

ไขปริศนาผลกระทบและความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวนาปี
ในเขตชลประทาน: กรณีศึกษาทางเศรษฐมิติจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
Unravelling Climate Change's Impact and Risk on Wet Season Rice Production
in Irrigated Areas: An Econometric Case Study from Northeastern Thailand

ธนากร แสนสาร นิโรจน์ สินณรงค์* วราภรณ์ นันทะเสน และเก นันทะเสน

Thanakorn Saensan, Nirote Sinnarong*, Waraporn Nunthasen and Ke Nunthasen

สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Department of Applied Economics, Faculty of Economics, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: nirote@mju.ac.th

Abstract

Received: September 24, 2023

Revised: March 02, 2025

Accepted: April 11, 2025

This study aimed to analyze the impact and risk of climate change on wet season rice production in irrigated areas of Northeastern Thailand. The Feasible Generalized Least Squares (FGLS) was applied to estimate the rice production function. By using the panel data on rice production from 19 provinces in the northeast classified by irrigation area of wet season rice (2002–2020), the results of the study showed that Area harvested, Trend Time, Cumulative Precipitation, and Average Temperature had a positive effect on the yield of wet season rice. At the same time, they were risk factors for rice production variance. On the other hand, rice production in the irrigated area depended on accumulated rainfall and average temperature, which had a negative impact on the wet season rice production and there was a statistically significant increase in the risk of variation in rice production. When considering dummy variables representing cumulative rainfall events exceeding requirement, there was a negative effect on rice yield. At the same time, there was a statistically significant increase in the risk of variance in rice production in all three cases. This study suggests that the characteristics of areas receiving water from irrigation have differentially influenced rice crop yield.

Keywords: wet season rice production, climate change, impact and risk
feasible generalized least squares, econometric panel analysis

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบและความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวนาปีในเขตชลประทานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย การวิเคราะห์ฟังก์ชันการผลิตข้าวด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดทั่วไปแบบเป็นไปไม่ได้ (FGLS) โดยใช้ข้อมูลแบบพานาล จำนวน 19 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำแนกตามพื้นที่เขตชลประทาน (พ.ศ. 2545–2563) ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ปลูกข้าว แนวโน้มของเวลา ปริมาณน้ำฝนสะสม และอุณหภูมิเฉลี่ยมีผลกระทบต่อผลผลิตข้าวนาปี ขณะเดียวกันเป็นตัวแปรลดความเสี่ยงจากความแปรปรวนต่อการผลิตข้าวนาปีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางกลับกันผลผลิตข้าวนาปีในเขตชลประทาน ปริมาณน้ำฝนสะสม และอุณหภูมิเฉลี่ย มีผลกระทบต่อผลผลิตข้าวนาปีในเขตชลประทาน และเป็นตัวแปรเพิ่มความเสียหายจากความแปรปรวนต่อการผลิตข้าวนาปีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาตัวแปรหุ่นเป็นตัวแทนของเหตุการณ์ปริมาณน้ำฝนสะสมที่เกินความต้องการมีผลกระทบต่อผลผลิตข้าว ขณะเดียวกันเป็นตัวแปรเพิ่มความเสียหายจากความแปรปรวนต่อการผลิตข้าวทั้งสามกรณีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าลักษณะพื้นที่ได้รับน้ำจากชลประทานที่มีอิทธิพลแตกต่างกัน

คำสำคัญ: การผลิตข้าวนาปี การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผลกระทบและความเสี่ยง วิธีกำลังสองน้อยที่สุดทั่วไปแบบเป็นไปไม่ได้ การวิเคราะห์เศรษฐมิติด้วยข้อมูลพานาล

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นความท้าทายสำคัญที่มนุษยชาติกำลังเผชิญ โดยส่งผลกระทบต่อระบบเกษตรกรรมทั่วโลก จากข้อมูลของ NOAA: National Centers for Environmental Information (2023) พบว่าตั้งแต่ทศวรรษ 1980 อุณหภูมิพื้นผิวโลกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี ค.ศ. 2021 ความผิดปกติของอุณหภูมิพื้นผิวบนบกและมหาสมุทรสูงถึง 0.84 องศาเซลเซียส ซึ่งส่งผลให้เกษตรกรต้องเผชิญความเสี่ยงด้านการผลิตที่เพิ่มขึ้น

ภาคเกษตรกรรมมีความเสี่ยงหลายรูปแบบ ทั้งด้านการผลิต การตลาด การเงิน สถาบัน และความเสี่ยงส่วนบุคคล (Komarek *et al.*, 2020) โดยเฉพาะความไม่แน่นอนจากปัจจัยภายนอกที่ควบคุมไม่ได้ เช่น ภูมิอากาศ แผลงศัตรูพืช และโรคพืช (Baethgen *et al.*, 2010) การเกษตรในประเทศไทยส่วนใหญ่พึ่งพาทรัพยากรธรรมชาติและสภาพอากาศเป็นหลัก ทำให้มีความเสี่ยงสูงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Sinnarong *et al.*, 2022)

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่ราบสูงขนาดใหญ่และเป็นแหล่งผลิตข้าวที่สำคัญของประเทศไทย แม้จะมีการพัฒนาระบบชลประทานในพื้นที่บางส่วน แต่ภูมิภาคนี้ยังคงประสบปัญหาภัยแล้งและอุทกภัยอย่างต่อเนื่อง ส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าวนาปี ลักษณะทางกายภาพของภูมิภาค ทั้งดินที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำและรูปแบบการกระจายตัวของฝนที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดคำถามว่าระบบชลประทานสามารถลดความเสี่ยงจากความผันผวนของสภาพภูมิอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด การศึกษานี้จึงมุ่งเปรียบเทียบผลกระทบของ

3. การทดสอบแบบ Autocorrelation คือ การทดสอบหาค่าอัตโนมัติสัมพันธ์ภายในระหว่างผลผลิตและปัจจัยนำเข้าในช่วงเวลา t ใด ๆ ด้วยวิธี Wooldridge (2002) โดยมีสมมติฐานหลัก H_0 : ไม่มีอัตโนมัติสัมพันธ์ภายในอันดับที่หนึ่ง แต่ถ้าปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_1 : มีอัตโนมัติสัมพันธ์ภายในอันดับที่หนึ่ง

4. การทดสอบปัญหาค่าคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนไม่คงที่ (Heteroscedasticity Test) การใช้ข้อมูลภาคตัดขวางมักจะมีโอกาสที่ค่าความคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนไม่คงที่สูงกว่ากรณีที่ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา ซึ่งผิดข้อสมมติพื้นฐานของวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด ด้วยวิธี Modified Wald Test for Groupwise Heteroskedasticity (Greene, 2000) หากผลการทดสอบพบว่า ค่าสถิติ Chi-square ที่คำนวณได้มีค่าสูงกว่าค่าวิกฤต (prob. < วิกฤต (prob. < (α) จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่า สมการถดถอยมีปัญหาค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนไม่คงที่ (heteroscedasticity)

5. วิธีการประมาณค่าด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบทั่วไปที่เป็นไปได้ (Feasible Generalized Least Squares: FGLS) เพื่อแก้ไขปัญหาค่าความแปรปรวนของ

ค่าความคลาดเคลื่อนไม่คงที่ ตามวิธีการศึกษาของ Sinnarong *et al.* (2022)

การกำหนดแบบจำลอง

จากแนวคิดฟังก์ชันการผลิตของ Just and Pope (1978); Just and Pope (1979) กำหนดรูปแบบฟังก์ชันการผลิตแบบ Stochastic Production Function (SPF) หรือ $y = f(x, v)$ เมื่อ x เป็นเวกเตอร์ของปัจจัยการผลิตทั่วไป เช่น ที่ดิน ทุน แรงงาน และ v เป็นเวกเตอร์ของปัจจัยการผลิตที่ไม่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ สภาพอากาศในพื้นที่เพาะปลูก ทั้งนี้เพื่อนำปัจจัยเชิงสุ่มที่จะส่งผลกระทบต่อความไม่แน่นอนในการผลิต เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความเข้มของแสง (Battese *et al.*, 1997; Jatuporn and Takeuchi, 2022; Yu *et al.*, 2022) เพื่อให้ได้ผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อผลผลิตข้าวโดยกำหนดให้อิทธิพลของตัวแปรอื่นที่ไม่ได้นำเข้ามาวิเคราะห์เป็นค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงได้จัดรูปแบบของสมการให้อยู่ในรูปแบบ Double-Log โดยให้อยู่ในรูปของลอการิทึมธรรมชาติ (ln) เพื่อแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงไปของร้อยละความยืดหยุ่น

สมการผลผลิตเฉลี่ย (mean production function)

$$\ln Production_{it} = \alpha_0 + \beta_{it} \ln Area_{harvest_{it}} + \beta_{it} \ln Time_{it} + \beta_a \ln Precipitation_a + \beta_b \ln Variance_Precipitation_b + \beta_c Rain_Over_c + \beta_d \ln Temp_d + \beta_e \ln Variance_Temp_e + u_{it} + v_{it} \tag{1}$$

โดยที่

lnProduction	คือ ผลผลิตข้าวรายจังหวัด i ณ ปีที่ t (ตัน)
lnArea_harvest	คือ พื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวรายจังหวัด i ณ ปีที่ t (ไร่)
lnTime	คือ แนวโน้มของเวลา ซึ่งตัวแทนของเทคโนโลยีที่เปลี่ยนไปตามช่วงเวลา
lnPrecipitation	คือ ปริมาณน้ำฝนสะสมรายปี (มิลลิเมตร)
lnVariance_Precipitation	คือ ความแปรปรวนปริมาณน้ำฝนสะสมรายปี (มิลลิเมตร) ²
Rain_Over	คือ ตัวแปรหุ่นเป็นตัวแทนของเหตุการณ์ปริมาณน้ำฝนสะสมที่เกินความต้องการ (มากกว่า 1,290 มิลลิเมตร เท่ากับ 1 หรือน้อยกว่า 1,290 มิลลิเมตร เท่ากับ 0)

lnTemp	คือ อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี (องศาเซลเซียส)
lnVariance_Temp	คือ ความแปรปรวนอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี (องศาเซลเซียส) ²
u _{it}	คือ ผลกระทบเฉพาะช่วงเวลา (time-specific fixed effects) ซึ่งจับผลกระทบที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา t ที่มีผลต่อทุกหน่วยพื้นที่ i
v _{it}	คือ ค่าความคลาดเคลื่อน (error term) ซึ่งเป็นส่วนที่เหลือในแบบจำลองที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรอิสระที่กำหนด
i และ t	คือ พื้นที่แต่ละจังหวัดที่ i และ ณ เวลา t

วิเคราะห์ในโมเมนต์ที่สูงขึ้นสำหรับการวิเคราะห์ฟังก์ชันความแปรปรวนของผลผลิตฟังก์ชันความเบ้ ฟังก์ชันความโด่งของผลผลิต สามารถประยุกต์แนวคิดแบบจำลองเชิงโมเมนต์ของฟังก์ชันการผลิตตามแบบของ Antle (1983); Antle and Havenner (1983) ได้ตั้งสมการความแปรปรวนของผลผลิต โดยที่ u^2 คือ ความแปรปรวนของผลผลิตเฉลี่ย

$$u^2 = \alpha_0 + \beta_{it} \ln Area_{havest}_{it} + \beta_{it} \ln Time_{it} + \beta_a \ln Precipitation_a + \beta_b \ln Variance_Precipitation_b + \beta_c Rain_Over_c + \beta_d \ln Temp_d + \beta_e \ln Variance_Temp_e + \mu_{it} + v_{it} \quad (2)$$

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ถูกแบ่งเป็น 3 กรณี ได้แก่ (1) พื้นที่นอกเขตชลประทาน (2) พื้นที่ในเขตชลประทาน และ (3) พื้นที่โดยรวม เนื่องจากการเข้าถึงระบบชลประทานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังมีน้อย การศึกษาแยกกรณีจะช่วยประเมินบทบาทของระบบชลประทานในการลดความเสี่ยงจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ และเปรียบเทียบผลกระทบระหว่างพื้นที่ที่สามารถควบคุมปริมาณน้ำได้กับพื้นที่ที่ต้องพึ่งพาน้ำฝนซึ่งมีความแปรปรวนสูง จาก Table 1 ผลการวิเคราะห์สถิติพรรณนา สำหรับตัวแปรตามผลผลิตข้าวในฤดูของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยที่สูงขึ้นมีความสัมพันธ์กับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงขึ้นสำหรับทั้งนอกและในเขตชลประทาน สำหรับตัวแปรพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว จะเห็นได้ว่าพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวในเขตชลประทานมีขนาดที่น้อยกว่าพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวนอกเขตชลประทานมาก คิดเป็นร้อยละ 3.92 ของพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวในฤดูทั้งหมด แสดงให้เห็นถึงการ

เข้าถึงแหล่งน้ำชลประทานของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือค่อนข้างน้อย เป็นผลให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวส่วนใหญ่ต้องพึ่งพาน้ำฝนเป็นหลัก ซึ่งไม่สามารถควบคุมปริมาณน้ำได้ เมื่อดูความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนสะสมในช่วงการผลิต พบว่าค่าเฉลี่ยที่สูงขึ้นมีความสัมพันธ์กับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงขึ้น กล่าวได้ว่าปริมาณน้ำฝนสะสมมีความแปรปรวนสูง และเมื่อดูค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนสะสมในช่วงการผลิตเท่ากับ 1,322.47 มิลลิเมตร ซึ่งเกินกว่าความต้องการปริมาณน้ำฝนของข้าวที่ 1,290 มิลลิเมตร (Phitsanulok Rice Research Center, 2017)

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสร้างตัวแปรหุ่นเพื่อเป็นตัวแทนของปริมาณน้ำฝนสะสมที่เกินความต้องการที่อาจจะสร้างความเสียหายให้กับผลผลิตข้าวได้ จากสถิติแสดงให้เห็นว่าสัดส่วนค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนสะสมที่เกินความต้องการคิดเป็นร้อยละ 50.1 ของพื้นที่ศึกษาสำหรับตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงการผลิตที่เป็นตัวแทนและได้รวมอิทธิพลของอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุดไว้แล้วนั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.69 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงที่

เหมาะสมสำหรับปลูกข้าว 25–35 องศาเซลเซียส ดังที่มีการศึกษาในจีนตอนใต้ (Song *et al.*, 2022) และเอเชียเขตร้อนชื้น (Welch *et al.*, 2010) อีกทั้งไม่มีข้อมูลบันทึกที่เกิน 35 องศาเซลเซียสขึ้นไปที่สามารถสร้างความ

เสียหายต่อเกษตรกรตัวผู้ (Farrell *et al.*, 2006) เมื่อดูความแปรปรวนของอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงการผลิต พบว่ามีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างน้อย

Table 1 Descriptive statistics of the data used in the estimations

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Wet season rice production (tonnes)	361	604,550.69	332,802.16	111,349	1,432,101
Wet season rice area harvested (rai)	361	1,719,257.60	925,554.46	313,356	4,163,693
Out-irrigated production (tonnes)	361	537,001.18	299,597.16	99,031	1,323,437
Out-irrigated area harvested (rai)	361	1,544,448.10	838,660.74	279,675	3,807,093
In-irrigated production (tonnes)	361	67,549.51	50,736.325	5,534	263,502
In-irrigated area harvested (rai)	361	174,809.50	130,788.80	7,388	614,351
Cumulative precipitation (mm)	361	1,322.477	266.482	846.906	2,540.216
Variance of the precipitation (mm ²)	361	1,416.386	2,271.729	0.054	24,774.875
Rain over requirement (>1,290 mm.) (Dummy)	361	0.501	0.501	0.000	1.000
Average temperature (°C)	361	26.699	0.614	24.56	28.036
Variance of the average temperature (°C ²)	361	0.006	0.006	0.000	0.032

จาก Table 2 ผลการทดสอบทดสอบความนิ่งของข้อมูลแบบพานเนล (Panel Unit Root Test) ณ ระดับ Level หรือ I(0) ด้วยวิธี Im-Pesaran-Shin พบว่า ตัวแปรทุกตัวปฏิเสธสมมุติฐานหลัก (all panels contain unit

roots) สรุปได้ว่า ตัวแปรที่ใช้ศึกษามีลักษณะนิ่ง (stationary) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ดังนั้นไม่จำเป็นต้องดำเนินขั้นตอนการแก้ไขรูปแบบข้อมูลและสามารถนำไปวิเคราะห์ข้อมูลแบบพานเนลต่อไป

Table 2 Panel unit root test results

Variables	Im-Pesaran-Shin		
	W-t-bar	p-value	
Linear			
Dependent	Wet season rice production (tonnes)	-4.5052	0.0000***
	Wet season rice area harvested (rai)	-4.6960	0.0000***
	Non-Irrigated area production (tonnes)	-3.5882	0.0002***
	Non-Irrigated area harvested (rai)	-4.3470	0.0000***
	Irrigated production (tonnes)	-2.8921	0.0019***
	Irrigated area harvested (rai)	-2.9858	0.0014***

Table 2 (Continued)

Variables		Im-Pesaran-Shin	
		W-t-bar	p-value
Independent	Cumulative precipitation (mm)	-9.2561	0.0000***
	Variance of the precipitation (mm ²)	-19.0358	0.0000***
	Average temperature (°C)	-8.8796	0.0000***
	Variance of the average temperature (°C ²)	-12.9698	0.0000***
Natural logarithm			
Dependent	Wet season rice production (tonnes)	-4.4513	0.0000***
	Wet season rice area harvested (rai)	-4.7025	0.0000***
	Non-irrigated area production (tonnes)	-3.5108	0.0002***
	Non-irrigated area harvested (rai)	-4.3607	0.0000***
	Irrigated production (tonnes)	-2.9873	0.0014***
	Irrigated area harvested (rai)	-3.4996	0.0002***
Independent	Cumulative precipitation (mm)	-8.6029	0.0000***
	Variance of the precipitation (mm ²)	-14.7481	0.0000***
	Average temperature (°C)	-8.9666	0.0000***
	Variance of the average temperature (°C ²)	-12.3373	0.0000***

Source: from analysis result

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

จาก Table 3 ผลการทดสอบลักษณะการกำหนดแบบจำลอง เมื่อทดสอบรูปแบบสมการ ด้วยวิธี Hausman's พบว่าแบบจำลองผลผลิตข้าวนาปีรวมและแบบจำลองผลผลิตข้าวนาปีนอกเขตชลประทาน ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักอย่างไม่มีระดับนัยสำคัญ จึงมีความเหมาะสมต่อการใช้ Random Effect Model เนื่องจากผลการทดสอบ Hausman ไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเฉพาะหน่วย (Individual-specific Effects) กับตัวแปรอิสระ ทำให้ตัวประมาณค่า Random Effects มีประสิทธิภาพสูงกว่าและให้ข้อมูลเชิงประชากรที่สมบูรณ์กว่า ในขณะที่แบบจำลองผลผลิตข้าวนาปีในเขตชลประทาน ปฏิเสธ

สมมติฐานหลักอย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.01 จึงมีความเหมาะสมการใช้ Fixed Effect Model เนื่องจากผลการทดสอบ Hausman ปฏิเสธสมมติฐานหลัก บ่งชี้ว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเฉพาะหน่วยกับตัวแปรอิสระ จึงจำเป็นต้องควบคุมความแตกต่างระหว่างหน่วยที่ไม่ได้สังเกต (unobserved heterogeneity) ที่คงที่ตามเวลา แต่เมื่อได้ทดสอบแบบจำลองหลังการประมาณค่าเพื่อตรวจการละเมิดข้อสมมติฐานของแบบจำลองสมการถดถอย จากการทดสอบ serial correlation ด้วยวิธี Wooldridge พบว่าแบบจำลองผลผลิตข้าวนาปีรวมแบบจำลองผลผลิตข้าวนาปีนอกเขตชลประทานและแบบจำลองผลผลิตข้าวในเขตชลประทาน ปฏิเสธ

สมมุติฐานหลักอย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.1 สรุปได้ว่าแบบจำลองทั้งสามมีอิทธิพลสัมพันธ์ภายในอันดับที่หนึ่งและสุดท้ายจากการทดสอบปัญหา Heteroscedasticity ด้วยวิธี Wald Test for Groupwise Heteroskedasticity พบว่าแบบจำลองทั้งสาม ปฏิเสธสมมุติฐานหลักอย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.05 สรุปได้ว่าแบบจำลองดังกล่าวมีค่าคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนไม่คงที่ กล่าวโดยสรุปแล้วแบบจำลองผลผลิตข้าวนาปีรวมและแบบจำลองผลผลิตข้าวนาปีนอกเขตชลประทาน มีความเหมาะสมต่อการใช้ Random Effect Model ในขณะที่แบบจำลอง

ผลผลิตข้าวนาปีในเขตชลประทาน มีความเหมาะสมการใช้ Fixed Effect Model ดังแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลพาแนลใน Table 3 แต่อย่างไรก็ตาม แบบจำลองดังกล่าวมีปัญหาอิทธิพลสัมพันธ์ภายในอันดับที่หนึ่งและมีค่าคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนไม่คงที่ ด้วยเหตุนี้จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้วิธีการประมาณค่าด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบทั่วไปที่เป็นไปได้ (FGLS) เพื่อแก้ไขปัญหาค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนไม่คงที่ร่วมกับปรับปัญหามีอิทธิพลสัมพันธ์ภายในอันดับที่หนึ่ง

Table 3 Model specification of all wet season rice, non-irrigated area and irrigated area

Type of test	Hypothesis	Wet season rice	Non-irrigated area	Irrigated area
Hausman Test: Choice between fixed and random effects	H ₀ : Difference in coefficients not systematic	X ² (6) = 10.06	X ² (6) p1 m = 8.15	X ² (6) = 39.09***
Wooldridge Test for serial correlation	H ₀ : no first-order autocorrelation	F(1, 18) = 25.199***	F(1, 18) = 27.854***	F(1, 18) = 4.353*
Modified Wald Test for group wise heteroskedasticity	H ₀ : sigma(i) ² = sigma ² for all i	X ² (19) = 144.50***	X ² (19) = 228.31***	X ² (19) = 297.56***

Source: from analysis result

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

จาก Table 4 ผลแบบจำลองฟังก์ชันผลผลิตเฉลี่ยโดยใช้การประมาณค่าด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบทั่วไปที่เป็นไปได้ (FGLS) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้รูปแบบจำลอง Cobb-Douglas เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยการผลิตข้าว โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ (β) แสดงถึงความยืดหยุ่นของปัจจัยการผลิตข้าวนาปีที่มีต่อเปลี่ยนแปลงไปร้อยละปริมาณผลผลิตข้าวพบว่า **ตัวแปรพื้นที่ปลูกข้าว** มีผลกระทบเชิงบวกต่อร้อยละปริมาณผลผลิตข้าวนาปีรวม ข้าวนาปีทั้งนอกและในเขต

ชลประทานอย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.01 กล่าวคือ เมื่อพื้นที่ปลูกข้าวเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ส่งผลให้ผลผลิตเฉลี่ยข้าวนาปีรวมเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.9898 ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.01 เช่นเดียวกับกับผลผลิตเฉลี่ยข้าวนาปีทั้งนอกและในเขตชลประทานเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.9879 และ 0.9627 ตามลำดับ เมื่อพิจารณา**ตัวแปรแนวโน้มของเวลา (trend time)** อันเป็นตัวแทนของเทคโนโลยีการผลิตที่เปลี่ยนไปตามกาลเวลา มีผลกระทบเชิงบวกต่อร้อยละปริมาณผลผลิตข้าวนาปีรวม ($\beta = 0.0311$) และนอกเขต

ชลประทาน ($\beta = 0.0331$) อย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.01 ในขณะที่มีผลกระทบเชิงบวกต่อร้อยละปริมาณผลผลิตข้าวนาปีในเขตชลประทาน ($\beta = 0.0074$) อย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.10 เมื่อพิจารณา**ตัวแปรปริมาณน้ำฝนสะสม** มีผลกระทบเชิงบวกต่อร้อยละปริมาณผลผลิตข้าวนาปีรวม ($\beta = 0.0439$) และนอกเขตชลประทาน ($\beta = 0.0573$) อย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.01 ในขณะที่มีผลกระทบเชิงลบต่อร้อยละปริมาณผลผลิตข้าวนาปีในเขตชลประทาน ($\beta = -0.1012$) อย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.01 **ตัวแปรความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนสะสม** มีผลกระทบเชิงบวกต่อร้อยละปริมาณผลผลิตข้าวนาปีทั้งสามกรณี โดยส่งผลให้ผลผลิตข้าวนาปีรวม ข้าวนาปีนอกเขตชลประทาน และข้าวนาปีในเขตชลประทานเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.0017, 0.0018 และ 0.0051 ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ผลการศึกษานี้ขัดแย้งกับแนวคิดทั่วไปที่ว่าความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนควรส่งผลเชิงลบต่อผลผลิต ปรากฏการณ์นี้อาจเกิดจากการที่ความแปรปรวนสูงสัมพันธ์กับช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนมาก ซึ่งในพื้นที่ที่มีแนวโน้มแห้งแล้งอาจเป็นประโยชน์ต่อการเติบโตของข้าว ทั้งนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยืนยันความสัมพันธ์ดังกล่าว

เมื่อพิจารณา**ตัวแปรหุนเป็นตัวแทนของเหตุการณ์ปริมาณน้ำฝนสะสมที่เกินความต้องการ** แสดงถึงปริมาณน้ำฝนสะสมที่เกินความต้องการถูกกำหนดให้มีค่า 1 เมื่อพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนสะสมเกิน 1,290 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นปริมาณน้ำสูงสุดที่ข้าวต้องการตลอดช่วงการเจริญเติบโต (Phitsanulok Rice Research Center, 2017) และมีค่า 0 เมื่อปริมาณน้ำฝนไม่เกินค่าดังกล่าว ตัวแปรนี้ช่วยระบุสถานการณ์ที่มีน้ำมากเกินไป ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดน้ำท่วมขังในนาข้าวและส่งผลเสียต่อผลผลิต มีผลกระทบเชิงลบต่อร้อยละปริมาณผลผลิตข้าวนาปีรวม และนอกเขตชลประทานอย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.01 กล่าวคือ เมื่อเกิดเหตุการณ์ปริมาณน้ำฝนสะสมที่เกิน

ความต้องการขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตเฉลี่ยข้าวนาปีลดลงร้อยละ 0.0021 และผลผลิตเฉลี่ยข้าวนาปีนอกเขตชลประทานลดลงร้อยละ 0.0029 ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.01

ถัดมาเมื่อพิจารณา**ตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ย** มีผลกระทบเชิงลบต่อร้อยละปริมาณผลผลิตข้าวนาปีรวม ($\beta = -0.3111$) และนอกเขตชลประทาน ($\beta = -0.2649$) อย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.01 ในขณะที่มีผลกระทบเชิงบวกต่อร้อยละปริมาณผลผลิตข้าวนาปีในเขตชลประทาน ($\beta = 0.3667$) อย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.01 กล่าวโดยสรุปแล้ว พื้นที่ปลูกข้าวและแนวโน้มของเวลามีผลเชิงบวกต่อผลผลิตข้าวทั้งสามกรณี

ต่อมาเมื่อพิจารณา**ตัวแปรกลุ่มน้ำฝน**จะเห็นว่า ปริมาณน้ำฝนสะสมมีผลเชิงบวกต่อผลผลิตข้าวนาปีรวมและนอกเขตชลประทาน ในขณะที่มีผลเชิงลบต่อผลผลิตข้าวในเขตชลประทาน ในกรณีความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนสะสมมีผลเชิงบวกต่อผลผลิตข้าวทั้งสามกรณี ผลการศึกษาที่พบว่าความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนมีผลเชิงบวกต่อผลผลิต ขัดแย้งกับแนวคิดทางทฤษฎี อาจเป็นผลจากข้อจำกัดของการวัดความแปรปรวน หรืออาจมีตัวแปรแทรกซ้อนที่ไม่ได้ควบคุมในแบบจำลอง จึงควรตีความด้วยความระมัดระวังและศึกษาเพิ่มเติม เมื่อพิจารณาเหตุการณ์ปริมาณน้ำฝนสะสมที่เกินความต้องการล้วนมีผลเชิงลบต่อผลผลิตข้าวทั้งสามกรณี

ถัดไปเมื่อพิจารณา**ตัวแปรกลุ่มอุณหภูมิ**จะเห็นว่า อุณหภูมิเฉลี่ยและความแปรปรวนของอุณหภูมิเฉลี่ยมีผลเชิงลบต่อผลผลิตข้าวนาปีรวมและนอกเขตชลประทาน ในขณะที่มีผลเชิงบวกต่อผลผลิตข้าวในเขตชลประทาน อย่างไรก็ตาม เมื่อทราบถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลผลิตเฉลี่ยข้าวนาปีทั้งสามกรณีจากฟังก์ชันผลผลิตเฉลี่ยแล้วยังต้องคำนึงถึงความเสี่ยงจากความแปรปรวนของผลผลิตข้าวนาปีรวม ดังแสดงใน Table 5

Table 4 Mean function with cross-sectional time-series FGLS regression

Variables	Wet season rice	Non-irrigated area	Irrigated area
Wet season rice area harvested (rai)	0.98983*** (0.00191)		
Non-irrigated area harvested (rai)		0.98799*** (0.00263)	
Irrigated area harvested (rai)			0.96271*** (0.00258)
Trend time (technology change)	0.03115*** (0.00046)	0.03316*** (0.00158)	0.00744* (0.00409)
Cumulative precipitation (mm)	0.04399*** (0.00259)	0.05736*** (0.00460)	-0.10128*** (0.00910)
Variance of the precipitation (mm ²)	0.00173*** (0.00007)	0.00188*** (0.00015)	0.00511*** (0.00049)
Rain over requirement (>1,290 mm = 1, over water)	-0.00214*** (0.00064)	-0.00299*** (0.00093)	-0.00333 (0.00290)
Average temperature (°C)	-0.31118*** (0.01742)	-0.26498*** (0.04940)	0.36673*** (0.05658)
Variance of the average temperature (°C ²)	-0.00041*** (0.00008)	-0.00085*** (0.00022)	0.00314*** (0.00053)
Constant	-0.27304*** (0.06589)	-0.51588*** (0.16123)	-1.01127*** (0.15317)
Observations	361	361	361
Number of province and period	19	19	19
Model significance wald χ^2 (7)	402,719.35***	176,444.67***	387,852.66***

Source: from analysis result

Numbers in parentheses are standard errors.

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

จาก Table 5 มีผลการวิเคราะห์แบบจำลอง ความเสี่ยงจากความแปรปรวนของผลผลิตข้าวนาปี โดยใช้รูปแบบสมการแบบ Cobb-Douglas ด้วยวิธีกำลังสอง น้อยที่สุดแบบพหุคูณ (PLS) โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ (β) แสดงถึงตัวแปรอธิบายเป็นตัวแปรที่ส่งผลในการเพิ่มความแปรปรวนของผลผลิตข้าวนาปี หรือตัวแปรเพิ่มความ เสี่ยง (risk-increased variables) พบว่า **ตัวแปรพื้นที่ปลูกข้าว**เป็นตัวแปรลดความเสี่ยงของร้อยละปริมาณผลผลิตข้าวนาปีทั้งนอก (ไม่มีระดับนัยสำคัญ) และใน เขตชลประทานอย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.01 กล่าวคือ เมื่อพื้นที่ปลูกข้าวเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ส่งผลให้ความเสี่ยง จากความแปรปรวนของผลผลิตเฉลี่ยข้าวนาปีในเขต ชลประทานลดลงร้อยละ 0.0138 ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.01 อาจกล่าวได้ว่า การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกข้าวช่วยลด ความเสี่ยงจากความแปรปรวนของผลผลิตนั้น อาจอธิบาย ได้ด้วยหลักการกระจายความเสี่ยงเชิงพื้นที่ (spatial risk diversification) กล่าวคือ เมื่อพื้นที่เพาะปลูกมีขนาดใหญ่ ขึ้น ผลกระทบจากภัยพิบัติเฉพาะที่ (localized disasters) จะส่งผลต่อสัดส่วนของผลผลิตรวมน้อยลง นอกจากนี้ การเพาะปลูกในพื้นที่ขนาดใหญ่ยังเอื้อต่อการ ประหยัดต่อขนาด (economies of scale) ทำให้ เกษตรกรสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีการผลิตและการ จัดการที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น เครื่องจักรกล การเกษตร ระบบชลประทาน และวิธีการจัดการศัตรูพืช แบบบูรณาการ

เมื่อพิจารณา**ตัวแปรแนวโน้มของเวลา (trend time)** เป็นตัวแปรลดความเสี่ยงของร้อยละปริมาณผลผลิตข้าวนาปี ($\beta = -0.0042$) นอกเขตชลประทาน ($\beta = -0.0041$) และในเขตชลประทาน ($\beta = -0.0126$) อย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.01 อาจกล่าวได้ว่า ตัวแปรแนวโน้มของเวลาที่ช่วยลดความเสี่ยง สะท้อนถึงการพัฒนาอย่างต่อเนื่องของเทคโนโลยีการเกษตร การปรับปรุงพันธุ์ข้าว

ให้ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวน และการพัฒนา ระบบเตือนภัยทางการเกษตรที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้เกษตรกรสามารถวางแผนและรับมือกับความ เสี่ยงได้ดีขึ้นตามกาลเวลา

ถัดมาเมื่อพิจารณา**ตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ย** เป็น ตัวแปรลดความเสี่ยงของร้อยละปริมาณผลผลิตข้าวนาปี ($\beta = -0.0810$) และนอกเขตชลประทาน ($\beta = -0.0937$) อย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ในขณะที่ตรงกันข้ามเป็น ตัวแปรเพิ่มความเสียหายของร้อยละปริมาณผลผลิตข้าวนาปี ในเขตชลประทาน ($\beta = 0.2333$) อย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.10 จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าความขัดแย้งระหว่าง ผลกระทบของอุณหภูมิในพื้นที่นอกเขตและในเขต ชลประทาน สะท้อนให้เห็นว่าระบบชลประทานช่วย บรรเทาผลกระทบเชิงลบของตัวแปรสภาพอากาศบาง ประการ แต่อาจไม่สามารถจัดการกับความเสี่ยงทั้งหมด ได้ โดยเฉพาะในภาวะที่อุณหภูมิสูงร่วมกับความชื้นสูง ในพื้นที่ชลประทาน ซึ่งอาจเอื้อต่อการระบาดของโรคและ แมลงศัตรูพืช

กล่าวโดยสรุปแล้ว พื้นที่ปลูกข้าว แนวโน้มของ เวลา และปริมาณน้ำฝนสะสม เป็นตัวแปรลดความเสี่ยง ของร้อยละปริมาณผลผลิตข้าวนาปีทั้งสามกรณี ในทาง เดียวกัน ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนสะสม เหตุการณ์ปริมาณน้ำฝนสะสมที่เกินความต้องการ และความแปรปรวนของอุณหภูมิเฉลี่ย เป็นตัวแปรเพิ่มความ เสี่ยงของร้อยละปริมาณผลผลิตข้าวนาปีทั้งสามกรณี หาก เมื่อพิจารณาความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยเป็นตัวแปร ลดความเสี่ยงของร้อยละปริมาณผลผลิตข้าวนาปีและนอก เขตชลประทาน ในทางตรงกันข้ามก็เป็นตัวแปรเพิ่มความ เสี่ยงของร้อยละปริมาณผลผลิตข้าวนาปีในเขต ชลประทาน จากผลการศึกษาข้างต้น สามารถนำมา เปรียบเทียบกับผลการศึกษางานก่อนหน้าที่เกี่ยวข้อง

Table 5 Risk of Wet Season Rice Production from Variance Function

Variables	All rice in season	Non-irrigated area	Irrigated area
Wet season rice area harvested (rai)	-0.00139 (0.00123)		
Out-irrigated area harvested (rai)		-0.00098 (0.00132)	
In-irrigated area harvested (rai)			-0.01385*** (0.00340)
Trend time (technology change)	-0.00427*** (0.00093)	-0.00412*** (0.00100)	-0.01268*** (0.00374)
Cumulative precipitation (mm)	-0.00748 (0.00598)	-0.00684 (0.00643)	-0.01567 (0.02391)
Variance of the precipitation (mm ²)	0.00016 (0.00033)	0.00019 (0.00035)	0.00034 (0.00131)
Rain over requirement (>1,290 mm = 1, over water)	0.00300 (0.00227)	0.00302 (0.00245)	0.00983 (0.00911)
Average temperature (°C)	-0.08103** (0.03582)	-0.09373** (0.03838)	0.23338* (0.13777)
Variance of the average temperature (°C ²)	0.00074** (0.00034)	0.00073** (0.00037)	0.00006 (0.00137)
Constant	0.35645*** (0.12218)	0.38744*** (0.13118)	-0.45670 (0.48773)
Observations	361	361	361
R-squared	0.1220	0.1084	0.0838
Adjusted R-squared	0.1050	0.0908	0.0656
Root MSE	0.0132	0.0142	0.0529
Model significance F-test	7.008***	6.136***	4.613***

Source: from analysis result.

Numbers in parentheses are standard errors.

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

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาของแบบจำลองฟังก์ชันผลผลิตเฉลี่ยข้างต้น สรุปได้ว่าตัวแปรพื้นที่ปลูกข้าวซึ่งเป็นตัวแทนจากทฤษฎีการผลิตของทั้งสามกรณี ข้าวนาปี ข้าวนาปีนอกเขตชลประทาน และข้าวนาปีในเขตชลประทาน ล้วนแล้วแต่มีผลกระทบเชิงบวกต่อผลผลิตข้าวและขณะเดียวกันเป็นตัวแปรลดความเสี่ยงจากความแปรปรวนต่อการผลิตข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sinnarong *et al.* (2019) ที่ศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่อการผลิตข้าวภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ช่วงปี ค.ศ. 1989-2009 และ Sinnarong *et al.* (2022) ได้ศึกษาเพิ่มเติมในช่วงปี 1989-2017 เช่นเดียวกับ Pakeechai *et al.* (2020) ที่ศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่อการผลิตข้าวภาคกลาง ช่วงปี พ.ศ. 2530-2560 และ Puphoun *et al.* (2019) ที่ศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่อการผลิตข้าวภาคเหนือ ช่วงปี พ.ศ. 2530-2560 โดยให้ผลการศึกษาดังกล่าว พื้นที่ปลูกข้าวมีผลกระทบเชิงบวกต่อผลผลิตข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีอุปทานสินค้าเกษตรและทฤษฎีการผลิต

ตัวแปรแนวโน้มของเวลา มีผลกระทบเชิงบวกต่อผลผลิตข้าวทั้งสามกรณี และขณะเดียวกันเป็นตัวแปรลดความเสี่ยงจากความแปรปรวนต่อการผลิตข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Puphoun *et al.* (2019); Pakeechai *et al.* (2020) และ Sinnarong *et al.* (2022) พบว่า ตัวแปรแนวโน้มเวลาหรือการพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตรข้าวเป็นตัวแปรลดผลกระทบและความเสี่ยงที่ผลผลิตจะลดลง (Downside Risk) จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เพิ่มขึ้นในอนาคต แสดงให้เห็นว่า เทคโนโลยีการผลิตมีผลต่อระดับผลผลิตข้าวเฉลี่ยในทิศทางเดียวกัน และมีส่วนสำคัญในการผลิตทางการเกษตร ซึ่งเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต ซึ่งเป็นตามทฤษฎีการผลิตเมื่อคำนึงถึงเทคโนโลยีตามกฎของอุปทาน หากเมื่อพิจารณา

ตัวแปรกลุ่มการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ อันได้แก่ ปริมาณน้ำฝนสะสม ความแปรปรวนของ ปริมาณน้ำฝนสะสม อุณหภูมิเฉลี่ย ความแปรปรวนของอุณหภูมิเฉลี่ย และตัวแปรหุนเป็นตัวแทนของเหตุการณ์ปริมาณน้ำฝนสะสมที่เกินความต้องการมากกว่า 1,290 มิลลิเมตร (Phitsanulok Rice Research Center, 2017) ตัวแปรปริมาณน้ำฝนสะสม มีผลกระทบเชิงบวกต่อผลผลิตข้าวนาปีและพื้นที่นอกเขตชลประทาน ตรงกันข้าม มีผลกระทบเชิงลบต่อผลผลิตข้าวนาปีในเขตชลประทาน แต่ขณะเดียวกันเป็นตัวแปรลดความเสี่ยงจากความแปรปรวนต่อการผลิตข้าวทั้งสามกรณีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sinnarong *et al.* (2019); Puphoun *et al.* (2019); Pakeechai *et al.* (2020) และ Sinnarong *et al.* (2022) ปริมาณน้ำฝนสะสมเป็นปัจจัยสำคัญต่อการผลิตข้าวเนื่องจากประเทศไทยยังต้องพึ่งพาน้ำฝนเป็นหลักและการเข้าถึงแหล่งน้ำชลประทานยังมีน้อย ในกรณีของในเขตชลประทานที่มีผลเชิงลบ แสดงถึงความไม่สมดุลของปริมาณน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่เมื่อถึงฤดูฝนมักจะมีมากจนน้ำท่วมและยามเมื่อฝนแล้งก็ขาดแคลนตามลำดับ

ตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ย มีผลกระทบเชิงลบต่อผลผลิตข้าวนาปีกับพื้นที่นอกเขตชลประทาน ขณะเดียวกันเป็นตัวแปรเพิ่มความเสี่ยงจากความแปรปรวนต่อการผลิตข้าวของสองกรณีข้างต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งตรงกันข้ามกับพื้นที่ในเขตชลประทานที่มีผลกระทบเชิงบวกต่อผลผลิตข้าวและเป็นตัวแปรลดความเสี่ยงจากความแปรปรวนต่อการผลิตข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษาในกรณีของข้าวนาปีกับพื้นที่นอกเขตชลประทาน สอดคล้องกับงานของ Sinnarong *et al.* (2019) และ Puphoun *et al.* (2019) เช่นเดียวกับในกรณีผลการศึกษาของ Pakeechai *et al.* (2020) ที่ใช้อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเป็นตัวแทนก็มีผลกระทบเชิงลบต่อผลผลิตข้าวนาปีและเป็นตัวแปรเพิ่มความเสี่ยงจากความแปรปรวนต่อการผลิตข้าวอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ อย่างไรก็ตาม ได้มีผลการศึกษาของ Sinnerong *et al.* (2022) ที่ได้รับบุลถึงทิศทางของผลกระทบเชิงบวกต่อผลผลิตข้าวนาปีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ช่วงปี พ.ศ. 2532–2560 แม้จะไม่ได้มีนัยสำคัญก็ตาม สุดท้ายตัวแปรหุ่นเป็นตัวแทนของเหตุการณ์ปริมาณน้ำฝนสะสมที่เกินความต้องการ มีผลกระทบเชิงลบต่อผลผลิตข้าว ขณะเดียวกันเป็นตัวแปรเพิ่มความเสียหายจากความแปรปรวนต่อการผลิตข้าวทั้งสามกรณีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ยังไม่มีการศึกษาใดใช้ตัวแปรหุ่นนี้ในการศึกษามาก่อน แต่ Pupphong *et al.* (2019) ได้ใช้ตัวแปรจำนวนวันที่ฝนตกและความแปรปรวนของจำนวนวันที่ฝนตก ในการอธิบายอิทธิพลของเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำฝนสะสม โดยระบุว่า จำนวนวันที่ฝนตกมีผลกระทบเชิงบวกต่อผลผลิตข้าวนาปีในภาคเหนือ และความแปรปรวนของจำนวนวันที่ฝนตกมีผลกระทบเชิงลบต่อผลผลิตข้าวในพื้นที่ข้างต้น กล่าวโดยสรุปแล้ว ปัจจัยที่มีผลกระทบและความเสี่ยงต่อผลผลิตข้าวนาปีนอกเขตชลประทาน มีทิศทางและขนาดของอิทธิพลที่คล้ายกับผลผลิตข้าวนาปีรวม ในขณะที่ผลผลิตข้าวนาปีในเขตชลประทานมีตัวแปรปริมาณน้ำฝนสะสมกับตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยที่มีผลกระทบและความเสี่ยงต่อผลผลิตข้าวนาปี มีทิศทางและขนาดของอิทธิพลที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน สามารถอนุมานได้ว่ามีอิทธิพลของลักษณะพื้นที่ได้รับน้ำจากชลประทานที่ต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบและความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวนาปีในพื้นที่เขตชลประทานและนอกเขตชลประทานของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยมุ่งตอบคำถามวิจัยว่าปัจจัยด้านภูมิอากาศมีอิทธิพลต่อการผลิตข้าวนาปีแตกต่างกันอย่างไรในพื้นที่ที่มีลักษณะการเข้าถึงน้ำชลประทานที่ต่างกัน

การวิเคราะห์ที่ใช้แบบจำลองฟังก์ชันการผลิตแบบ Stochastic Production Function (SPF) โดยประยุกต์วิธีการกำลังสองน้อยที่สุดทั่วไปแบบเป็นไปไม่ได้ (FGLS) กับข้อมูลพาแนลจาก 19 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างปี พ.ศ. 2545–2563 ผลการศึกษา พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของอิทธิพลปัจจัยด้านภูมิอากาศระหว่างพื้นที่ทั้งสองประเภท ดังนี้

พื้นที่ปลูกข้าวและแนวโน้มของเวลา (ตัวแทนของเทคโนโลยี) มีผลกระทบเชิงบวกต่อผลผลิตข้าวในทุกพื้นที่ ปริมาณน้ำฝนสะสมมีผลกระทบเชิงบวกในพื้นที่นอกเขตชลประทาน แต่มีผลกระทบเชิงลบในพื้นที่เขตชลประทาน ซึ่งอาจเนื่องมาจากปัญหาน้ำท่วมขังในพื้นที่ที่มีการจัดการน้ำอยู่แล้ว

ด้านความเสี่ยงในการผลิต พบว่าพื้นที่ปลูกข้าวขนาดใหญ่ช่วยลดความเสี่ยงจากความแปรปรวนของผลผลิต โดยเฉพาะในเขตชลประทาน เนื่องจากการกระจายความเสี่ยงเชิงพื้นที่ แนวโน้มของเวลาที่ช่วยลดความเสี่ยงสะท้อนถึงประสิทธิภาพของการพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตรและระบบเตือนภัยที่ดีขึ้น ขณะที่ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนและเหตุการณ์น้ำฝนเกินความต้องการเป็นปัจจัยเพิ่มความเสียหายอย่างมีนัยสำคัญในทุกพื้นที่

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า แม้ระบบชลประทานจะช่วยบรรเทาความเสี่ยงจากการขาดแคลนน้ำ แต่ไม่ได้ลดความเสี่ยงทั้งหมดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะในกรณีของเหตุการณ์น้ำท่วม การพัฒนาระบบชลประทานในอนาคตควรคำนึงถึงความสามารถในการระบายน้ำและการจัดการน้ำส่วนเกินด้วย นอกจากนี้ ยังแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตรและการขยายพื้นที่เพาะปลูกในเชิงกระจายความเสี่ยง ซึ่งสามารถนำไปสู่การกำหนดนโยบายสนับสนุนการเกษตรแปลงใหญ่และการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่

การศึกษานี้มีนัยสำคัญในเชิงนโยบาย โดยชี้ให้เห็นว่า แม้ระบบชลประทานจะช่วยบรรเทาความ

เสี่ยงจากการขาดแคลนน้ำ แต่ไม่ได้ลดความเสี่ยงทั้งหมดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะในกรณีของเหตุการณ์น้ำท่วมหรือฝนตกหนัก ดังนั้น การพัฒนาระบบชลประทานในอนาคตควรคำนึงถึงความสามารถในการระบายน้ำและการจัดการน้ำส่วนเกินด้วย นอกจากนี้ ผลการศึกษาายังแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตรและการขยายพื้นที่เพาะปลูกในเชิงกระจายความเสี่ยง ซึ่งสามารถนำไปสู่การกำหนดนโยบายสนับสนุนการเกษตรแปลงใหญ่และการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้มีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ การใช้ข้อมูลระดับจังหวัดซึ่งอาจไม่สามารถสะท้อนความแตกต่างในระดับพื้นที่ย่อย และไม่ได้รวมปัจจัยระดับฟาร์ม เช่น การจัดการพื้นที่เพาะปลูก คุณสมบัติของดิน หรือสายพันธุ์ข้าวที่ใช่ ซึ่งอาจมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนของผลผลิตต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การวิจัยในอนาคตควรศึกษาเพิ่มเติมในระดับพื้นที่ย่อยลงไป โดยรวมปัจจัยระดับฟาร์มเข้าในการวิเคราะห์ เช่น เทคนิคการจัดการพื้นที่ การเลือกใช้สายพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และสภาพภูมิอากาศ และการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการบริหารจัดการน้ำ ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจกลไกการตอบสนองของผลผลิตข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้อย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ “ทุนนักศึกษาเรียนดี” ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่ได้จัดสรรทุนให้กับนักศึกษาให้ได้มีโอกาสเข้าศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษา อันนำไปสู่การต่อยอดองค์ความรู้ เพื่อสร้างสรรค์งานวิจัยที่เป็นประโยชน์ต่อสาธารณะ

เอกสารอ้างอิง

- Antle, J.M. 1983. Testing the stochastic structure of production: a flexible moment-based approach. *Journal of Business & Economic Statistics* 1(3): 192–201.
- Antle, J. M. and A. Havenner. 1983. *Formulating and Estimating Dynamic Stochastic Production Models*. Minneapolis, MN: AgEcon Search, University of Minnesota. 36 p.
- Baethgen, W., J. Hansen, A. Ines, J. Jones, H. Meinke and P. Steduto. 2010. *Contributions of Agricultural Systems Modeling to Weather Index Insurance*. New York: International Research Institute for Climate and Society (IRI). 7 p.
- Battese, G.E., A.N. Rambaldi and G.H. Wan. 1997. A stochastic frontier production function with flexible risk properties. *Journal of Productivity Analysis* 8(3): 269–280.
- Farrell, T., K. Fox, R. Williams, S. Fukai and L. Lewin. 2006. Minimising cold damage during reproductive development among temperate rice genotypes; II. genotypic variation and flowering traits related to cold tolerance screening. *Australian Journal of Agricultural Research* 57(1): 89–100.
- Greene, W.H. 2000. *Econometric Analysis*. 4th ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 1004 p.

- Im, K.S., M.H. Pesaran and Y. Shin. 2003. Testing for unit roots in heterogeneous panels. **Journal of Econometrics** 115(1): 53–74.
- Jatuporn, C. and K. Takeuchi. 2022. Assessing the impact of climate change on the agricultural economy in Thailand: an empirical study using panel data analysis. **Environmental Science and Pollution Research** 30(1): 8123–8132.
- Just, R.E. and R.D. Pope. 1978. Stochastic specification of production functions and economic implications. **Journal of Econometrics** 7(1): 67–86.
- Just, R.E. and R.D. Pope. 1979. Production function estimation and related risk considerations. **American Journal of Agricultural Economics** 61(2): 276–284.
- Komarek, A.M., A. De Pinto and V.H. Smith. 2020. A review of types of risks in agriculture: what we know and what we need to know. **Agricultural Systems** 178(1): 102738.
- Maiti, A., M.K. Hasan, S. Sannigrahi, S. Bar, S. Chakraborti, S.S. Mahto, S. Chatterjee, S. Pramanik, F. Pilla, J. Auerbach, O. Sonnentag, C. Song and Q. Zhang. 2024. Optimal rainfall threshold for monsoon rice production in India varies across space and time. **Communications Earth & Environment** 5(1): 302.
- National Centers for Environmental Information (NOAA). 2023. **Climate at a glance: global time series**. [Online]. Available <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series> (January 24, 2023).
- Pakeechai, K., N. Sinnarong, K. Autcharyapanitkul and P. Supapunt. 2020. The impacts of climate change factors on rice production and climate-smart agriculture in the watershed areas of central Thailand. **RMUTSB Academic Journal (Humanities and Social Sciences)** 5(2): 196–218. [in Thai]
- Phitsanulok Rice Research Center. 2017. **Irrigation Rice Production Technology in Lower Region**. Phitsanulok: Phitsanulok Rice Research Center. 313 p. [in Thai]
- Puphoun, S., N. Sinnarong, K. Autcharyapanitkul and K. Satiensirakul. 2019. Impacts of climate change on rice yield in the north region. **Graduate School Journal CRRU**. 12(2): 119–132. [in Thai]
- Sinnarong, N., C.-C. Chen, B. McCarl and B.-L. Tran. 2019. Estimating the potential effects of climate change on rice production in Thailand. **Paddy and Water Environment** 17(1): 1–9.
- Sinnarong, N., S. Kuson, W. Nunthasen, S. Puphoun and V. Souvannasouk. 2022. The potential risks of climate change and weather index insurance scheme for Thailand’s economic crop production. **Environmental Challenges** 8(1): 100575.
- Song, Y., C. Wang, H.W. Linderholm, Y. Fu, W. Cai J. Xu, L. Zhuang, M. Wu, Y. Shi, G. Wang and D. Chen. 2022. The negative impact of increasing temperatures on rice yields in southern China. **Science of the Total Environment** 820: 153262.

Studenmund, A. 2011. **Using Econometrics: A Practical Guide**. 6th ed. New York: Pearson. 648 p.

Welch, J.R., J.R. Vincent, M. Auffhammer, P.F. Moya, A. Dobermann and D. Dawe. 2010. Rice yields in tropical/subtropical Asia exhibit large but opposing sensitivities to minimum and maximum temperatures. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 107(33): 14562–14567.

Wooldridge, J.M. 2002. *Econometric analysis of cross section and panel data* MIT press. Cambridge, MA: MIT Press 108(2): 245–254.

World Bank. 2022. **Climate change knowledge portal**. [Online]. Available <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/> (April 21, 2023).

Yu, Y., J.S. Clark, Q. Tian and F. Yan. 2022. Rice yield response to climate and price policy in high-latitude regions of China. **Food Security** 14(5): 1143–1157.