร้อยละ 0.015 (0.051) ร้อยละ 0.154 (0.114) และร้อยละ 0.252 (0.174) ในปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 ตามลำดับ การปรับตัวที่ช่วยลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ สำหรับรูปแบบ A2 ในปี ค.ศ.2030 ได้แก่ สถานการณ์ SPD2 และ SPD3 ในปี ค.ศ.2060 ได้แก่ สถานการณ์ LPD1LPD3SPD1SPD2 และ SPD3 และในปี ค.ศ.2090 ได้แก่ สถานการณ์ SPD2 และ SPD3 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตข้าว

Scenarios		SRES	S-O	LPD1	LPD2	LPD3	SPD1	SPD2	SPD3
Mean	2030	A2	-0.704	1.234	3.396	3.347	-2.260	-2.239	-2.272
		B2	-2.202	0.753	3.084	3.805	-3.568	-2.806	-2.462
	2060	A2	-6.489	-0.834	4.343	6.080	-7.511	-6.144	-5.490
		B2	-4.895	0.120	4.988	6.527	-6.966	-6.052	-5.536
	2090	A2	-10.700	-3.680	6.238	13.978	-13.513	-10.499	-8.363

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Scenarios		SRES	S-O	LPD1	LPD2	LPD3	SPD1	SPD2	SPD3
Variance	2030	B2	-7.401	-1.078	6.126	10.604	-9.729	-7.846	-6.580
		A2	1.159	1.249	1.075	0.807	0.995	0.937	0.821
		B2	1.120	1.400	1.110	0.863	0.940	1.002	0.909
	2060	A2	1.197	1.796	1.780	1.363	1.112	1.123	1.011
		B2	1.655	2.164	1.907	1.460	1.409	1.334	1.179
		A2	2.436	3.369	3.396	2.758	1.981	2.067	1.890
Skewness	2030	B2	2.150	2.891	2.698	2.204	1.856	1.851	1.568
		A2	0.015	0.072	0.105	0.091	0.016	-0.168	0.002
		B2	0.051	0.090	0.110	0.094	0.052	-0.267	0.001
	2060	A2	0.154	0.142	0.178	0.152	0.148	-0.531	0.078
		B2	0.114	0.155	0.190	0.163	0.121	-0.718	0.067
		A2	0.252	0.298	0.347	0.306	0.266	-0.659	0.093
	B2	0.174	0.225	0.271	0.245	0.173	-0.549	0.067	

อภิปรายผล

การวิเคราะห์ข้อมูลพาดในระดัภาค มีความเหมาะสมกับการใช้ข้อมูลทุติยภูมิในอดีตสำหรับการทำนายการเปลี่ยนแปลงในอนาคต และเป็นการประหยัดทรัพยากรในการเก็บรวบรวมข้อมูลในระดับฟาร์มจากทุกพื้นที่ และเป็นการเพิ่มจำนวนตัวอย่างในการวิเคราะห์แบบจำลอง ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนมีผลเชิงลบต่อการผลิตข้าว โดยเฉพาะกรณีปริมาณน้ำฝนหากมีปริมาณมากเกินไปจะส่งผลให้ผลผลิตข้าวเกิดความเสียหายได้ เนื่องจากภาคใต้มีผลผลิตข้าวแบบนาในที่ลุ่ม (Low land) เป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้การปรับตัวคือการปรับเปลี่ยนระบบของธรรมชาติและมนุษย์เพื่อตอบสนองต่อสภาพอากาศ เพื่อลดความสูญเสียและสร้างภูมิคุ้มกันจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014) การศึกษาครั้งนี้พบว่า การจำลองการปรับตัวด้วยการปรับเปลี่ยนตารางการเพาะปลูกและการใช้พันธุ์ข้าวที่อายุสั้นลง ช่วยลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ สอดคล้องกับการผลการศึกษาโดยทั่วไป ซึ่งเกษตรกรจะมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการฟาร์ม ด้วยการปลูกพืชแบบหมุนเวียน และการปรับเปลี่ยนตารางการเพาะปลูก และการปรับเปลี่ยนมาใช้พันธุ์ข้าวสมัยใหม่ (Manandhar *et al.*, 2011) เช่นเดียวกับ Babel *et al.* (2011) พบว่าวิธีการปรับตัวที่มีนัยสำคัญ ได้แก่ การจัดการฟาร์มที่เหมาะสม การปรับเปลี่ยนช่วงเวลาเพาะปลูก และการใช้สายพันธุ์ข้าวที่ทนต่อความแห้งแล้ง นอกจากนี้แล้ว Sinnarong (2013) พบว่า การเปลี่ยนแปลงเวลาการเพาะปลูกจะช่วยลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนต่อผลผลิตข้าวเฉลี่ยและความแปรปรวนของการผลิตได้ สอดคล้องกับข้อเสนอแนะการปรับตัวของ Lasco *et al.* (2011) ด้วยการปรับเปลี่ยนสายพันธุ์ การปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตและปฏิทินการเพาะปลูก เพื่อตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล ทั้งนี้การปรับตัวนั้นจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของแต่ละบริบทพื้นที่ จะเห็นได้ว่าหลังจากการวิเคราะห์ผลกระทบแล้ว สามารถเชื่อมโยงเข้ากับความเสี่ยงและการปรับตัวภายใต้ทิศทาง การพัฒนาในอนาคตที่ได้สร้างไว้ เพื่อประเมินความเปราะบาง (Vulnerable) หรือความสามารถรองรับ (Coping capacity) ซึ่งในระยะยาว ต้องอาศัยการถ่ายทอดองค์ความรู้และการสื่อสารอย่างต่อเนื่องกับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ให้สอดคล้องกับระดับการจัดการของพื้นที่ (Chinvanno, 2011) โดยเฉพาะการจัดการที่เน้นคนในชุมชนเป็นศูนย์กลางตามข้อเสนอแนะของ Sukpaen & Sungkharat (2017) ที่ให้คนในชุมชนได้ร่วมกันขับเคลื่อนบนฐานของพลังชุมชนด้วยการร่วมคิดริเริ่ม ร่วมวางแผน ร่วมตัดสินใจ ร่วมลงมือปฏิบัติ และร่วมรับผลประโยชน์ เพราะคนในชุมชนจะรู้ขีดความสามารถระดับพื้นที่และความต้องการของชุมชนที่แท้จริง

สรุป

การวิเคราะห์ฟังก์ชันการผลิตข้าวในภาคใต้และจำลองการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สำหรับผลผลิตเฉลี่ยพบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนมีผลเชิงลบต่อผลผลิตข้าว ผลการประมาณค่าฟังก์ชันความแปรปรวนของผลผลิตข้าวพบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่งผลต่อการเพิ่มความแปรปรวนของผลผลิต และการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนรวมส่งผลต่อการลดความแปรปรวนของผลผลิต สำหรับโอกาสความสูญเสียของผลผลิตข้าวพบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่งผลต่อการเพิ่มความเสี่ยงที่ผลผลิตข้าวจะลดลง ในขณะที่ภาพรวมของการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนส่งผลต่อการเพิ่มความเสี่ยงที่ผลผลิตข้าวจะลดลง การจำลองผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศพบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าวเฉลี่ยร้อยละ -0.704 ถึง ร้อยละ -10.700 ในปี ค.ศ. 2030 ถึง 2090 ทั้งนี้การปรับตัวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจะช่วยลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ ซึ่งเกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถใช้ประกอบการวางแผนการผลิตและประยุกต์ใช้การปรับตัวด้วยการเลื่อนเวลาเพาะปลูก รวมถึงการพัฒนาพันธุ์ข้าวที่มีอายุสั้นลง ให้เหมาะสมกับสภาพอากาศมากขึ้นได้ อย่างไรก็ตามการวิจัยครั้งนี้เป็นวิเคราะห์และจำลองสถานการณ์การปรับตัวในภาพรวมระดับภาค จึงมีข้อจำกัดในการนำแบบจำลองไปใช้ในระดับพื้นที่ การวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาถึงระดับฟาร์มของเกษตรกร ที่มีรูปแบบการปรับตัวที่หลากหลายและจะเกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรในระดับพื้นที่มากขึ้น นอกจากนี้ การศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวครั้งต่อไปยังสามารถขยายขอบเขตการศึกษาถึงราคาข้าวการตลาดข้าว และภาคเศรษฐกิจสังคมอื่นที่เกี่ยวข้องได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและ พัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2558

เอกสารอ้างอิง

- Antle, J. M. (2010). Asymmetry, partial moments, and production risk. *American Journal of Agricultural Economics*, 92(5), 1294–1309.
- Babel, M. S., Agarwal, A., Swain, D. K. & Herath, S. (2011). Evaluation of climate change impacts and adaptation measures for rice cultivation in Northeast Thailand. *Climate Research*, 46, 137–146.
- Cabas, J., Weersink, A. & Olale, E. (2010). Crop yield response to economic, site and climatic variables. *Climatic Change*, 101, 559-616.
- Chinvanno, S. (2011). *The study of impact of future climate change and variation and adaptation of key economic sectors*. Final report. Southeast Asia START Regional Center. Chulalongorn University. (in Thai)
- Di Falco, S. & 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.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Summaries, frequently asked questions, and cross-chapter boxes*. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Just, R. E. & 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 [Online]. Retrieved March12, 2016, from: <http://climatechange.jgsee.org/v2/precis.php>. (in Thai)
- Kongrit, W. & Petcharat, S. (2013). *Dynamics of rice economic in Southern Thailand*. Final report. Thailand Research Fund. (in Thai)
- 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*. Los Banos, Philippines: n.p.
- Manandhar, S., Vogt, D. S., Perret, S. R. & Kazama, F. (2011). Adapting cropping systems to climate change in Nepal: A cross-regional study of farmers' perception and practices. *Regional Environmental Change*, 11, 335-348.
- Office of Agricultural Economics. (2014). *Agricultural production statistic* [Online]. Retrieved August10, 2014, from: <http://www.oae.go.th/production.html>. (in Thai)
- Office of Agricultural Economics. (2017). Situation and trend of agricultural commodities in 2018. Office of Agricultural Economics. Bangkok: N.P. (In Thai)
- Sinnarong, N. (2013). The potential impacts of weather on rice production and evaluation of agro-adaptation measure for Northern Thailand. *The Journal of Interdisciplinary Networks*, 2(2), 450-456.
- Sukpaen, N. & Sungkharat, U. (2017). Community empowerment and management of Khlong Chamrai, Khok Muang Sub-district, Khlong Hoi Khong District, Songkhla Province. *Journal of Yala Rajabhat University*, 12(2), 61-75. (in Thai)
- Thai Meteorological Department. (2014). *Weather statistics*. Thai Meteorological Department, Ministry of Digital Economy and Society. Bangkok [Online]. Retrieved August10, 2014, from: <https://www.tmd.go.th/services/services.php>. (in Thai)