



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

รหัสโครงการ PRP6405031200

เรื่อง

การศึกษาและคาดการณ์เชิงพื้นที่สำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจในอนาคตภายใต้  
สภาวะภัยแล้งและการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางภูมิอากาศ

Spatial Forecasting of climate variables suitability for economical  
crops cultivation under drought and climate change effect

โดย

ดร.ปริเวท วรณโกวิท และคณะวิจัย

หน่วยงานที่รับทุน

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ภายใต้แผนงานวิจัย

กรอบวิจัยการแก้ปัญหาภัยแล้งภาคการเกษตร

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนการพัฒนาการวิจัยการเกษตรที่ได้รับจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ในงานศึกษาวิจัยเรื่องการศึกษาและคาดการณ์เชิงพื้นที่สำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจในอนาคตภายใต้สภาวะภัยแล้งและการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางภูมิอากาศ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

ขอขอบพระคุณ ดร.สมชาย ไบม่วง คุณวีรชัย กาญจนาลัย คุณบุญเลิศ อาชีวะระงับโรค กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ดร.ชัชฌูชา บุคคาบุญ จากกรมการข้าว และคุณจรรยา เลหาเลิศชัย ที่ปรึกษาประจำศูนย์วิศวกรรมสารสนเทศภูมิศาสตร์และนวัตกรรม ที่กรุณาให้คำแนะนำ พร้อมทั้งแนวคิดที่ทำให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีความสมบูรณ์ และให้ความรู้อันมีคุณค่าแก่คณะผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณภาควิชาคณิตศาสตร์ และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์เพื่อมาตรฐานและอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่อำนวยความสะดวกในการใช้พื้นที่และเครื่องมือต่างๆ ตลอดระยะเวลาสำหรับการศึกษาวิจัย

ขอขอบพระคุณโครงการบริหารจัดการน้ำ โดยชุมชนตามแนวพระราชดำริ โดยดร.คุณหญิงกัลยา โสภณพนิช รัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวงศึกษาธิการ ที่ให้การสนับสนุนและโอกาสที่ดีแก่คณะผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณองค์การบริหารส่วนตำบลบ้านผึ้ง อำเภอเมืองนครพนม จังหวัดนครพนม องค์การบริหารส่วนตำบลวังสามหมอ อำเภอขามเฒ่าร้อยศรี จังหวัดกำแพงเพชร เทศบาลเมืองมาบตาพุด อำเภอเมืองจังหวัดระยอง วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีขอนแก่น และวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีศรีสะเกษ ที่ให้การสนับสนุนในการสำรวจพื้นที่และมีส่วนร่วมในการศึกษาวิจัย

คณะผู้วิจัย

## บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและคาดการณ์ความเปลี่ยนแปลงระดับความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอ้อย ในสถานะที่ได้รับผลกระทบจากสภาวะภัยแล้งและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย โดยการสร้างแบบจำลองการกระจายตัวของพืชพันธุ์ ด้วยเทคนิคทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านภูมิอากาศกับพื้นที่ปลูกพืชในช่วงอดีตที่ผ่านมา ผลจากการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองพบว่าแบบจำลอง Random Forest ให้ค่าทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อเทียบกับแบบจำลองอื่นๆ โดยมีค่า ROC curves อยู่ในช่วงร้อยละ 0.92 – 0.95 และ True Skill Statistic มีค่าช่วงร้อยละ 0.78 – 0.85 โดยตัวแปร Bioclimatic ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลองโดยรวมของพืชทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ Mean Diurnal Range (Bio2), Mean Temperature of Wettest Quarter (Bio8), Mean Temperature of Warmest Quarter (Bio10), Annual Precipitation (Bio12), Precipitation of Wettest Month (Bio13), Precipitation of Driest Month (Bio14), Precipitation Seasonality (Bio15), Precipitation of Driest Quarter (Bio17), Precipitation of Warmest Quarter (Bio18) และ Precipitation of Coldest Quarter (Bio19) ผลจากการศึกษาคาดการณ์ความเปลี่ยนแปลงระดับความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกพืชในอนาคตภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 และ SSP8.5 ทั้ง 4 ช่วงเวลา พ.ศ. 2564 – 2583 พ.ศ. 2584 – 2603 พ.ศ. 2604 – 2623 และพ.ศ. 2624 – 2643 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นบริเวณที่ได้รับผลกระทบของพื้นที่การเกษตร อันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างเห็นได้ชัดและคาดว่าจะมีระดับความรุนแรงเพิ่มขึ้นตามลำดับในอนาคต โดยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตร

**คำสำคัญ:** การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, แบบจำลองการกระจายพันธุ์, การสำรวจระยะไกล, พืชเศรษฐกิจ

## Abstract

The primary goal of this research was to forecast changes in the suitability level of economic crops such as rice, sugarcane, cassava, and corn in drought and climate change-affected conditions in Thailand by combining species distribution modeling with statistical techniques to determine the relationship between bioclimate variables and crop area. The model performance evaluation results revealed that the Random Forest Model is the most efficient when compared to others, with ROC curves ranging from 0.92 to 0.95 percent. Mean Diurnal Range (Bio2), Mean Temperature of Wettest Quarter (Bio8), Mean Temperature of Warmest Quarter (Bio10), Annual Precipitation (Bio12), Precipitation of Wettest Month (Bio13), Precipitation of Driest Month (Bio14), Precipitation Seasonality (Bio15), Precipitation of Driest Quarter (Bio17), Precipitation of Warmest Quarter (Bio18), and Precipitation Seasonality (Bio19) (Bio19). This study's findings predicted future changes in plant suitability under SSP4.5 and SSP6.5 scenarios in 2021–2040, 2041–2060, 2061–2080, and 2081–2100, demonstrating that affected agricultural land is clearly visible in the northeastern region due to climate change, and the severity of the situation is expected to worsen in the future. Variations in temperature and rainfall have an immediate impact on agricultural productivity.

**Keyword:** Climate Change, Species distribution modelling, Remote Sensing, Economic Crop

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ .....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	ค
สารบัญ .....	ง
สารบัญตาราง .....	ฉ
สารบัญรูปภาพ .....	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย .....	ซ
1. บทนำ .....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ .....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษาวิจัย .....	2
1.3.1 ขอบเขตด้านพื้นที่ศึกษา .....	2
1.3.2 ขอบเขตด้านการดำเนินงาน .....	2
1.3.3 ขอบเขตด้านเวลา .....	2
1.4 ทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา .....	2
1.4.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) .....	3
1.4.2 สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ .....	3
1.4.3 สถานการณ์และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ .....	4
1.4.4 ภาพฉายเพื่อจำลองสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก .....	6
1.4.5 แบบจำลองการประเมินแบบบูรณาการระหว่าง RCPs และ SSPs .....	7
1.4.6 การประเมินประสิทธิภาพของการพยากรณ์ .....	8
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	10
1.5.1 ด้านนโยบาย .....	10
1.5.2 ด้านวิชาการ .....	10
1.5.3 ระดับประเทศ .....	10
2. วิธีการดำเนินงานวิจัย .....	11
2.1 พื้นที่ศึกษา .....	11
2.2 ข้อมูลที่ใช้การศึกษา .....	14
2.3 กระบวนการก่อนการประมวลผล (Pre-Processing) .....	15
2.3.1 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน .....	15
2.3.2 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ .....	15
2.4 การประมวลผลข้อมูล (Data Processing) .....	17
2.4.1 การวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน .....	17
2.4.2 การสร้างแบบจำลองและการประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง .....	17

3. ผลการศึกษา .....	18
3.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่เพาะปลูกพืช .....	18
3.2 การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง .....	23
3.3 ผลการคาดการณ์ระดับความเหมาะสมของพื้นที่เพาะปลูกพืชในอนาคต .....	25
4. อภิปรายผล สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ .....	34
4.1 อภิปรายผล (Discussion) .....	34
4.2 สรุปผลการศึกษา .....	35
4.3 ข้อเสนอแนะ .....	35
บรรณานุกรม .....	36
ภาคผนวก .....	41
ภาคผนวก ก แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกพืชในอนาคตรายภูมิภาค .....	42
ภาคผนวก ข สํารวจภาคสนามการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่เกษตรกรรม .....	55
ภาคผนวก ค โครงการบริหารจัดการน้ำโดยชุมชน ตามแนวพระราชดำริ .....	57
ภาคผนวก ง โครงการสัมมนาเชิงวิชาการ .....	59
ภาคผนวก จ สรุปค่าใช้จ่ายโครงการวิจัย .....	62

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 RCPs Scenarios .....	7
ตารางที่ 1.2 การพิจารณาผลของการพยากรณ์ด้วยจำนวนเหตุการณ์ .....	8
ตารางที่ 2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา .....	14
ตารางที่ 2.2 ข้อมูลตัวแปร Bioclimatic .....	14
ตารางที่ 2.3 ปัจจัยที่มีความเหมาะสมต่อการวิเคราะห์ .....	16
ตารางที่ 2.4 แสดงค่าทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองโดยวิธี True Skill Statistic (TSS) .....	25
ตารางที่ 2.5 ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของพื้นที่เพาะปลูกข้าวภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 และ SSP8.5 ปี พ.ศ. 2564 – 2583 .....	30
ตารางที่ 2.6 ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของพื้นที่เพาะปลูกอ้อยภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 และ SSP8.5 ปี พ.ศ. 2564 – 2583 .....	30
ตารางที่ 2.7 ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 และ SSP8.5 ปี พ.ศ. 2564 – 2583 .....	31
ตารางที่ 2.8 ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 ปี พ.ศ. 2564 – 2583 .....	31
ตารางที่ 2.9 ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของพื้นที่เพาะปลูกข้าวที่มีความเหมาะสมต่ำ ภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 และ SSP8.5 ปี พ.ศ. 2564 – 2583 .....	32
ตารางที่ 2.10 ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของพื้นที่เพาะปลูกอ้อยที่มีความเหมาะสมต่ำ ภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 และ SSP8.5 ปี พ.ศ. 2564 – 2583 .....	32
ตารางที่ 2.11 ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังที่มีความเหมาะสมต่ำ ภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 และ SSP8.5 ปี พ.ศ. 2564 – 2583 .....	33
ตารางที่ 2.12 ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดที่มีความเหมาะสมต่ำ ภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 และ SSP8.5 ปี พ.ศ. 2564 – 2583 .....	33

## สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 คาดการณ์การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกภายในปี ค.ศ. 2100 .....	5
รูปที่ 1.2 ระดับการแผ่รังสีจากการจัดทำภาพฉาย Representative Concentration Pathways .....	7
รูปที่ 1.3 Receiver operating characteristic (ROC) curves .....	9
รูปที่ 2.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย .....	11
รูปที่ 2.2 พื้นที่ศึกษาและลักษณะภูมิประเทศ .....	12
รูปที่ 2.3 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่เพาะปลูกพืช 4 ชนิด ปี พ.ศ. 2561 – 2562 .....	13
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการแปลงค่าจุดภาพให้อยู่ในรูปแบบ Array .....	16
รูปที่ 2.5 Diagram ของ k-fold cross-validation .....	17
รูปที่ 2.6 แผนที่แสดงความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เพาะปลูกข้าว .....	19
รูปที่ 2.7 แผนที่แสดงความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เพาะปลูกอ้อย .....	20
รูปที่ 2.8 แผนที่แสดงความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลัง .....	21
รูปที่ 2.9 แผนที่แสดงความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพด .....	22
รูปที่ 2.10 Receiver operating characteristic (ROC) curves ของข้าว .....	23
รูปที่ 2.11 Receiver operating characteristic (ROC) curves ของอ้อย .....	24
รูปที่ 2.12 Receiver operating characteristic (ROC) curves ของมันสำปะหลัง .....	24
รูปที่ 2.13 Receiver operating characteristic (ROC) curves ของข้าวโพด .....	25
รูปที่ 2.14 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 .....	26
รูปที่ 2.15 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกอ้อยในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 .....	27
รูปที่ 2.16 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกมันสำปะหลังในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 .....	28
รูปที่ 2.17 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวโพดในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 .....	29



## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

AUC	=	Area Under ROC Curve
CEMs	=	Climate Envelope Models
CART	=	Classification and Regression Trees
CTA	=	Classification Tree Analysis
FDA	=	Flexible Discriminant Analysis
GAM	=	Generalized additive model
GCMs	=	Global Climate Models
GLM	=	Generalized linear model
GIS	=	Geographic Information System
RS	=	Remote Sensing
IPCC	=	Intergovernmental Panel on Climate Change
KAPPA	=	Cohen's Kappa Coefficient
MARS	=	Multiple Adaptive Regression Splines
Max Ent	=	Maximum Entropy
RCP	=	Representative Concentration Pathway
RF	=	Random Forest
ROC	=	Relative Operating Characteristic
SSP	=	Socioeconomic Pathway Scenarios
SRE	=	Surface Range Envelop
SVM	=	Support Vector Machine
TSS	=	True Kill Statistic

## 1. บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ในนิยามของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ได้นิยามความหมายของ “การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ” ว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงในสถานะของสภาพภูมิอากาศที่สามารถระบุได้จากการทดสอบต่างๆ ทางสถิติ เช่น จากการเปลี่ยนแปลงในค่าเฉลี่ย หรือความแปรปรวนของคุณสมบัติต่างๆ ของสภาพภูมิอากาศ โดยการเปลี่ยนแปลงนั้นจะต้องมีความต่อเนื่องยาวนานเกินศตวรรษ ซึ่งสามารถเกิดได้จากการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ หรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ (IPCC 2007) หากไม่มีการแก้ไขอย่างเป็นรูปธรรมและทันทั่วถึง อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 2 องศาเซลเซียส ภายในปี ค.ศ. 2050 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในลักษณะนี้ จะส่งผลกระทบต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมในวงกว้าง โดยเฉพาะภาคเกษตรกรรม

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยเชื่อมโยงกันในหลายมิติกับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก เช่น การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล (sea level rise) ความแปรปรวนของระบบมหาสมุทร และปรากฏการณ์เอนโซ (El Nino-Southern Oscillation, ENSO) ซึ่งมีผลต่อทั้งความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนและระดับอุณหภูมิของประเทศไทย ดังนั้นการเข้าใจการเปลี่ยนแปลงในสภาพภูมิอากาศของโลกและภูมิภาคที่ใกล้เคียงกับประเทศไทยจึงมีความสำคัญต่อการอธิบายการเปลี่ยนแปลงในการวางแผนแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

ประเทศไทยเป็นประเทศอุตสาหกรรมเกษตร โดยภาคเกษตรกรรมเป็นหนึ่งในสาขาอุตสาหกรรมที่มีผลิตภัณฑ์มวลรวม (GDP) รวมมากที่สุดในประเทศไทย โดยมีมูลค่าถึงร้อยละ 8.4 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมทั้งประเทศ ส่งผลให้การเกษตรเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญยิ่งต่อเศรษฐกิจไทย (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก 2561) ซึ่งภาคเกษตรนั้นมีความอ่อนไหวมากที่สุดต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเมื่อเทียบกับภาคเศรษฐกิจอื่น ๆ การเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพภูมิอากาศเกษตรจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งปัจจัยเหล่านั้นประกอบไปด้วย อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความชื้น การระเหย และการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ เนื่องจากการเพาะปลูกพืชโดยเฉพาะพืชเศรษฐกิจที่ต้องพึ่งพาสภาพอากาศเป็นอย่างมาก (IPCC 2014) ประเทศไทยนับว่าเป็นประเทศหนึ่งที่ภาคเกษตรมีความสำคัญอย่างมากเพราะนอกจากจะเป็นแหล่งจ้างงานหลักของประเทศแล้ว ภาคเกษตรยังช่วยสร้างรายได้ให้ประเทศจากการส่งออกและช่วยเพิ่มความมั่นคงทางอาหารให้ประชากรในประเทศและโลกอีกด้วย (Attavanich 2016)

พืชเศรษฐกิจที่สามารถทำรายได้ให้กับประเทศส่วนใหญ่เป็นพืชอาหาร ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง โดยแต่ละปีสามารถทำรายได้ให้กับประเทศเป็นอย่างมากและในพื้นที่ประเทศไทยก็มีพื้นที่ปลูกพืชเหล่านี้มากด้วยเช่นกัน จากสถานการณ์ในปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศทั้งในระดับโลกและระดับภูมิภาคและประเทศไทยก็ได้รับผลกระทบเช่นกัน การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของพืชเศรษฐกิจจึงมีความสำคัญ เนื่องจากว่าพืชเหล่านี้ล้วนมีความสำคัญต่อความมั่นคงทางด้านอาหารทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพราะไทยเป็นประเทศที่ส่งออกผลผลิตทางการเกษตรเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมและรับมือกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีเป้าหมายเพื่อระบุขอบเขตและตำแหน่งของการปลูกพืชเศรษฐกิจ ๔ ชนิด ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง เนื่องจากประเทศไทยเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกพืชเศรษฐกิจ โดยอาศัยปัจจัยการผลิตจากธรรมชาติทั้งสภาพอากาศ ดิน และน้ำเป็นหลัก ประกอบกับเกษตรกรส่วนใหญ่ในพื้นที่เป็นเกษตรกรรายเล็กและมีความยากจน หากได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อาจทำให้ไม่สามารถทำ

การเพาะปลูกในพื้นที่เดิมได้ และอาจส่งผลกระทบต่อความมั่นคงทางสังคมและเศรษฐกิจ ทำให้รายได้ลดลงและ  
 ไม่มีความมั่นคงในการประกอบอาชีพของเกษตรกร เป็นต้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะเป็นการสร้าง  
 แบบจำลองการกระจายพันธุ์ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านภูมิอากาศกับพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ  
 ในช่วงอดีตที่ผ่านมา เพื่อหารูปแบบความสัมพันธ์เชิงพื้นที่สำหรับใช้คาดการณ์ความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ปลูก  
 พืชทั้ง 4 ชนิดในอนาคต ที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาและคาดการณ์ความเปลี่ยนแปลงระดับความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ  
 ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอ้อย ในประเทศไทย

1.2.2 เพื่อระบุพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกพืชเศรษฐกิจทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง  
 และข้าวโพด ในสภาวะที่ได้รับผลกระทบจากภาวะภัยแล้งและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย

## 1.3 ขอบเขตการศึกษาวิจัย

### 1.3.1 ขอบเขตด้านพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมประเทศไทย ทั้งหมด 77 จังหวัด มีเนื้อที่โดยประมาณ 517,633 ตาราง  
 กิโลเมตร

### 1.3.2 ขอบเขตด้านการดำเนินงาน

การศึกษาจะทำการรวบรวม ปรับปรุงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่พร้อมสำหรับการวิเคราะห์  
 ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเพื่อนำเข้าสู่แบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ โดยข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลทุติย  
 ภูมิซึ่งได้มาจากการรวบรวมของหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลอุตุวิทยามหาวิทยาลัย  
 อุดรภูมิ และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น จากนั้นทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภูมิอากาศ  
 กับพื้นที่เพาะปลูกใช้ข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี เพื่อหาความสัมพันธ์กับแต่ละพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด มัน  
 สำปะหลัง และอ้อย

### 1.3.3 ขอบเขตด้านเวลา

ข้อมูลทั้งหมดที่จะนำมาเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์จะเป็นข้อมูลล่าสุดที่มี โดยได้จากการ  
 รวบรวมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและเป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจด้วยดาวเทียม วิเคราะห์พื้นที่ทั้งหมดของ  
 ประเทศไทย ระยะเวลาของการวิจัย 1 ปี

## 1.4 ทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา

### 1.4.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หมายถึง ความผันแปรและเปลี่ยนแปลงของอากาศของข้อมูลเชิงสถิติในระยะเวลายาวนานและครอบคลุมพื้นที่ในวงกว้าง ซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ หรือการเปลี่ยนแปลงลักษณะอากาศเฉลี่ย (average weather) ในพื้นที่หนึ่ง ลักษณะอากาศหมายความรวมถึง ลักษณะทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับอากาศ เช่น อุณหภูมิ ฝน ลม เป็นต้น ในความหมายตามกรอบของอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ FCCC (Framework Convention on Climate Change) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อันเป็นผลทางตรงหรือทางอ้อมจากกิจกรรมของมนุษย์ ที่ทำให้องค์ประกอบของบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป นอกเหนือจากความผันแปรตามธรรมชาติ แต่ความหมายที่ใช้ในคณะกรรมการระหว่างรัฐบาล ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ไม่ว่าจะเนื่องมาจากความผันแปรตามธรรมชาติ หรือกิจกรรมของมนุษย์ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2558)

ความแปรปรวนของสภาพอากาศ (climate variability) หมายถึง สภาพภูมิอากาศที่มีการเปลี่ยนไปจากปกติ ในช่วงเวลาที่มากกว่าช่วงฤดูกาลหรือช่วงปี เป็นช่วงการเปลี่ยนแปลงที่มากกว่าวันต่อวันแบบสภาพอากาศ (weather) นอกจากนี้ความแปรปรวนของสภาพอากาศ อาจหมายถึงสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงในระดับที่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของปีอื่นๆ แต่ไม่ส่งผลแตกต่างทางสถิติในระดับยาวนานหรือระดับสภาพภูมิอากาศ มักมีความสับสนระหว่าง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) กับความแปรปรวนของสภาพอากาศ ซึ่งความแตกต่างคือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะเกิดในช่วงระยะเวลาที่ยาวนานมากกว่า 30 ปีขึ้นไป ส่วนความแปรปรวนของสภาพอากาศ จะหมายถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในช่วงระยะเวลาสั้นๆ เช่น เดือนต่อเดือน ปีต่อปี

### 1.4.2 สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ คือ การที่อุณหภูมิของโลกค่อยๆ เปลี่ยนแปลงไปที่ละน้อย อันเนื่องมาจาก 2 ปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ ปัจจัยทางธรรมชาติและปัจจัยจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณและความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ ดังนี้

1) ปัจจัยทางธรรมชาติที่มีผลทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ได้แก่ ปัจจัยทางดาราศาสตร์ (Astronomical Effects) และปัจจัยทางธรณีวิทยา (Geological Effects) โดยปัจจัยทางดาราศาสตร์ที่มีผลต่อการผันแปรและเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศบนโลก ได้แก่ จุดดับบนดวงอาทิตย์จะมีจำนวนมากที่สุดทุกๆ 11 ปี โดยประมาณ ถึงแม้ว่าจุดดับบนดวงอาทิตย์จะเป็นบริเวณที่มีการแผ่รังสีน้อยกว่าปกติ แต่เมื่อมีจุดดับเกิดขึ้น จะมีบริเวณอื่นในดวงอาทิตย์ที่แผ่รังสีเพิ่มขึ้นมากกว่ารังสีที่ลดลงในบริเวณจุดดับ ดังนั้น ผลโดยรวมเมื่อมีจุดดับ คือ ดวงอาทิตย์จะแผ่รังสีเพิ่มขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิพื้นโลกโดยเฉลี่ยสูงขึ้นเล็กน้อย ส่วนปัจจัยทางธรณีวิทยาที่มีผลต่อภูมิอากาศ ได้แก่ การเคลื่อนตัวของทวีปและการเกิดหรือยุบตัวของภูเขาซึ่งทำให้ภูมิประเทศเปลี่ยนไป การระเบิดของภูเขาไฟที่ทำให้มีฝุ่นละอองในบรรยากาศเพิ่มขึ้น และฝุ่นละอองนี้อาจคงอยู่ในบรรยากาศได้นานถึง 3 ปี ส่งผลให้อุณหภูมิของโลกลดลง

2) การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ มีผลทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น จากการที่นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาฟองอากาศในแกนน้ำแข็ง เพื่อศึกษาสภาพภูมิอากาศในอดีตเมื่อ 400,000 ปี ที่ผ่านมา ทำให้พบถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ใน

บรรยากาศ กล่าวคือ เมื่อมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของโลกก็จะเพิ่มสูงขึ้นตามมา

ส่วนการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศในปัจจุบันโดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ถูกพิสูจน์แล้วว่าเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยตั้งแต่เมื่อโลกเข้าสู่ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมา มนุษย์ได้พัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลขึ้นมาใช้ทุนแรงเพิ่มกำลังในการผลิต และอำนวยความสะดวกต่างๆ เครื่องจักรกลเหล่านี้ต้องอาศัยเชื้อเพลิงจากซากฟอสซิลเป็นแหล่งพลังงานหลัก ซึ่งการเผาไหม้ภายในเครื่องยนต์ได้ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโตรัสออกไซด์และโอโซนออกสู่บรรยากาศในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่เดียวกัน พื้นที่ป่าไม้ทั่วโลกซึ่งเป็นแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ ก็ได้ถูกบุกรุกทำลายลงอย่างมากจากการขยายตัวของภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และพื้นที่อยู่อาศัยของมนุษย์ทำให้แหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากบรรยากาศลดน้อยลงกว่าในอดีต จึงยิ่งส่งผลต่อการเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมากยิ่งขึ้น(เกรียงไกร แสันทวีสุข, มปป)

เมื่อปริมาณก๊าซเรือนกระจกถูกปลดปล่อยจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ออกสู่บรรยากาศเพิ่มมากขึ้น ย่อมส่งผลให้สมดุลพลังงานในกระบวนการเกิดภาวะเรือนกระจกตามธรรมชาติเสียไปโดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มมากขึ้นในบรรยากาศโดยเฉพาะในชั้นโทรโพสเฟียร์นี้ เปรียบเสมือนโลกของเรามีผ้าห่มที่หนาขึ้น ซึ่งผ้าห่มผืนหนานี้มีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถดูดกลืนและแผ่ความร้อนได้ดีโลกจึงอบอุ่นมากขึ้นเรื่อยๆ ลักษณะเช่นนี้เราเรียกว่าการเกิด “ภาวะโลกร้อน” หรือ Global Warming

#### 1.4.3 สถานการณ์และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

##### 1) ผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในช่วงเวลาที่ผ่านมา

อุณหภูมิ จากข้อมูลตรวจวัดจากสถานีกรมอุตุนิยมวิทยาแสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนตลอดช่วง 61 ปี ที่ผ่านมา (พ.ศ. 2498 - 2559) โดยพบว่า ตั้งแต่ช่วง พ.ศ. 2541 เป็นต้นมา ประเทศไทยมีอุณหภูมิสูงกว่าค่าปกติมาก และเริ่มสูงมากต่อเนื่องกันมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 - 2559 เป็นช่วงที่ร้อนที่สุดของประเทศไทย โดยทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุดเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย สูงกว่าค่าปกติเกือบตลอดช่วง โดยเฉพาะอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยสูงกว่าปกติ 0.4 - 0.7 องศาเซลเซียส ทั้งนี้แนวโน้มในระยะยาว พบว่า ทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุดเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทย พบว่า ในช่วง พ.ศ. 2524 - 2533 อุณหภูมิสูงขึ้น 0.31 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ ส่วนในช่วง พ.ศ. 2534 - 2543 และพ.ศ. 2544 - 2553 อุณหภูมิสูงขึ้น 0.14 องศาและ 0.18 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษตามลำดับ

ปริมาณน้ำฝน จากบันทึกข้อมูลสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝน เมื่อ พ.ศ. 2494 พบว่า มีความผันแปร เช่นเดียวกับจำนวนวันฝนตกซึ่งมีรูปแบบใกล้เคียงกัน หากพิจารณาตั้งแต่ พ.ศ. 2542 เป็นต้นมา พบว่าประเทศไทยมีฝนสูงกว่าค่าปกติอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะปี พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นปีที่ประเทศไทยมีปริมาณฝนมากที่สุด ยกเว้นในปี พ.ศ. 2546 2547 2557 และ 2558 ที่ปริมาณฝนต่ำกว่าค่าปกติ โดยเฉพาะปี พ.ศ. 2558 เป็นปีที่ประเทศไทยมีฝนต่ำกว่าค่าปกติมากที่สุดนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536

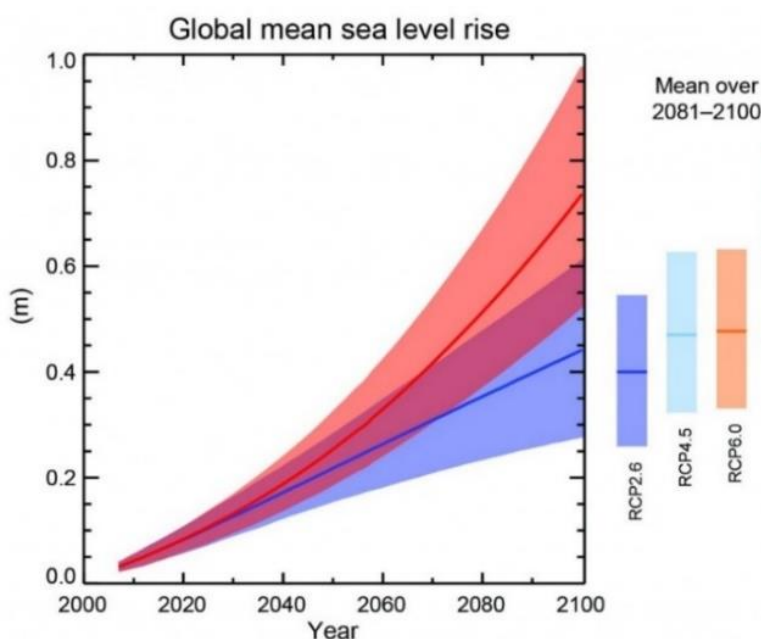
การเปลี่ยนแปลงสภาวะสุดขีดของลมฟ้าอากาศ สภาวะสุดขีดของอุณหภูมิในประเทศไทยมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในรอบ 40 - 50 ปีที่ผ่านมาคล้ายคลึงกับหลักฐานการเปลี่ยนแปลงที่ตรวจพบในภูมิภาคเอเชีย แปซิฟิกและภูมิภาคอื่นๆ ของโลก จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลตรวจวัดรายวัน ด้วยดัชนีสภาวะสุดขีดของอุณหภูมิขององค์กรอุตุนิยมวิทยาโลก พบว่า แนวโน้มการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของสภาวะสุดขีดของอุณหภูมิในประเทศไทยประกอบด้วย ดัชนีจำนวนวันและคืนที่อบอุ่น ดัชนีช่วงระยะเวลาที่

อบอุ่น ดัชนีจำนวนวันที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 °C ดัชนีจำนวนคืนที่อุณหภูมิต่ำสุดสูงกว่า 25 °C ดัชนีค่าสูงสุดรายเดือนของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำประจำวัน ดัชนีค่าต่ำสุดรายเดือนของอุณหภูมิและต่ำสุดประจำวัน ในขณะที่แนวโน้มการลดลงอย่างมีนัยสำคัญของสถานะสุดขีดของอุณหภูมิในประเทศไทย ปรากฏในดัชนีจำนวนวันและคืนที่หนาว ทั้งนี้ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสถานะสุดขีดของอุณหภูมิ ที่เกิดขึ้นในลักษณะที่สอดคล้องและมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกันในบริเวณกว้างทั้งประเทศ (อัศมน ลิมสกุล, 2559)

## 2) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต

การเปลี่ยนแปลงสถานะสุดขีดของลมฟ้าอากาศ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่พื้นผิวโลกที่ร้อนขึ้นในช่วงศตวรรษที่ 21 จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงวัฏจักรน้ำทั่วโลกในหลายรูปแบบ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงวัฏจักรน้ำในช่วง 2 - 3 ทศวรรษข้างหน้า จะเป็นผลมาจากอิทธิพลของความแปรปรวนภายในตาธรรมชาติของระบบภูมิอากาศ และการปล่อยละอองลอยของมนุษย์

การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลทั่วโลกมีสาเหตุมาจากสองปัจจัยหลักคือ การขยายตัวทางความร้อน (น้ำทะเลอุ่นขึ้นและขยายตัว) และการมีส่วนร่วมของแผ่นน้ำแข็ง (เช่น จากธารน้ำแข็งพื้นดินแผ่นน้ำแข็งและน้ำแข็งในทะเล) เนื่องจากการละลายที่เพิ่มขึ้นภายในปี ค.ศ. 2100 การขยายตัวทางความร้อนและการละลายของน้ำแข็งคาดว่าจะทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น 0.26 ถึง 0.98 เมตร โดยพิจารณาจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศและพิจารณาสถานการณ์การปล่อยมลพิษสูงและต่ำ: RCP2.6 และ RCP8.5 ดังรูปที่ 1.1 คาดการณ์การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกภายในปี ค.ศ. 2100 ด้วยแบบจำลองภายใต้ภาพการณ์จำลองแบบ RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 และ RCP8.5 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาปีฐาน ปี ค.ศ. 1986 – 2005



รูปที่ 1.1 คาดการณ์การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกภายในปี ค.ศ. 2100

#### 1.4.4 ภาพฉายเพื่อจำลองสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การศึกษาการจัดทำภาพฉายการแผ่รังสีถูกแบ่งออกตามระดับความเข้มข้นของการปล่อยรังสี 4 ระดับ ได้แก่ 8.5, 6.0 4.5 และ 2.6 W/m<sup>2</sup> ในช่วงระยะการศึกษาเริ่มต้น และมีการเพิ่มระดับความเข้มข้นของการปล่อยรังสีอีก 1 ระดับ คือ 3.4 W/m<sup>2</sup> ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นของการปล่อยรังสีที่อยู่ระหว่าง 2.6 – 4.5 W/m<sup>2</sup> และคาดว่าจะสามารถทำให้อุณหภูมิของพื้นผิวโลกลดลงได้ประมาณ 2 องศาเซลเซียส ในปี ค.ศ. 2100 การจัดทำภาพฉายการแผ่รังสีในระดับความเข้มข้นต่างๆ นั้น มีสมมติฐานของการเปลี่ยนแปลงด้านจำนวนประชากรและผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศเป็นปัจจัยขับเคลื่อนหลัก และมีความแตกต่างของสถานการณ์ทางเทคโนโลยีที่แตกต่างกันไปดังนี้

RCP8.5 เป็นสถานการณ์ที่ไม่มีการดำเนินนโยบายด้านสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศใดๆ เป็นผลให้ระดับความเข้มข้นของการปล่อยรังสีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีระดับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่พื้นผิวโลกอยู่ระหว่าง 3.2 – 5.4 องศาเซลเซียส หรือคิดเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยที่พื้นผิวโลก 4.9 องศาเซลเซียส

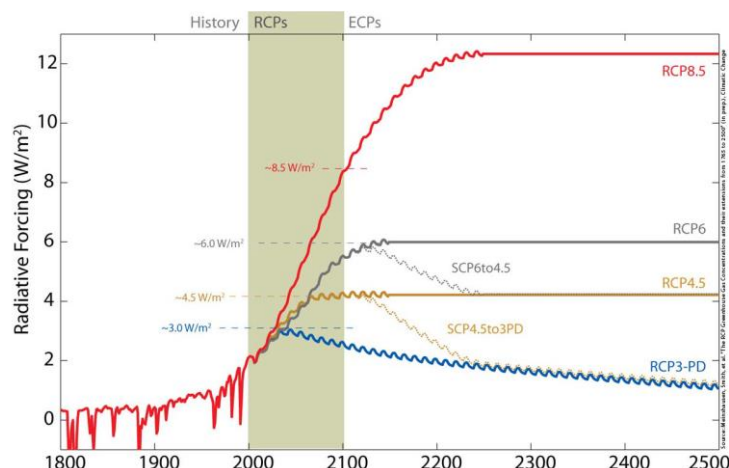
RCP6.0 เป็นสถานการณ์ที่มีการดำเนินมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกในระดับปานกลาง เป็นผลให้ระดับความเข้มข้นของการปล่อยรังสีมีลักษณะคงที่โดยไม่มีจุดสูงสุด โดยมีระดับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่พื้นผิวโลกอยู่ระหว่าง 0.2 – 3.7 องศาเซลเซียส หรือคิดเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยที่พื้นผิวโลก 3.0 องศาเซลเซียส

RCP4.5 เป็นสถานการณ์ที่มีการดำเนินมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกในระดับปานกลาง จากการเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์พลังงาน การเพิ่มสัดส่วนของการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานนิวเคลียร์ การใช้การกักเก็บคาร์บอน และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดิน เป็นผลให้ระดับความเข้มข้นของการปล่อยรังสีมีลักษณะคงที่หลังจากปี พ.ศ. 2643 (ค.ศ. 2100) โดยไม่มีจุดสูงสุดของระดับการแผ่รังสี มีระดับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่พื้นผิวโลกอยู่ระหว่าง 1.7 – 3.2 องศาเซลเซียสหรือคิดเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยที่พื้นผิวโลก 2.4 องศาเซลเซียส

RCP2.6 เป็นสถานการณ์ที่มีการจัดทำเพื่อควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกไม่ให้เกิด 2 องศาเซลเซียส ภายใต้สมมติฐานที่มีระดับการเติบโตของประชากร รายได้ การใช้พลังงาน และการใช้ประโยชน์ที่ดินระดับปานกลาง แต่มีการเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์ใช้พลังงาน การเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานนิวเคลียร์ รวมทั้งการใช้พลังงานชีวภาพร่วมกับการกักเก็บคาร์บอน เป็นผลให้ระดับความเข้มข้นของการปล่อยรังสีมีลักษณะเพิ่มขึ้นไปจนถึงจุดสูงสุดและลดลงประมาณปี พ.ศ. 2593 (ค.ศ. 2050) มีระดับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่พื้นผิวโลกอยู่ระหว่าง 0.9 – 2.3 องศาเซลเซียส หรือคิดเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยที่พื้นผิวโลก 1.5 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 1.1 และรูปที่ 1.2

ตารางที่ 1.1 RCPs Scenarios

Scenarios	Radiative forcing	Co2 equivalent concentration	Temp. Anomaly (celsius)	Rate of change in radiative forcing	Rate of change in Emission
RCP8.5	8.5 W/m <sup>2</sup>	1350 ppm	4.9	Rising	Rising
RCP6.0	6.0 Wm <sup>2</sup>	850 ppm	3.0	Stabilizing without shooting	Peak (2080) and decline
RCP4.5	4.5 W/m <sup>2</sup>	650 ppm	2.4	Stabilizing without shooting	Peak (2040) and decline
RCP2.6	2.6 W/m <sup>2</sup>	450 ppm	1.5	Peak (2050) and decline	Peak (2020) and decline



รูปที่ 1.2 ระดับการแผ่รังสีจากการจัดทำภาพฉาย Representative Concentration Pathways

#### 1.4.5 แบบจำลองการประเมินแบบบูรณาการระหว่าง RCPs และ SSPs

การจัดทำแบบจำลองการประเมินแบบบูรณาการระหว่าง RCPs และ SSPs โดยกำหนดกรอบแนวความคิดของ SSPs ไว้ 5 สถานการณ์ ซึ่งมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยด้าน เศรษฐกิจและสังคม และผลลัพธ์ที่ร้ายที่สุดคือความท้าทายด้านการปรับตัวรวมถึงความท้าทายด้านการลดการ ปล่อยก๊าซเรือนกระจก กรอบแนวความคิดของ SSPs ได้รับการพัฒนาภายใต้สมมติฐานการศึกษาที่ดีที่สุด ใน ปัจจุบัน โดยมีปัจจัยทางสังคมเป็นปัจจัยชี้วัดที่สำคัญที่สุดต่อการบรรลุความท้าทาย การจัดทำภาพฉายภายใต้ กรอบแนวความคิดของ SSPs มีเงื่อนไขปัจจัยด้านเศรษฐกิจและสังคมที่แตกต่างกันดังนี้

สถานการณ์ SSP1 (Sustainability หรือ สถานการณ์ที่แสดงถึงความยั่งยืน) เป็นสถานการณ์ที่มีความท้าทายด้านการปรับตัวและความท้าทายด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ ภายใต้สมมติฐานที่ว่าประชากรมีอัตราการเจริญพันธุ์ลดลง จึงส่งผลต่อจำนวนประชากรที่ลดลงและประชากรมีการศึกษาใน ระดับเพิ่มสูงขึ้น เป็นผลให้เศรษฐกิจมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว ดังนั้นระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลกจึง ลดลง

สถานการณ์ SSP2 (Middle of the road หรือ สถานการณ์ทางสายกลาง) เป็นสถานการณ์ที่มี พัฒนาการอยู่ในระดับแนวโน้มเดียวกับปัจจุบันที่ดำเนินอยู่ ตั้งอยู่บนพื้นฐานของสถานการณ์ที่มีความท้าทาย ทั้งด้านการปรับตัวและความท้าทายด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับที่ไม่รุนแรงมากนัก

สถานการณ์ SSP3 (Regional rivalry หรือ สถานการณ์ที่มีการแข่งขันระดับภูมิภาค) เป็น สถานการณ์ที่ตั้งอยู่บนสมมติฐานว่าประเทศต่าง ๆ มีความร่วมมือกันระหว่างประเทศน้อยการเติบโตของ ประชากรเพิ่มสูงขึ้น และระดับการศึกษาของประชากรลดลง ทำให้เกิดความล้มเหลวในการพัฒนาเทคโนโลยี พลังงานที่สะอาด ส่งผลต่อระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับที่สูงและการดำเนินงานลดก๊าซเรือน กระจกเป็นไปได้ยาก จึงทำให้ความท้าทายด้านการปรับตัว และความท้าทายด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือน กระจกอยู่ในระดับที่สูง

สถานการณ์ SSP4 (Inequality หรือ สถานการณ์ที่มีความไม่เท่าเทียมหรือความเหลื่อมล้ำสูง) เป็นสถานการณ์ที่ประเทศพัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนาที่มีความเหลื่อมล้ำของระดับรายได้ประชากร ความเหลื่อมล้ำทางสังคม และความเหลื่อมล้ำทางการพัฒนาเทคโนโลยีอยู่ระดับสูง ทำให้ระดับการพัฒนาทาง



สังคมมีความแตกต่างกันอย่างมากจึงเป็นข้อจำกัดต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ เป็นผลให้มีความท้าทายด้านการปรับตัวอยู่ในระดับสูง

สถานการณ์ SSP5 (Fossil-fueled development หรือ สถานการณ์การพัฒนาแบบดั้งเดิม ตั้งอยู่บนพื้นฐานการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล) เป็นสถานการณ์ที่หลายประเทศให้ความสำคัญกับการพัฒนาทางเศรษฐกิจโดยไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ประเทศที่มีระดับรายได้ประชากรสูงหรือประเทศพัฒนาแล้วจะมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูงที่มีการใช้พลังงานสะอาด ในขณะที่ประเทศกำลังพัฒนา กลับเพิ่มความต้องการใช้พลังงานที่มาจากแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิล จึงส่งผลต่อความท้าทายด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมาก

#### 1.4.6 การประเมินประสิทธิภาพของการพยากรณ์

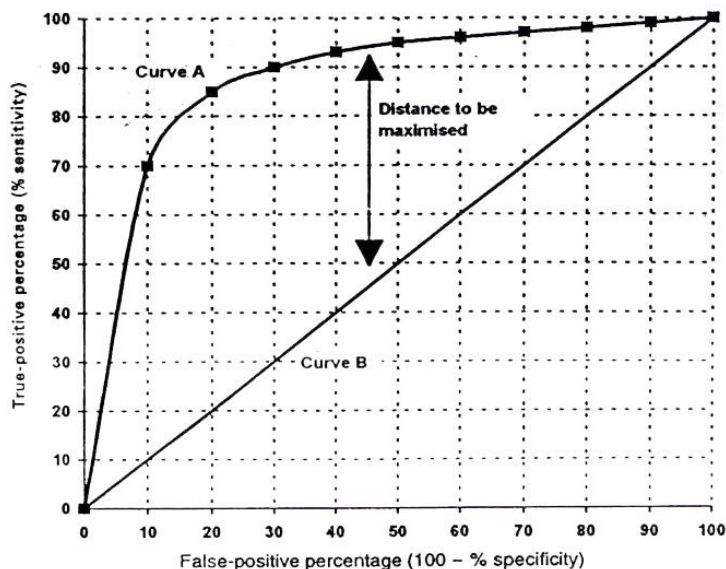
การประเมินประสิทธิภาพของการพยากรณ์ อาจวัดด้วยเทอม Sensitivity และ Specificity ภายใต้ตัวอย่างขนาด  $n$  โดยพิจารณาผลของการพยากรณ์ด้วยจำนวนเหตุการณ์ ดังตารางที่ 1.2 (Agresti, 2007)

ตารางที่ 1.2 การพิจารณาผลของการพยากรณ์ด้วยจำนวนเหตุการณ์

เหตุการณ์	ผลของการพยากรณ์		รวม
	ถูก ( $\hat{Y} = 1$ )	ไม่ถูก ( $\hat{Y} = 0$ )	
สนใจ ( $y = 1$ )	a	b	a+b
ไม่สนใจ ( $y = 0$ )	c	d	c+d
รวม	a+c	b+d	a+b + c+d

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ Sensitivity} &= p(\hat{Y} = 1 | y = 1) = \frac{a}{a+b} \\ \text{Specificity} &= p(\hat{Y} = 0 | y = 0) = \frac{d}{c+d} \end{aligned}$$

ผลของการพยากรณ์สามารถแสดงได้โดย Receiver operating characteristic (ROC) curves เป็นวิธีแสดงอำนาจการจำแนกที่สำคัญในการพยากรณ์ ณ จุดตัด (Cut point) ของตัวแปรตอบสนอง ถ้าเปลี่ยนจุดตัดมีผลให้ค่า Sensitivity และ Specificity จะเปลี่ยนไปด้วย จุดตัดที่ดีที่สุดควรจะอยู่ที่จุดวกกลับของเส้นโค้ง ซึ่งยิ่งชันยิ่งดี เพราะจะให้พื้นที่ใต้เส้นโค้งด้านซ้ายของเส้นทแยงมุมหรือการพยากรณ์ถูกต้องเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 Receiver operating characteristic (ROC) curves

จากรูปที่ 1.3 แสดงการวิเคราะห์ความไวของตัวแบบด้วย ROC curve โดยแกนแนวตั้งแสดงค่า Sensitivity และแกนแนวนอนแสดงค่า 1-Specificity ถ้าจุดตัดน้อยไปหรือมากไปจะมีผลต่อ Sensitivity และ Specificity ถ้า Sensitivity มากขึ้น Specificity จะลดลง และถ้า Sensitivity ลดลง Specificity จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้พื้นที่ภายใต้ ROC curve ยังใช้เป็นตัววัดความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตกับค่าความน่าจะเป็นของการพยากรณ์ ที่เรียกว่า ดัชนีความสอดคล้อง (Concordant index) หรือตัวสถิติ c ดังรูปที่ 1.3 เส้นในแนวตั้งที่ต้องการคือเส้นที่ให้ Curve A ห่างจากเส้นทแยงมุมมากที่สุด (Distance to be maximized) นั่นคือจุดที่แสดงว่าตัวแบบเหมาะสมคือจุดภายในเส้น Curve A ที่อยู่ใกล้จุด Sensitivity = 100 % มากที่สุด

การศึกษาวิจัยในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลกระทบพื้นที่เกษตรกรรม เพื่อสร้างแบบจำลองโดยศึกษาความสัมพันธ์ของพื้นที่เกษตรกรรมกับปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องทั้งเกษตรกรรมประเภทธัญพืช (Fischer et al., 2005; Jones and Thornton 2003) และผลไม้ (Machovina and Feeley 2013; White et al., 2006) โดยใช้แบบจำลอง Climate envelope models ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ถูกนำมาใช้เพื่อจัดทำแผนที่การกระจายตัวของพื้นที่เกษตรกรรมที่เป็นผลมาจากลักษณะของสภาพอากาศในระดับภูมิภาค โดยการศึกษาความสัมพันธ์โดยใช้เทคนิคทางสถิติ เพื่อระบุและทำนายพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชในอนาคต ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองจะอยู่ในแบบเชิงพื้นที่ โดยแสดงเป็นแผนที่ที่มีการอ้างอิงเชิงตำแหน่งและระดับความเหมาะสมของพื้นที่เพาะปลูกพืช ด้วยเงื่อนไขของสภาพภูมิอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงในอนาคต ทั้งพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจนไม่สามารถที่จะทำการเพาะปลูกได้ (Liu et al. 2015) จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาในการประเมินประสิทธิภาพของข้อมูลคาดการณ์ภูมิอากาศในอนาคต Coupled Model Intercomparison Project 6 (CMIP6) ที่ได้จากการวิเคราะห์ Socioeconomic pathway scenarios ร่วมกับสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกบริเวณพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (South East Asia) และประเทศไทยนั้น พบว่าข้อมูลภูมิอากาศในอนาคตที่ได้จากแบบจำลอง MRI-ESM2-0 เป็นแบบจำลองที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนต่ำมากกว่าแบบจำลองอื่นๆ ในบริเวณพื้นที่ประเทศไทย ดังนั้นในการศึกษารุ่นนี้จึงเลือกใช้ข้อมูลภูมิอากาศในอนาคตที่ได้จาก

แบบจำลอง MRI-ESM2-0 มาใช้สำหรับคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกพืชต่อไป (Iqbal et al., 2021; วินัย เชาวนวิวัฒน์ และคณะ, 2564)

โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์จะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการรับมือและปรับตัวสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการบริหารจัดการพื้นที่เพาะปลูกพืชได้ ตัวอย่างเช่น แผนการเพาะปลูก แนวทางการบริหารจัดการน้ำ เป็นต้น โดย Climate Envelope Models (CEMs) เป็นแบบจำลองสภาพภูมิอากาศรูปแบบหนึ่ง ที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดหรือมีอยู่ของสิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์ (species occurrences) และตัวแปรทางชีวภูมิอากาศ (bioclimate variables) เช่น อุณหภูมิและหยาดน้ำฟ้า เพื่อกำหนด species climate niche (envelope) ซึ่งความสัมพันธ์ที่ได้มาจากข้อมูลในลักษณะอนุกรมเวลาตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน สามารถคาดการณ์ไปในอนาคตได้ โดยใช้ค่าประมาณของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่คาดการณ์ไว้ในรูปแบบต่างๆ

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

### 1.5.1 ด้านนโยบาย

นวัตกรรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่สามารถแสดงพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชเศรษฐกิจที่ยั่งยืน ภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนและการกำหนดนโยบายสำหรับการลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศต่อพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจในประเทศไทย สำหรับเป็นข้อมูลประกอบสำหรับการปรับตัวที่เหมาะสมและกระจายความรู้สู่เกษตรกรที่เกี่ยวข้อง เสนอผลวิจัยแก่นักวิชาการเกษตรเพื่อวางแผนในระดับนโยบาย และ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในระดับปฏิบัติการ

### 1.5.2 ด้านวิชาการ

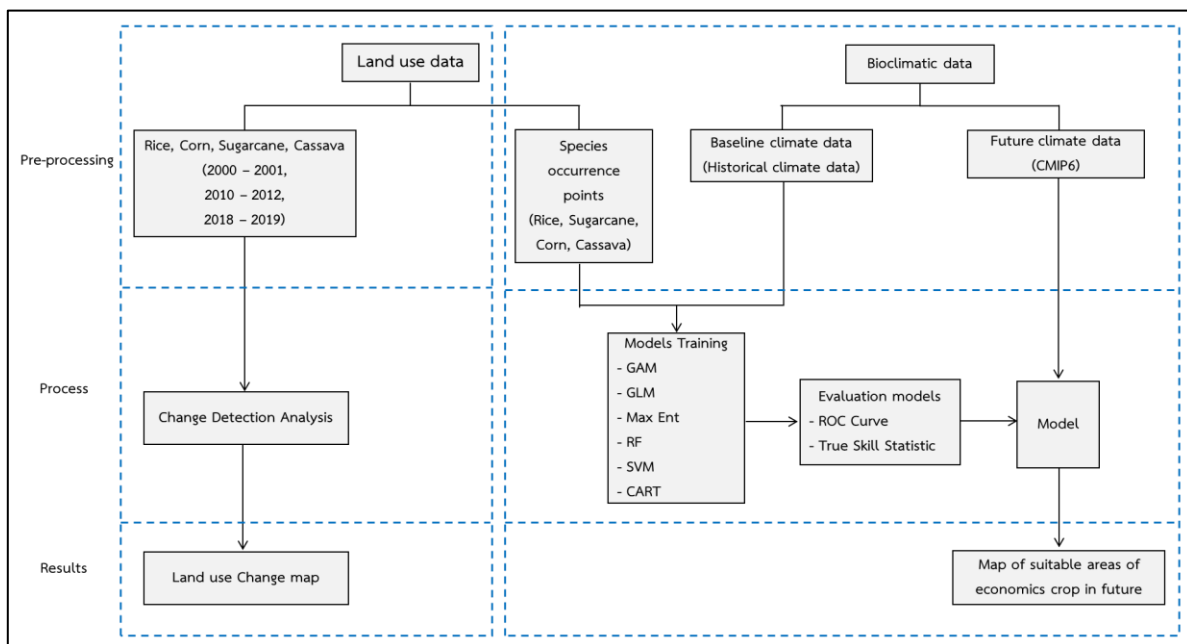
ฐานข้อมูลและแบบจำลองเชิงพื้นที่เพื่อการวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจในประเทศไทย สำหรับนำไปปรับใช้กับพื้นที่ทำการเกษตรชนิดอื่นได้

### 1.5.3 ระดับประเทศ

นำผลการวิจัยนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการใช้ที่ดิน การปลูกพืช และการบริหารจัดการน้ำในระดับกรม เพื่อรับมือ ปรับตัว และลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อพื้นที่เกษตรกรรม เพื่อการทำการเกษตรให้ได้ผลผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ

## 2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

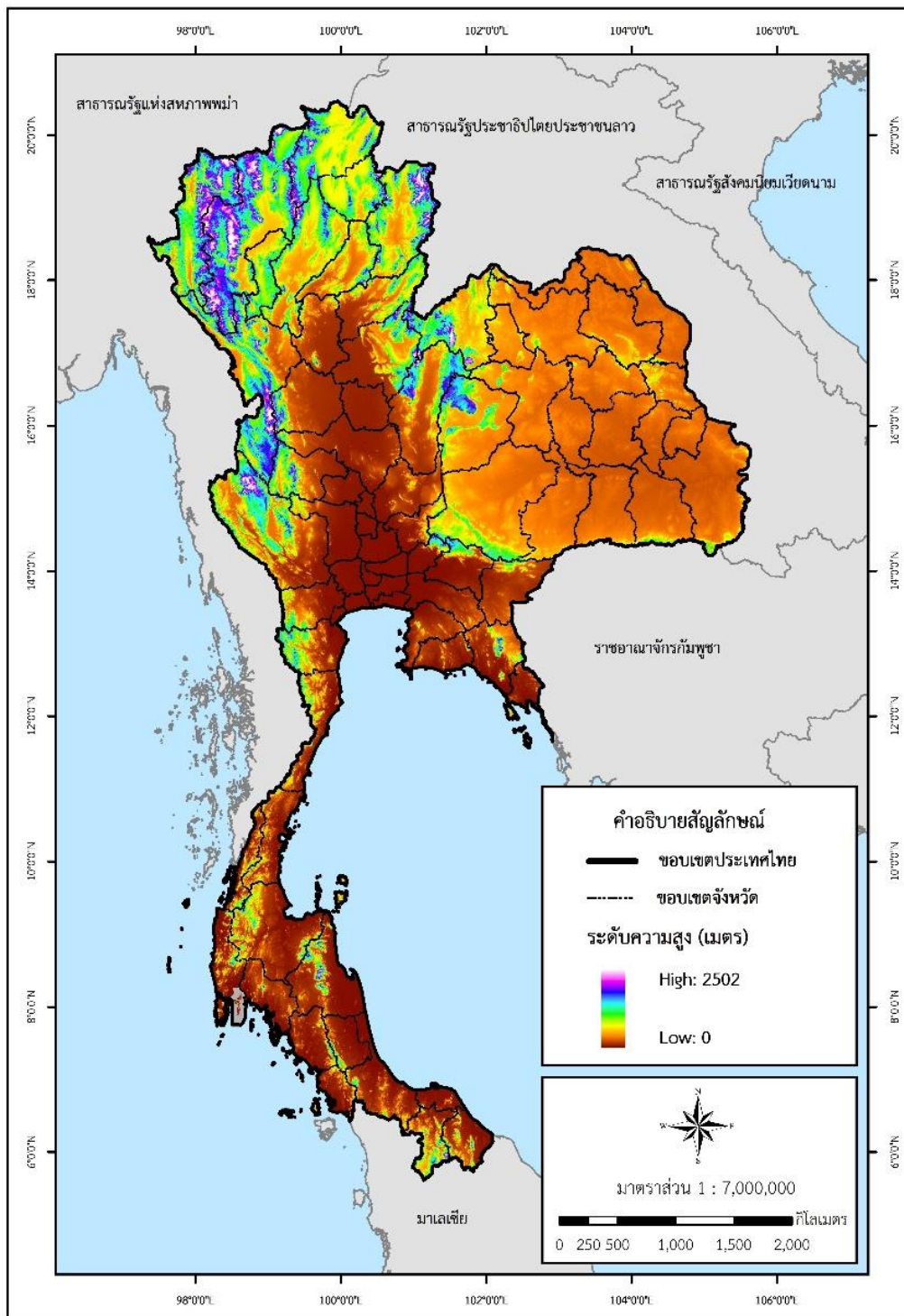
งานศึกษาวิจัยเรื่องนี้ แบ่งวิธีการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) วิธีการดำเนินงานวิจัยการศึกษาความเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่เพาะปลูกพืช 2) วิธีการดำเนินงานวิจัยการคาดการณ์ระดับความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกพืช ในสภาวะที่ได้รับผลกระทบจากภาวะภัยแล้งและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต โดยแสดงแผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังรูปที่ 2.1



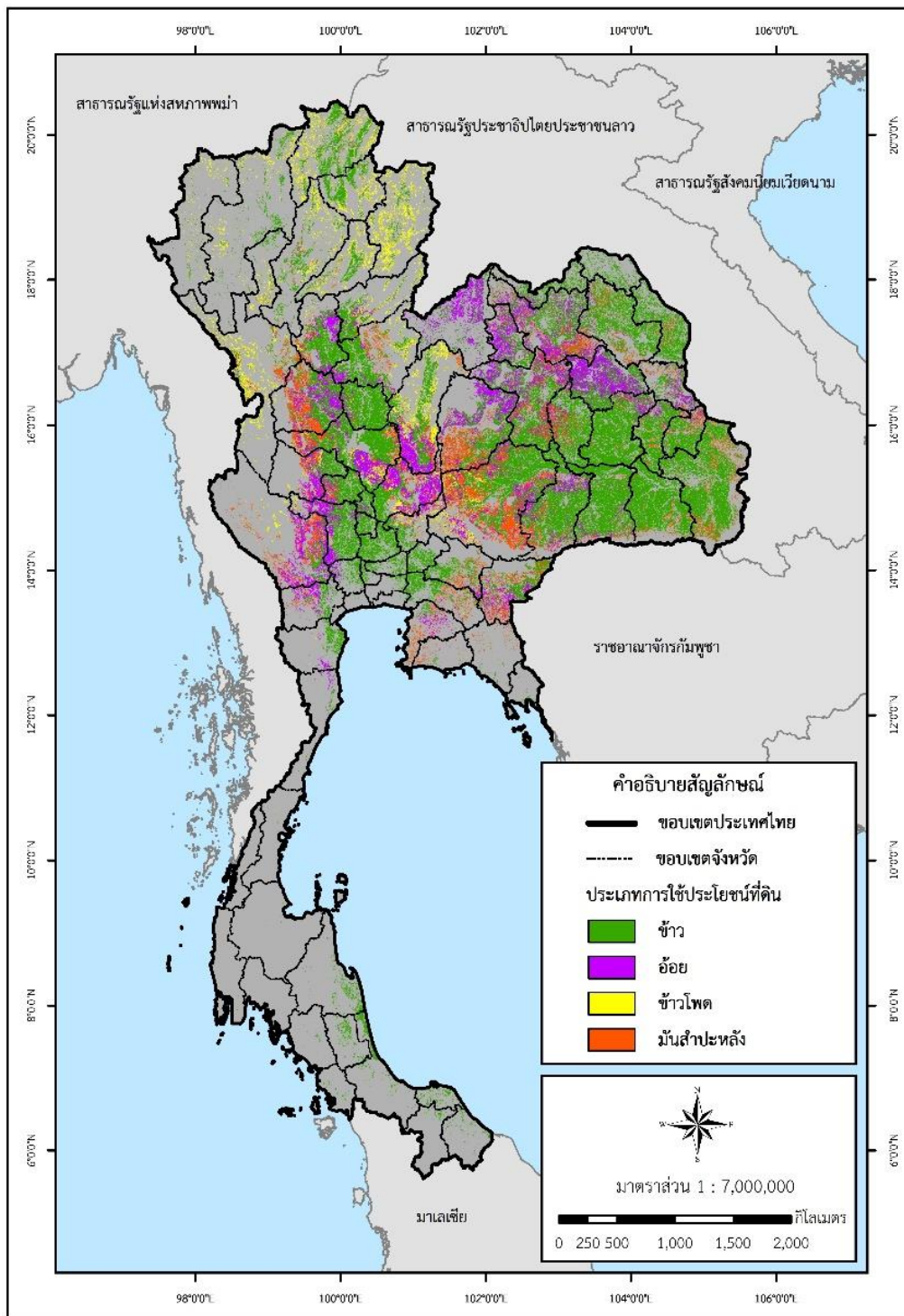
รูปที่ 2.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

### 2.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษามีพิกัด ละติจูดที่ 5° 36' 45.86" ถึง 20° 27' 53.73" เหนือ และลองจิจูดที่ 97° 20' 37.32" ถึง 105° 38' 13.29" ตะวันออก ตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ประเทศไทย มีจังหวัดทั้งหมด 77 จังหวัด มีเนื้อที่ประมาณ 517,633 ตารางกิโลเมตร ในส่วนของการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่เพาะปลูกพืช ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพด โดยพื้นที่ปลูกข้าว มีพื้นที่ประมาณ 108,524.29 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ปลูกอ้อย มีพื้นที่ประมาณ 31,863.87 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง มีพื้นที่ประมาณ 23,595.66 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ปลูกข้าวโพด มีพื้นที่ประมาณ 13,551.50 ตารางกิโลเมตร อ้างอิงจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2561 – 2562 แสดงดังรูปที่ 2.2 และ 2.3



รูปที่ 2.2 พื้นที่ศึกษาและลักษณะภูมิประเทศ



รูปที่ 2.3 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่เพาะปลูกพืช 4 ชนิด ปี พ.ศ. 2561 - 2562

## 2.2 ข้อมูลที่ใช้การศึกษา

งานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน 3 ช่วงเวลา ได้แก่ พ.ศ. 2543 -2544, พ.ศ. 2553 - 2555 และพ.ศ. 2561 - 2562 มีความละเอียดข้อมูลระดับ 3 จากกรมพัฒนาที่ดิน

ข้อมูลปัจจัยภูมิอากาศด้านชีววิทยา (Bioclimatic variable) หรือชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศของโลก จำนวน 19 ตัวแปร แบ่งเป็นออกเป็น 2 ชุดข้อมูล ได้แก่ ชุดข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยในช่วง 30 ปี (พ.ศ.2513 - 2543) เป็นชุดข้อมูลของช่วงเวลาในอดีตที่ผ่านมา เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์เพื่อสร้างแบบจำลอง

ชุดข้อมูลแบบจำลองสภาพภูมิอากาศในอนาคต Coupled Model Intercomparison Project - Phase 6 (CMIP6) ได้แก่ พ.ศ. 2564 – 2583, พ.ศ. 2584 – 2603, พ.ศ. 2604 – 2623, และพ.ศ. 2624 – 2643 ภายใต้สถานการณ์ SSP245 และ SSP585 ที่ได้จากแบบจำลอง MRI-ESM2-0 ใช้สำหรับนำเข้าแบบจำลองเพื่อคาดการณ์ระดับความเหมาะสมของพื้นที่เพาะปลูกพืชในอนาคต โดยชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศมีความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial resolution) 0.04177 องศาหรือประมาณ 4,625 เมตร ต่อ 1 จุดภาพ มีระบบพิกัดอ้างอิงแบบ World Geodetic System 1984 (WGS 1984) และข้อมูลขอบเขตการปกครองประเทศไทย แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2.1 และ 2.2

### ตารางที่ 2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

Data	Reference
ประเภทพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ - พ.ศ. 2543 - 2544 - พ.ศ. 2553 - 2555 - พ.ศ. 2561 - 2562
ข้อมูลภูมิอากาศในอดีต	WorldClim 2.0 พ.ศ. 2513 – 2543
ข้อมูลภูมิอากาศในอนาคต ภายใต้สถานการณ์ (SSP245 และ SSP585) CMIP Phase 6 (CMIP6)	WorldClim 2.1 - พ.ศ. 2564 – 2583 - พ.ศ. 2584 – 2603 - พ.ศ. 2604 – 2623 - พ.ศ. 2624 – 2643
ขอบเขตการปกครอง	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), พ.ศ. 2555
แบบจำลองความสูงเชิงเลข (SRTM DEM)	Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, USGS

### ตารางที่ 2.2 ข้อมูลตัวแปร Bioclimatic

Variables	Abbreviations	Units
Annual mean temperature	Bio1	°C
Mean Diurnal Range	Bio2	°C
Isothermality	Bio3	Unitless
Temperature Seasonality	Bio4	Unitless
Max Temperature of Warmest Month	Bio5	°C
Min Temperature of Coldest Month	Bio6	°C
Temperature Annual Range	Bio7	°C

Variables	Abbreviations	Units
Mean Temperature of Wettest Quarter	Bio8	°C
Mean Temperature of Driest Quarter	Bio9	°C
Mean Temperature of Warmest Quarter	Bio10	°C
Mean Temperature of Coldest Quarter	Bio11	°C
Annual Precipitation	Bio12	mm
Precipitation of Wettest Month	Bio13	mm
Precipitation of Driest Month	Bio14	mm
Precipitation Seasonality	Bio15	Unitless
Precipitation of Wettest Quarter	Bio16	mm
Precipitation of Driest Quarter	Bio17	mm
Precipitation of Warmest Quarter	Bio18	mm
Precipitation of Coldest Quarter	Bio19	mm

### 2.3 กระบวนการก่อนการประมวลผล (Pre-Processing)

ในขั้นตอนนี้จะทำการเตรียมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น เพื่อใช้สำหรับนำไปวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองในขั้นตอนต่อไป โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่เพาะปลูกพืช และข้อมูลสภาพภูมิอากาศของในอดีตและข้อมูลสภาพภูมิอากาศในอนาคต แสดงรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

#### 2.3.1 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การจัดเตรียมข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่อยู่จัดเก็บอยู่รูปแบบฐานข้อมูล GIS เนื่องจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้รับมาจากกรมพัฒนาที่ดินถูกแบ่งออกเป็นหลายไฟล์แยกตามภูมิภาค ดังนั้นจึงต้องทำการรวมข้อมูลทั้งหมด (Merge) ให้อยู่ใน 1 ไฟล์ และทำการคัดเลือกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินเฉพาะพื้นที่เพาะปลูกพืชข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพดออกมา โดยคัดเลือกจากข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Table) ที่คอลัมน์ “LU\_CODE” ซึ่งเป็นคอลัมน์ที่จัดเก็บชนิดของพืช เช่น นาข้าว คอลัมน์ LU\_CODE = A100 A101 เป็นต้น

#### 2.3.2 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

ในขั้นตอนนี้จะทำการเตรียมข้อมูลตัวแปรทางของ Bioclimatic ทั้ง 19 ตัวแปร โดยการดึงค่าของข้อมูลสภาพภูมิอากาศทั้ง 19 ตัวแปร ของแต่ละจุดภาพในบริเวณเพาะปลูกพืชแต่ละชนิด โดยอ้างอิงตำแหน่งของพื้นที่เพาะปลูกพืชจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และเนื่องจากข้อมูลอยู่ในรูปแบบของแรสเตอร์ จึงต้องทำการแปลงข้อมูลจุดภาพให้อยู่ในรูปแบบโครงสร้าง Array ของตัวเลขขึ้นมา ดังรูปที่ 2.4 จากนั้นจึงทำการคัดเลือกตัวแปร Bioclimatic ที่มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ต่อการกระจายตัวของพืชแต่ละชนิดและลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลซึ่งจะทำให้เกิดปัญหา multi-collinearity โดยพิจารณาจาก variance inflation factor < 10 และ Pearson Correlation Coefficient < 0.7 (Chatterjee et al., 2013; Naimi et al., 2014; Trisurat et al., 2014) ก่อนที่จะนำข้อมูลเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์ในโปรแกรม R ต่อไป



275	204	1639	400	11	93	941	42	486	42
275	203	1654	405	10	92	947	42	492	42
273	203	1690	418	10	93	975	41	501	41
276	206	1665	410	11	94	967	41	490	41
277	206	1658	408	11	93	961	41	490	41
268	199	1414	322	5	87	776	34	424	35
274	204	1717	428	9	92	982	44	513	44
276	207	1652	407	11	93	953	41	491	41
274	204	1716	428	8	92	981	42	514	42
270	201	1660	410	10	91	948	42	496	42
275	207	1622	400	10	91	926	40	487	40
273	204	1578	386	7	90	891	39	473	39
272	205	1515	365	12	89	856	39	458	39
252	188	1086	180	4	80	523	21	334	23
274	205	1528	370	7	89	860	38	458	38
272	204	1541	375	8	90	869	39	463	39
275	207	1535	374	10	90	869	38	464	38
274	206	1513	366	7	89	852	37	454	37
275	207	1508	365	9	90	850	37	455	37
272	205	1471	352	8	89	824	37	441	37
274	206	1477	355	8	89	829	37	444	37
274	206	1456	348	8	88	816	36	438	36
274	208	1461	350	10	89	820	36	444	36
273	207	1437	342	10	88	804	35	438	35
267	200	1353	307	7	86	742	36	402	36

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการแปลงค่าจุดภาพให้อยู่ในรูปแบบ Array

ผลการคัดเลือกตัวแปร Bioclimatic ที่มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ โดยตัวแปร Bioclimatic ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและใช้สำหรับเป็นข้อมูลสำหรับคาดการณ์พื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกพืชในอนาคต แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ปัจจัยที่มีความเหมาะสมต่อการวิเคราะห์

Variables	Abbreviations	Rice	Sugarcane	Cassava	Corn
Annual mean temperature	Bio1	-	-	-	-
Mean Diurnal Range	Bio2	✓	✓	✓	✓
Isothermality	Bio3	-	-	-	-
Temperature Seasonality	Bio4	-	-	-	-
Max Temperature of Warmest Month	Bio5	-	-	-	-
Min Temperature of Coldest Month	Bio6	-	-	-	-
Temperature Annual Range	Bio7	-	-	-	-
Mean Temperature of Wettest Quarter	Bio8	✓	✓	✓	✓
Mean Temperature of Driest Quarter	Bio9	-	-	-	-
Mean Temperature of Warmest Quarter	Bio10	✓	-	-	-
Mean Temperature of Coldest Quarter	Bio11	-	-	-	-
Annual Precipitation	Bio12	✓	✓	✓	✓
Precipitation of Wettest Month	Bio13	-	✓	-	-
Precipitation of Driest Month	Bio14	✓	✓	✓	✓
Precipitation Seasonality	Bio15	✓	✓	✓	✓
Precipitation of Wettest Quarter	Bio16	-	-	-	-
Precipitation of Driest Quarter	Bio17	-	✓	-	✓
Precipitation of Warmest Quarter	Bio18	✓	✓	✓	✓
Precipitation of Coldest Quarter	Bio19	-	✓	✓	✓

## 2.4 การประมวลผลข้อมูล (Data Processing)

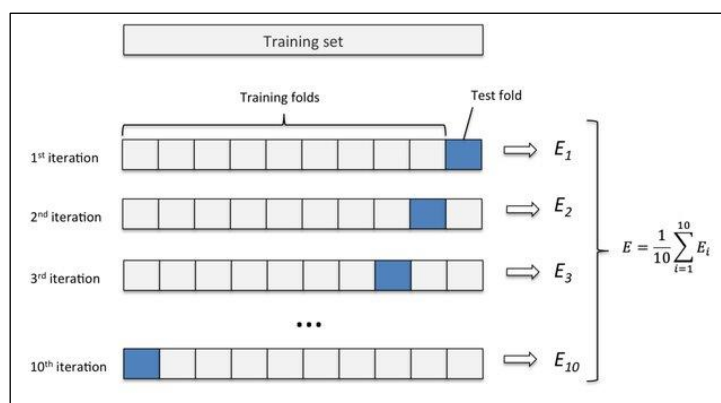
### 2.4.1 การวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ในขั้นตอนนี้จะทำการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่เพาะปลูกพืช 4 ชนิด ทั้ง 3 ช่วงเวลา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 - 2544, พ.ศ. 2553 - 2555 และ พ.ศ. 2561 - 2562 โดยนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของพืช ทั้ง 3 ช่วงเวลามาวิเคราะห์แบบซ้อนทับ (Overlay Analysis) ทางด้านเพื่อศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทที่เกิดการเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา

### 2.4.2 การสร้างแบบจำลองและการประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองการกระจายตัวของพืชพันธุ์เพื่อใช้สำหรับคาดการณ์ในอนาคตที่อยู่ในรูปแบบเชิงพื้นที่และเชิงเวลา โดยทำการวิเคราะห์ปัจจัยระหว่างข้อมูลสภาพภูมิอากาศกับข้อมูลตำแหน่งพืชแต่ละชนิดที่สนใจ โดยในการศึกษารุ่นนี้ได้ใช้ข้อมูลภูมิอากาศในอดีตที่ผ่านมาบริเวณพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกพืช ในศึกษาความสัมพันธ์เพื่อสร้างแบบจำลอง และข้อมูลภูมิอากาศในอนาคตภายใต้สถานการณ์ Shared Socio-economic Pathways (SSP245 และ SSP585) ของแบบจำลอง MRI-ESM2-0 ใช้เพื่อนำเข้าสู่แบบจำลองการกระจายตัวของพืชพันธุ์ที่ผ่านการประเมินประสิทธิภาพแล้วสำหรับคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกพืชในอนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ

การศึกษารุ่นนี้ได้ทำการคัดเลือกแบบจำลองทางสถิติที่นิยมนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองการกระจายตัวของพืชพันธุ์ ได้แก่ Generalized Additive Model (GAM), Generalized Linear Model (GLM), Maximum Entropy (Max Ent), Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM) และ Classification And Regression Trees (CART) (Ahmed et al., 2021; Pecchi et al., 2019; Trisurat et al., 2014) การประมวลผลข้อมูลในครั้งนี้จะใช้โปรแกรม R ในฟังก์ชันของแพ็คเกจ biomod2 เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลอง ชุดข้อมูลสำหรับการศึกษารุ่นนี้จะถูกแบ่งเป็น 2 ชุด ได้แก่ training set (70%) ใช้สำหรับการฝึกสอนเพื่อพัฒนาแบบจำลอง และ test set (30%) ใช้สำหรับการตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง แต่ในบางครั้งอาจเกิดปัญหาจากการเลือกข้อมูลที่ดีและง่ายมาเป็นข้อมูลชุดทดสอบ ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้นั้นดีเกินจริง ดังนั้นทำการสุ่มตัวอย่างแบบ K-Fold Cross Validation เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยการแบ่งข้อมูลแบบ K-Fold Cross Validation คือการแบ่งข้อมูลออกเป็น K ชุดเท่าๆกัน และทำการคำนวณค่าความผิดพลาด K รอบ โดยแต่ละรอบการคำนวณข้อมูลชุดหนึ่งจากข้อมูล K ชุด จะถูกเลือกออกมาเพื่อเป็นข้อมูลทดสอบและข้อมูลอีก K-1 ชุด จะถูกใช้เป็นข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ดังตัวอย่างต่อไปนี้ K-Fold Cross Validation (K = 10) ชุดข้อมูลหลังจากทำการแบ่งออกเป็น 10 ชุดข้อมูลย่อยเท่าๆกัน โดยแต่ละกล่องคือชุดข้อมูลย่อย 1 ชุด ดังรูปที่ 2.5 (นิเวศ จิระวิชิตชัย, 2553)



รูปที่ 2.5 Diagram ของ k-fold cross-validation

ในส่วนของการประเมินประสิทธิภาพจะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละแบบจำลองทางสถิติโดยพิจารณาจาก 1) พื้นที่ใต้โค้ง (Area under the ROC Curve: AUC) ของเส้นโค้งลักษณะเฉพาะดำเนินการตัวรับ (Relative Operating Characteristic Curve: ROC) 2) ค่าความถูกต้องของแบบจำลอง (True Skill Statistic: TSS) เพื่อคัดเลือกแบบจำลองที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด ในการคาดการณ์การกระจายตัวของพืชพันธุ์ต่อไปในอนาคต (Fielding and Bell, 1997; Allouche et al., 2006)

### 3. ผลการศึกษา

#### 3.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่เพาะปลูกพืช

ผลที่ได้จากการศึกษาความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เพาะปลูกพืชทั้ง 4 ชนิด โดยแบ่งช่วงเวลาของการศึกษาเป็น 3 ช่วง คือ ปี พ.ศ. 2543 - 2544, พ.ศ. 2553 - 2555 และ พ.ศ. 2561 - 2562 แสดงดังรูปที่ 2.6 - 2.9 แผนที่แสดงความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เพาะปลูกพืชทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพด ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า

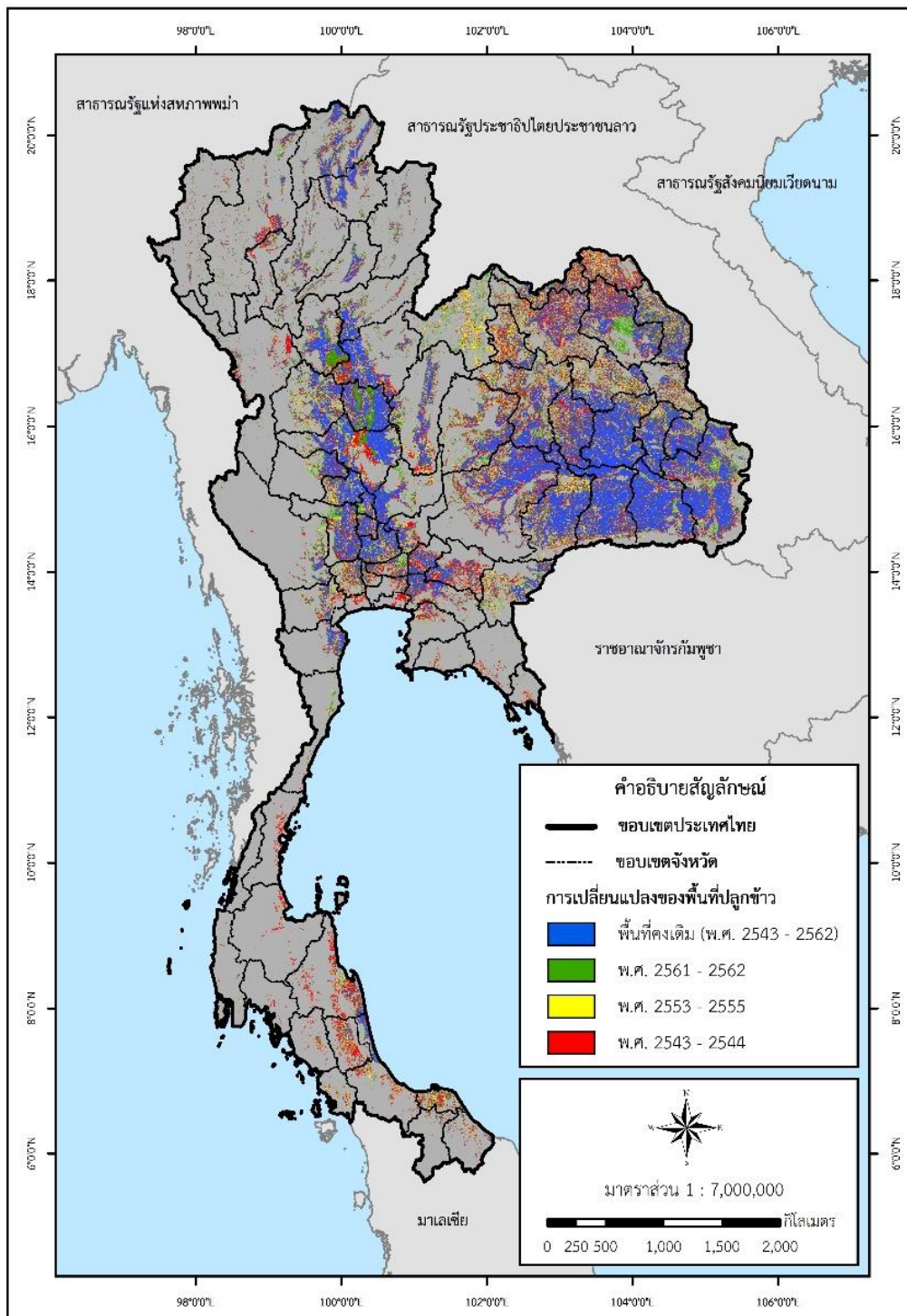
พื้นที่ปลูกข้าว พ.ศ. 2543 - 2544 คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 140,224.23 ตารางกิโลเมตรหรือคิดเป็นร้อยละ 27.09 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ปลูกข้าว พ.ศ. 2553 - 2555 คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 119,104.58 ตารางกิโลเมตรหรือคิดเป็นร้อยละ 23.01 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ปลูกข้าว พ.ศ. 2561 - 2562 คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 108,524.29 ตารางกิโลเมตรหรือคิดเป็นร้อยละ 20.97 ของพื้นที่ทั้งหมด และพื้นที่ปลูกข้าวคงเดิม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 - 2562 คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 78,517.90 ตารางกิโลเมตรหรือคิดเป็นร้อยละ 15.01 ของพื้นที่ทั้งหมด จากการเปรียบเทียบข้อมูลทั้ง 3 ช่วงเวลา พบว่าพื้นที่ปลูกข้าวมีแนวโน้มที่ลดลง โดยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงร้อยละ -22.61

พื้นที่ปลูกอ้อย พ.ศ. 2543 - 2544 คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 23,323.55 ตารางกิโลเมตรหรือคิดเป็นร้อยละ 4.51 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ปลูกอ้อย พ.ศ. 2553 - 2555 คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 22,993.66 ตารางกิโลเมตรหรือคิดเป็นร้อยละ 4.44 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ปลูกอ้อย พ.ศ. 2561 - 2562 คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 31,863.87 ตารางกิโลเมตรหรือคิดเป็นร้อยละ 6.16 ของพื้นที่ทั้งหมด และพื้นที่ปลูกอ้อยคงเดิม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 - 2562 คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 6,736.01 ตารางกิโลเมตรหรือคิดเป็นร้อยละ 1.30 ของพื้นที่ทั้งหมด จากการเปรียบเทียบข้อมูลทั้ง 3 ช่วงเวลา พบว่าพื้นที่ปลูกอ้อยมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น โดยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงร้อยละ 36.62

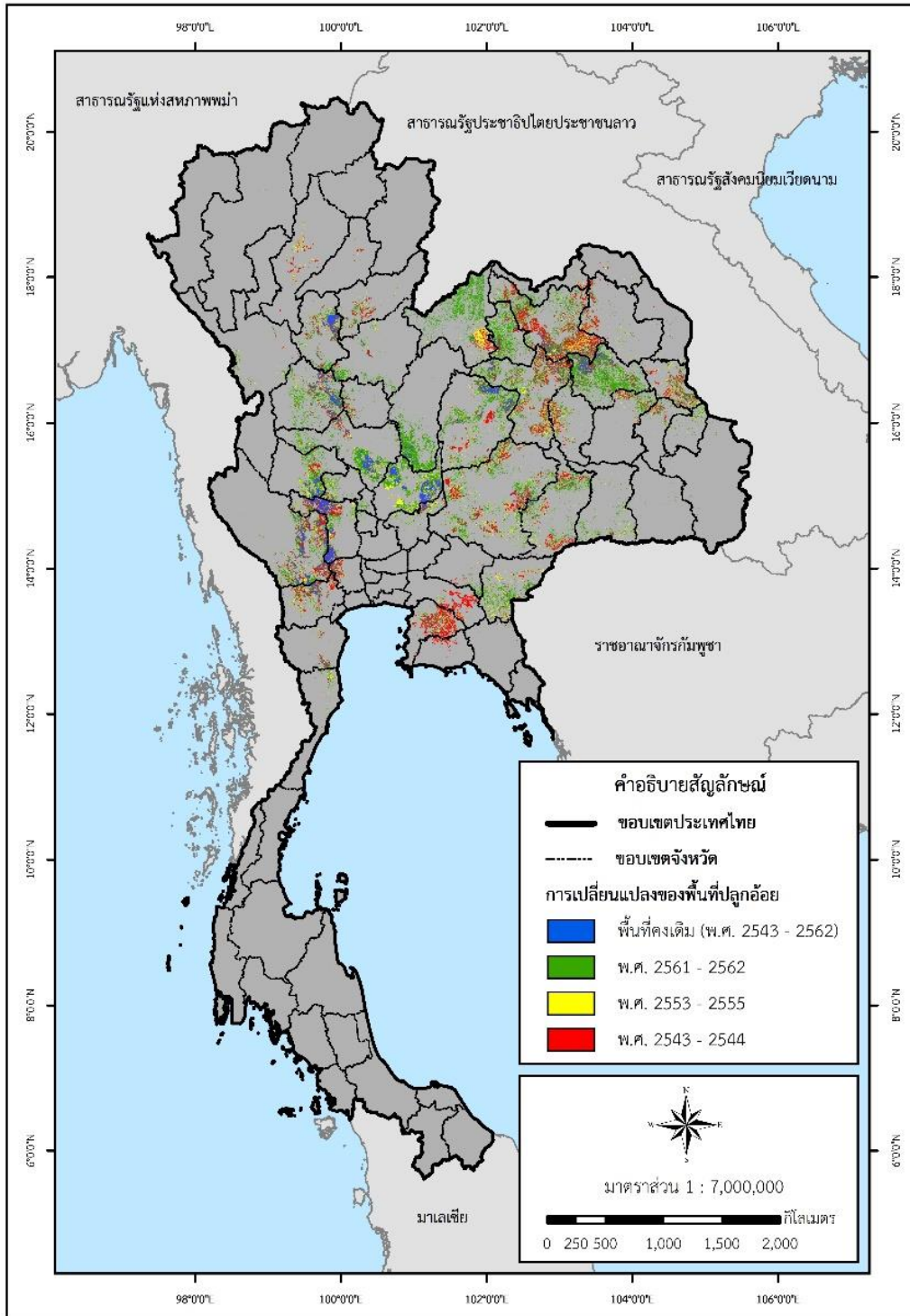
พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง พ.ศ. 2543 - 2544 คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 17,406.41 ตารางกิโลเมตรหรือคิดเป็นร้อยละ 3.36 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง พ.ศ. 2553 - 2555 คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 20,097.17 ตารางกิโลเมตรหรือคิดเป็นร้อยละ 3.88 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง พ.ศ. 2561 - 2562 คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 23,595.66 ตารางกิโลเมตรหรือคิดเป็นร้อยละ 4.56 ของพื้นที่ทั้งหมด และพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังคงเดิม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 - 2562 คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 3,746.35 ตารางกิโลเมตรหรือคิดเป็นร้อยละ 0.72 ของพื้นที่ทั้งหมด พบว่าพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น โดยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงร้อยละ 35.56

พื้นที่ปลูกข้าวโพด พ.ศ. 2543 - 2544 คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 22,751.62 ตารางกิโลเมตรหรือคิดเป็นร้อยละ 4.40 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ปลูกข้าวโพด พ.ศ. 2553 - 2555 คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 16,551.71 ตารางกิโลเมตรหรือคิดเป็นร้อยละ 3.20 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ปลูกข้าวโพด พ.ศ. 2561 - 2562 คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 13,551.50 ตารางกิโลเมตรหรือคิดเป็นร้อยละ 2.62 ของพื้นที่ทั้งหมด และพื้นที่ปลูกข้าวโพดคงเดิม

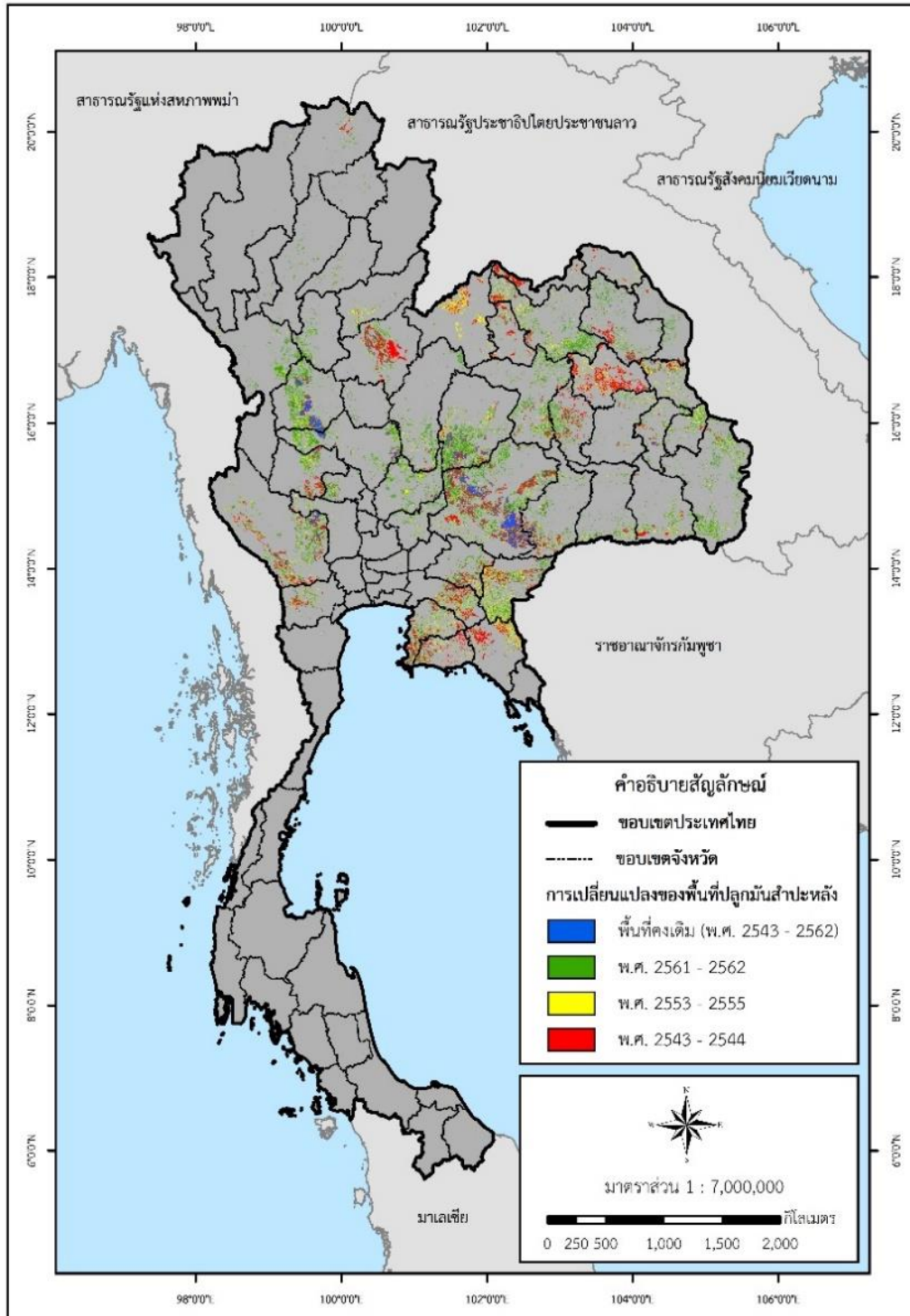
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 – 2562 คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 2,221.51 ตารางกิโลเมตรหรือคิดเป็นร้อยละ 0.43 ของพื้นที่ทั้งหมด พบว่าพื้นที่ปลูกข้าวโพดมีแนวโน้มที่ลดลง โดยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงร้อยละ -40.44



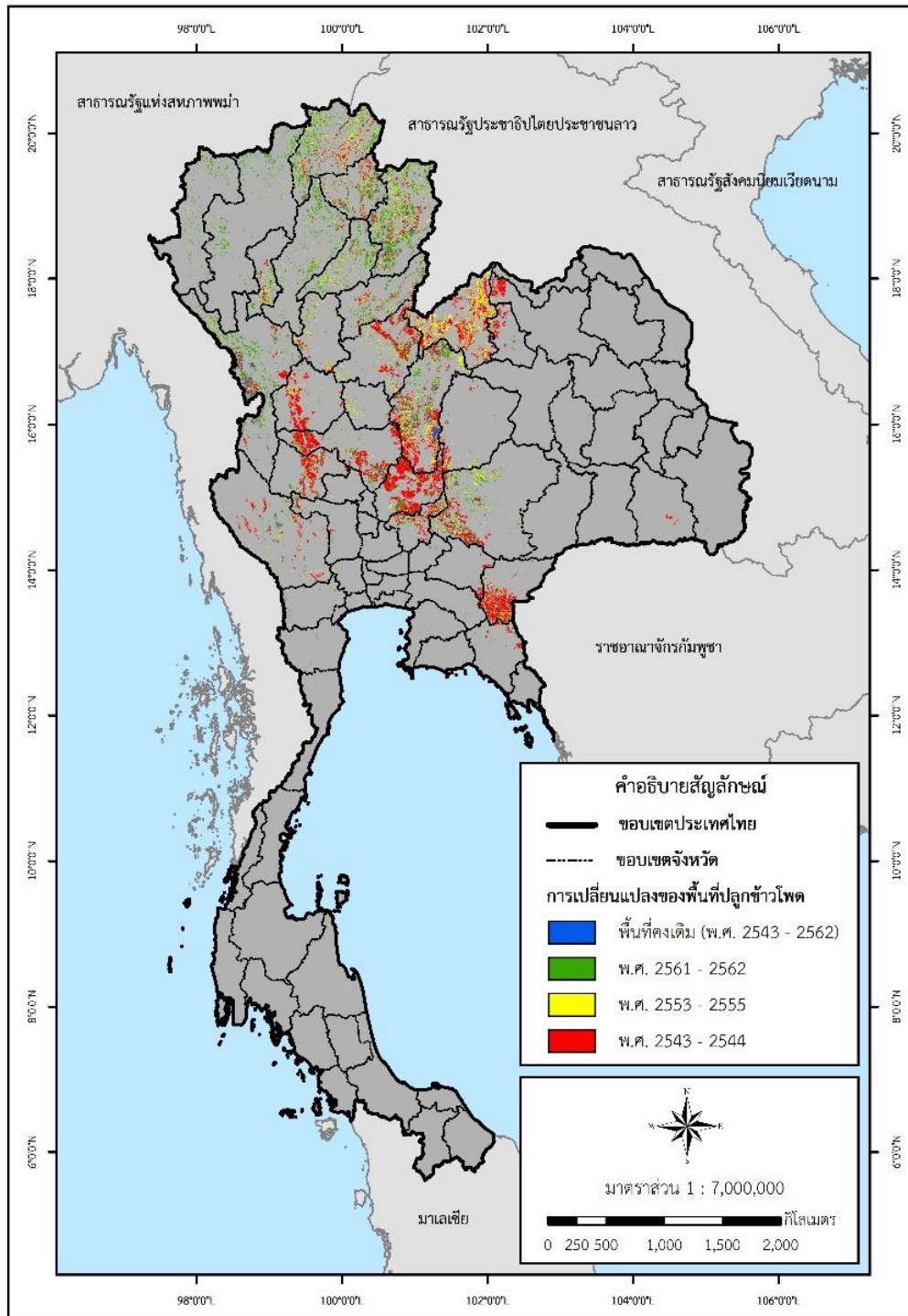
รูปที่ 2.6 แผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เพาะปลูกข้าว



รูปที่ 2.7 แผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เพาะปลูกอ้อย



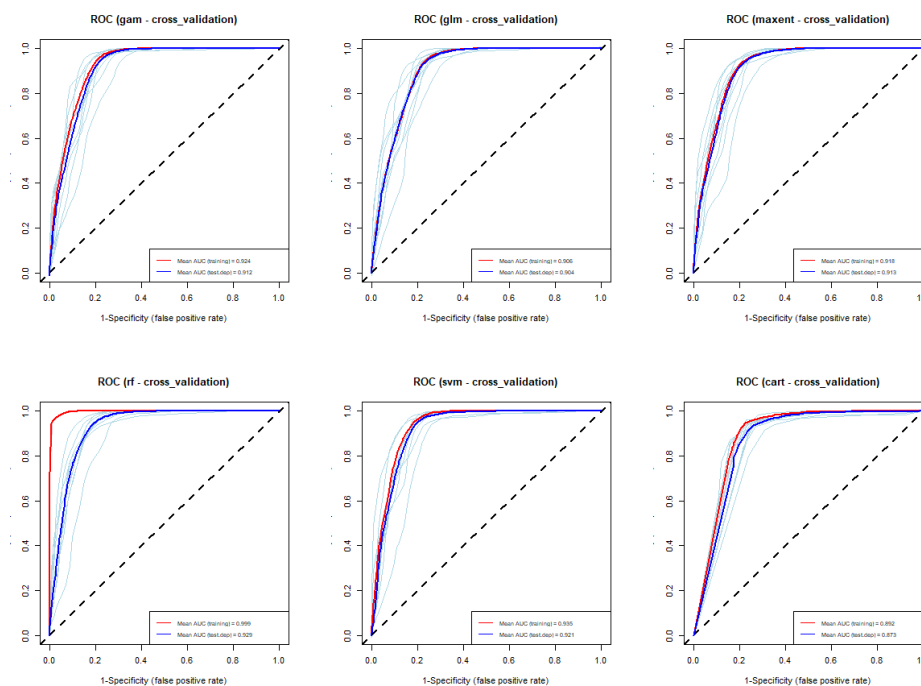
รูปที่ 2.8 แผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลัง



รูปที่ 2.9 แผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพด

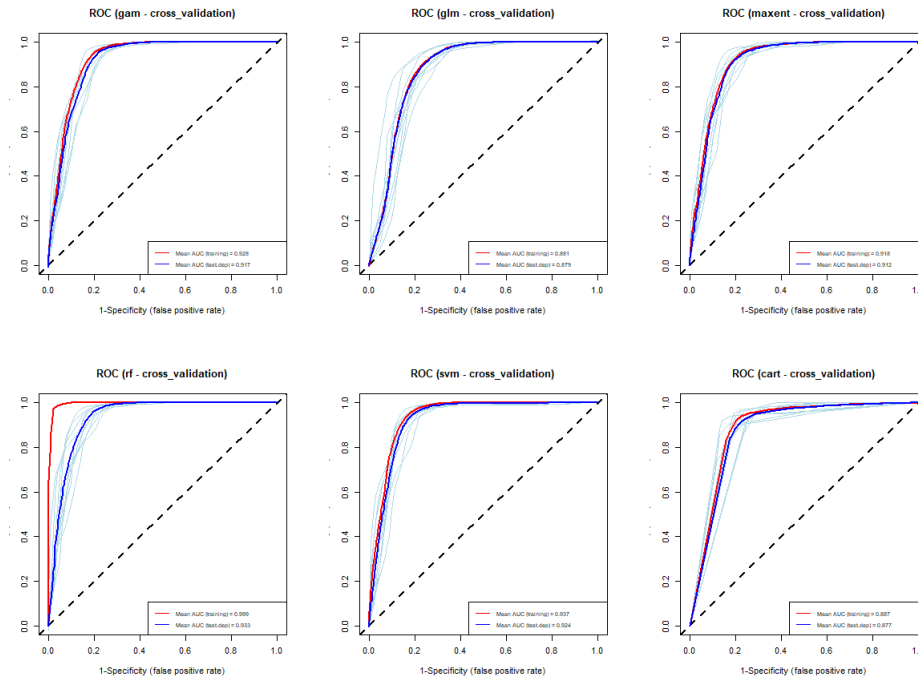
### 3.2 การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำการสร้างแบบจำลองการกระจายตัวพืชพันธุ์ เพื่อคาดการณ์พื้นที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกพืชในอนาคต โดยการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภูมิอากาศในอดีตกับพื้นที่เพาะปลูกเศรษฐกิจ 4 ชนิด ของแบบจำลองต่างๆ ที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ทั้งหมด 6 แบบจำลอง ได้แก่ Generalized Additive Model (GAM), Generalized Linear Model (GLM), Maximum Entropy (Max Ent), Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM) และ Classification And Regression Trees (CART) แสดงค่าทดสอบโดยวิธี Receiver operating characteristic (ROC) curves และ True Kill Statistic (TSS) โดยค่าที่เข้าใกล้ 1 แสดงถึงแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพที่สูงและค่าที่เข้าใกล้ 0 แสดงถึงแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพที่ต่ำ ผลที่ได้จากการประเมินประสิทธิภาพ แสดงดังรูปที่ 2.10 – 2.13 และตารางที่ 2.4

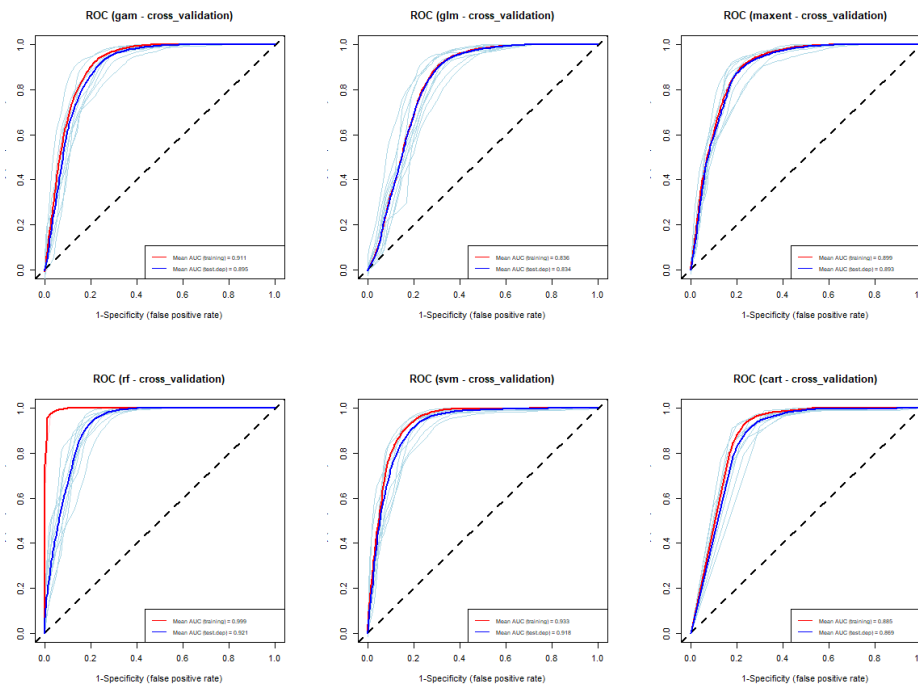


รูปที่ 2.10 Receiver operating characteristic (ROC) curves ของข้าว

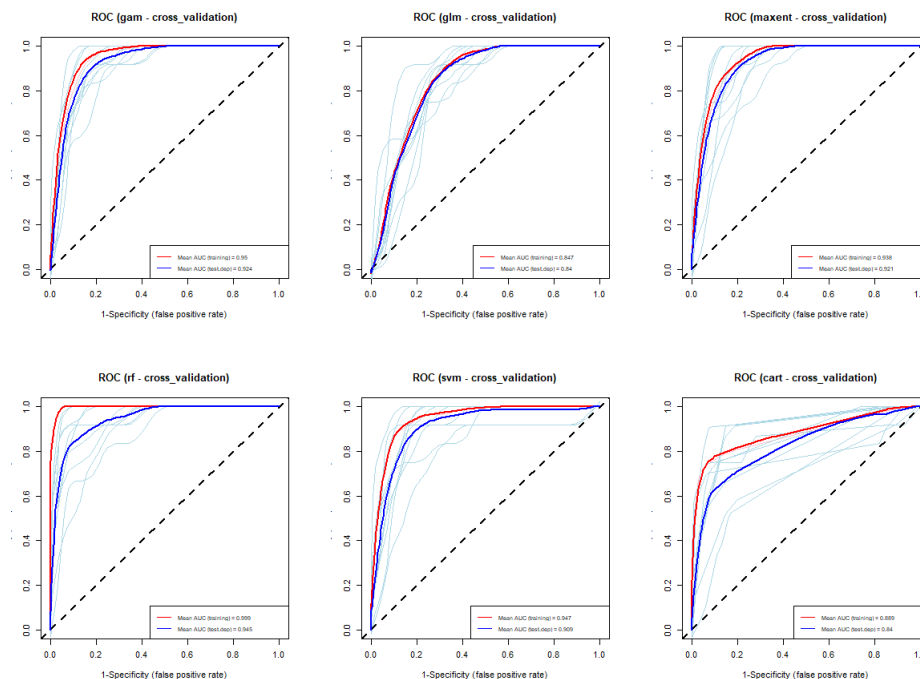




รูปที่ 2.11 Receiver operating characteristic (ROC) curves ของอ้อย



รูปที่ 2.12 Receiver operating characteristic (ROC) curves ของมันสำปะหลัง



รูปที่ 2.13 Receiver operating characteristic (ROC) curves ของข้าวโพด

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองโดยวิธี True Skill Statistic (TSS)

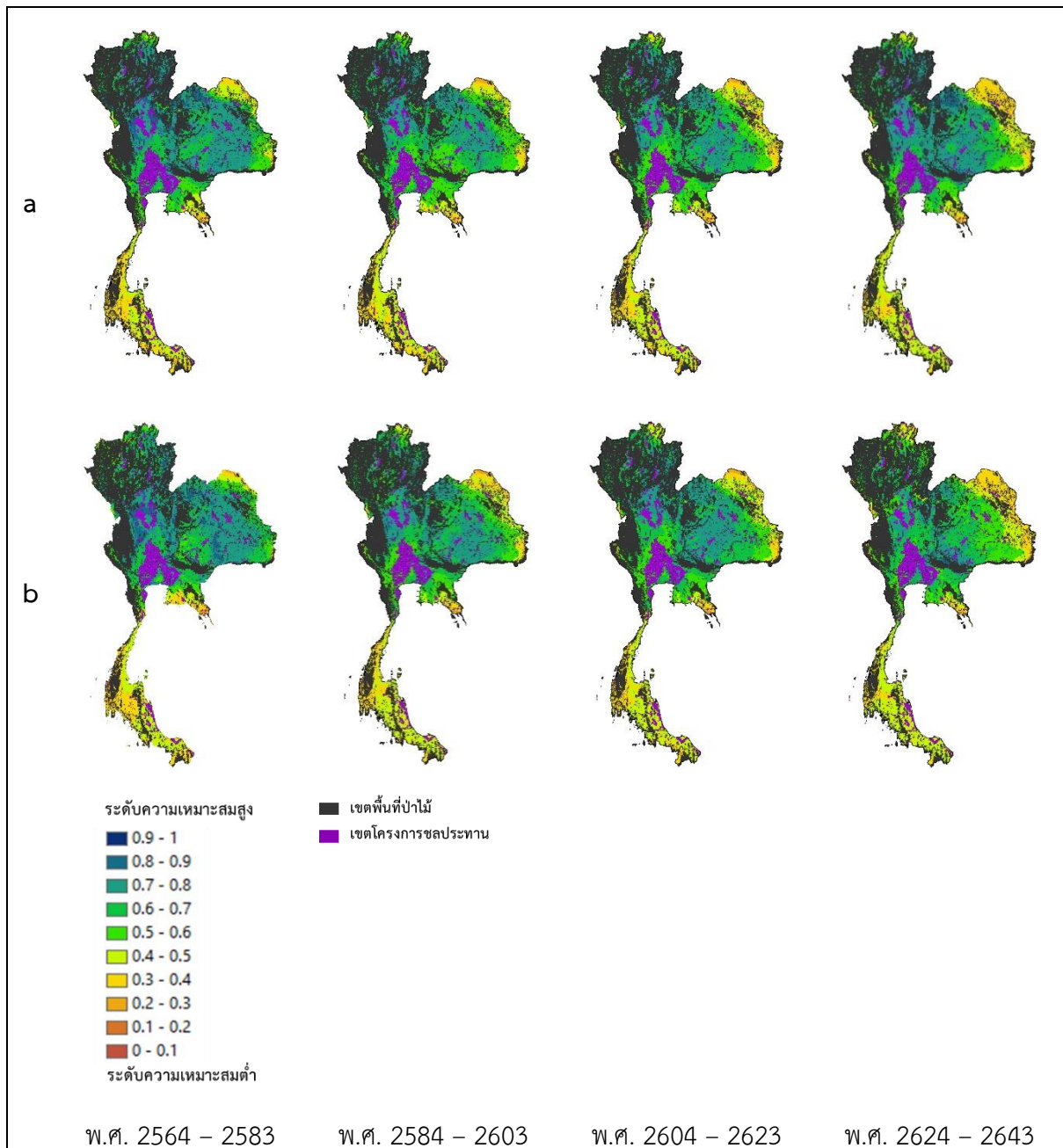
Model	Rice	Sugarcane	Cassava	Corn
Generalized Additive Mode (GAM)	0.75	0.76	0.70	0.78
Generalized Linear Model (GLM)	0.74	0.69	0.62	0.64
Maximum Entropy (Max Ent)	0.75	0.75	0.70	0.79
Random Forest (RF)	0.78	0.85	0.79	0.82
Support Vector Machine (SVM)	0.76	0.79	0.74	0.78
Classification And Regression Trees (CART)	0.70	0.71	0.67	0.65

จากรูปที่ 2.10 – 2.13 และตารางที่ 2.4 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองต่างๆ โดยพิจารณาจากค่าความถูกต้องสูงที่สุดของ Receiver operating characteristic (ROC) curves และ True Skill Statistic (TSS) เมื่อเปรียบเทียบค่าทดสอบของแต่ละแบบจำลอง พบว่าแบบจำลองที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด ได้แก่ Random Forest ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้แบบจำลอง Random Forest สำหรับการคาดการณ์ศักยภาพของพื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกพืชภายใต้สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงในอนาคต

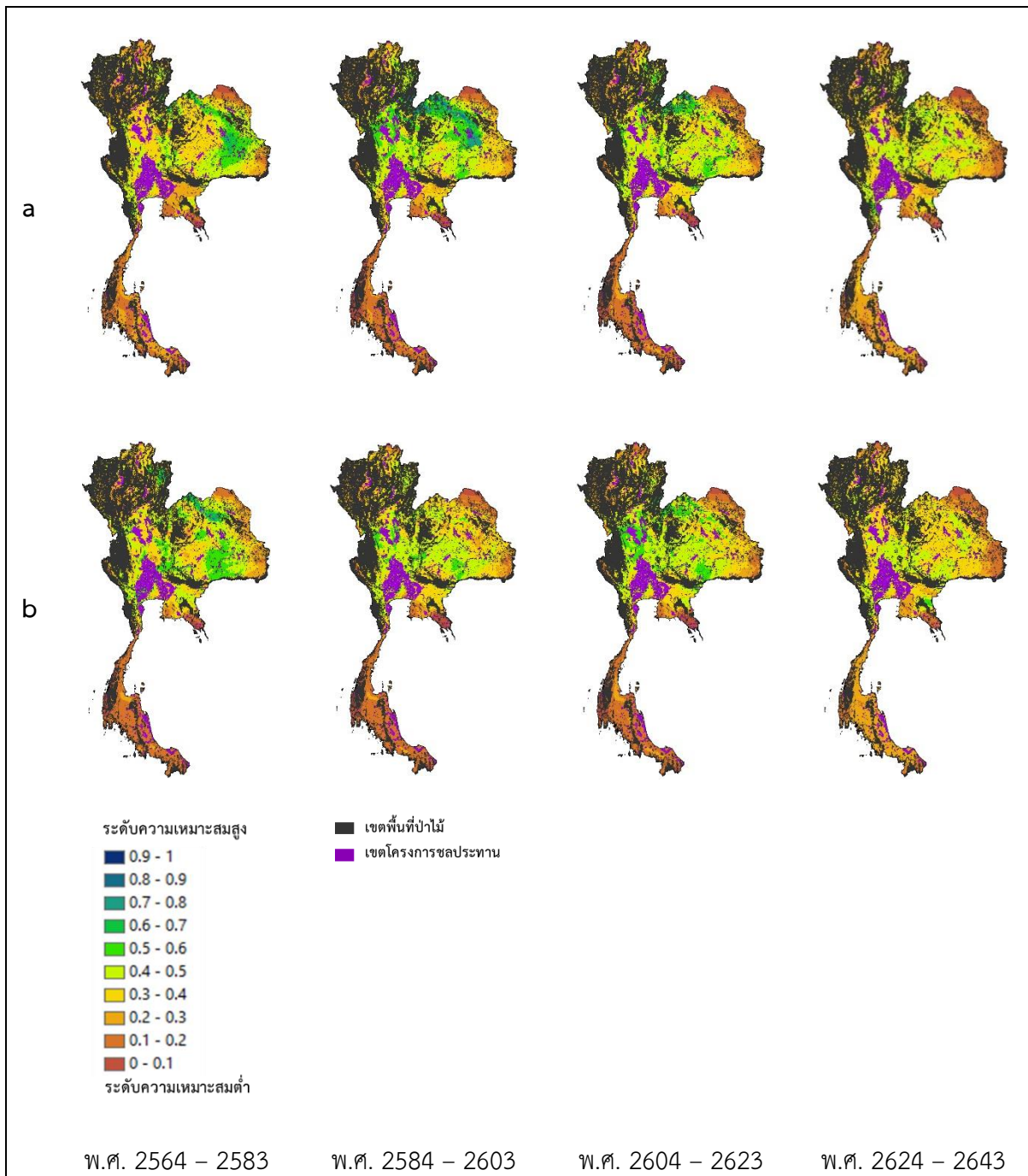
### 3.3 ผลการคาดการณ์ระดับความเหมาะสมของพื้นที่เพาะปลูกพืชในอนาคต

ผลการศึกษาคาดการณ์พื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกพืชทั้ง 4 ชนิด ในอนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ SSP4.5 และ SSP8.5 โดยใช้แบบจำลอง Random Forest ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งช่วงเวลาออกเป็น 4 ช่วง ได้แก่ ปี พ.ศ. 2564 – 2583, พ.ศ. 2584 – 2603, พ.ศ. 2604 – 2623, และ พ.ศ. 2624 – 2643 แสดงดังรูปที่ 2.14 – 2.17 โดยแสดงค่าความเหมาะสมของพื้นที่เพาะปลูกในรูปแบบเชิงพื้นที่ โดยค่าที่เข้าใกล้ 1 แสดงถึงความน่าจะเป็นของพื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกที่สูง ในขณะที่ ค่าที่เข้าใกล้ 0 แสดงถึงความน่าจะเป็นของพื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกที่ต่ำ

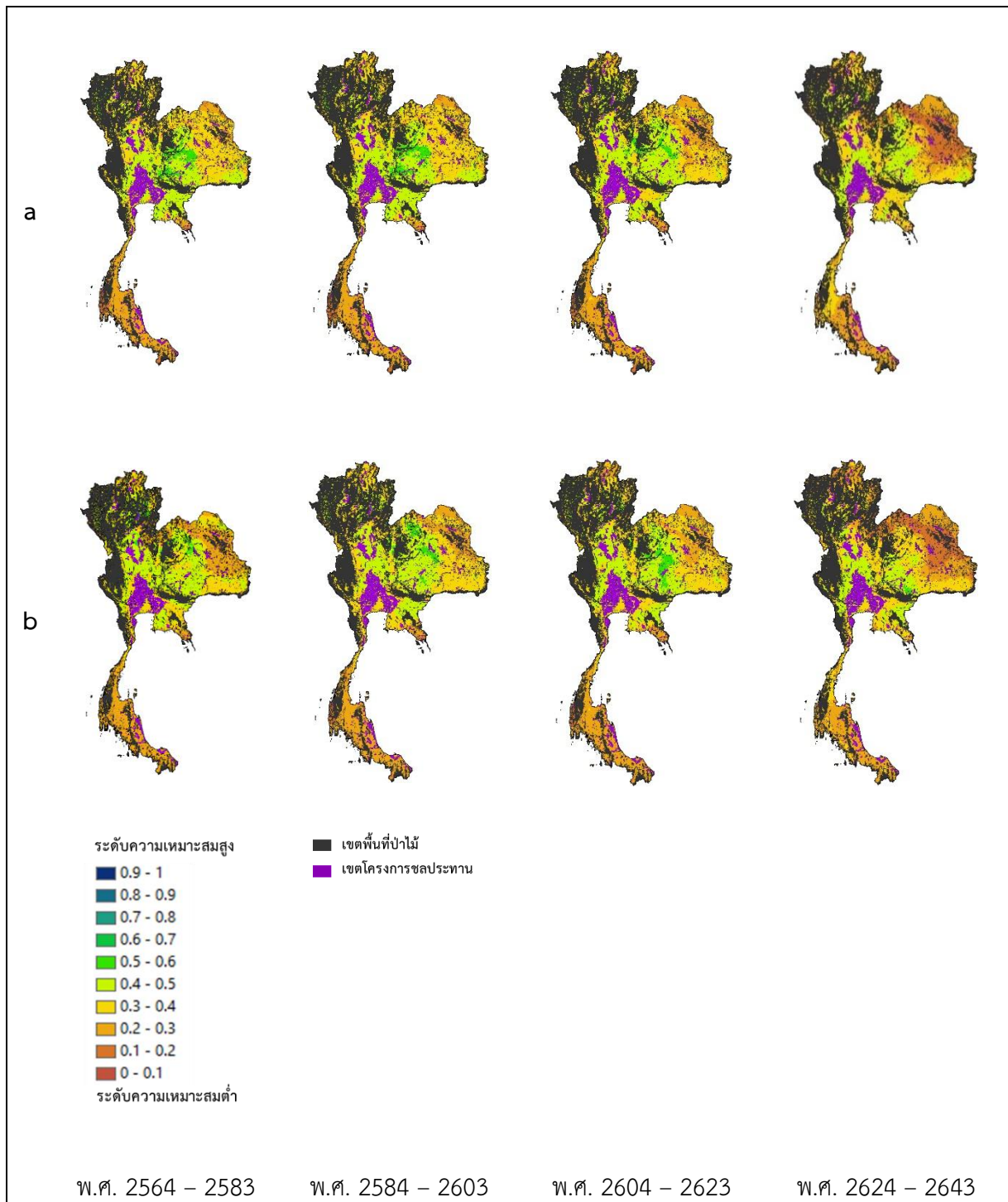
ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการตัดพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่อุทยานแห่งชาติและพื้นที่ชลประทานออกไปโดยไม่นำมาคิดรวม เนื่องจากพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่อุทยานแห่งชาติเป็นพื้นที่ควบคุมเฉพาะ ไม่สามารถทำการเกษตรใดๆ ได้ รวมถึงพื้นที่เขตชลประทานซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการให้บริการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตรส่งผลให้มีน้ำใช้เพื่อการเกษตรตลอดฤดูกาลเพาะปลูกพืช



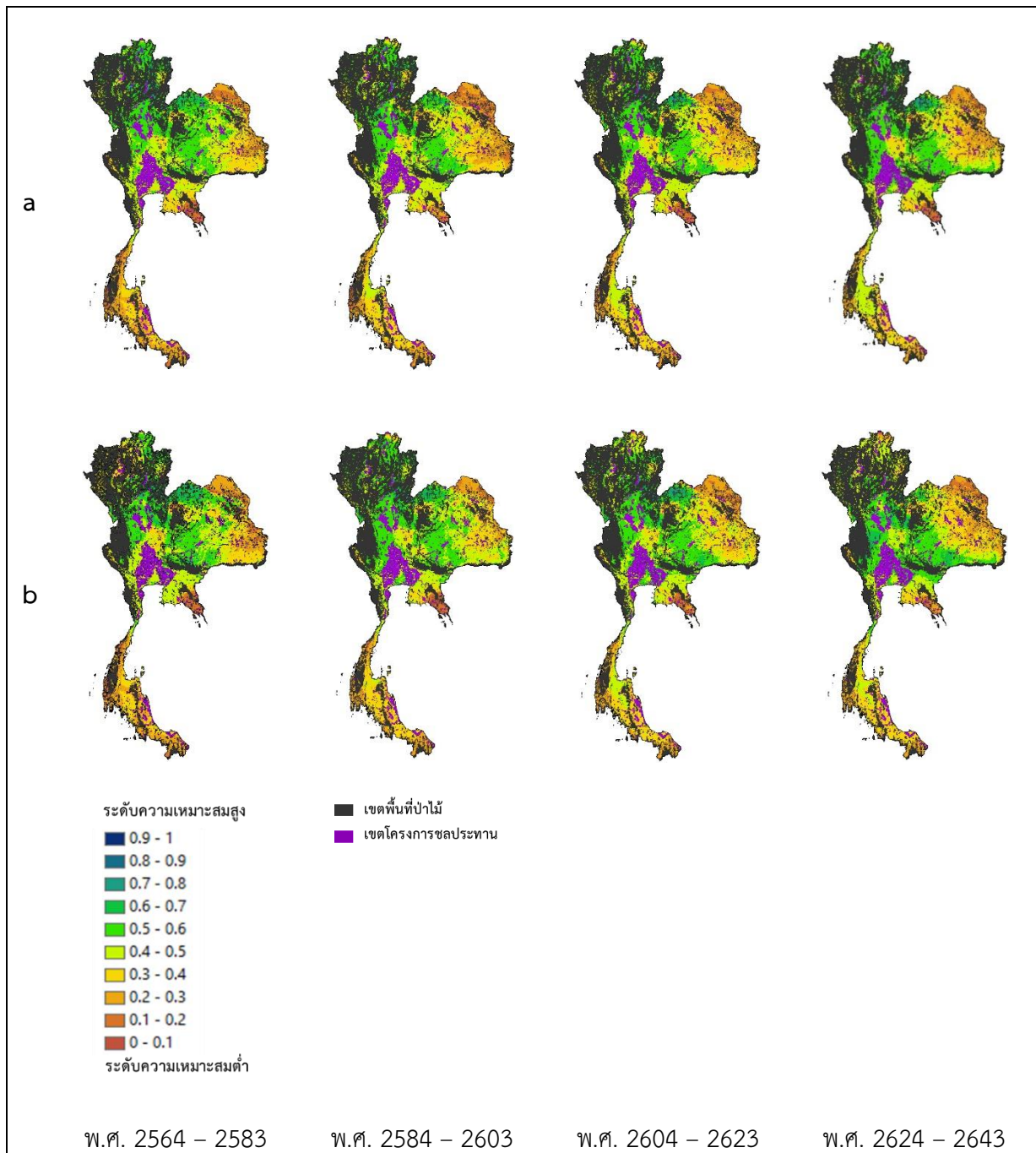
รูปที่ 2.14 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวในอนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5



รูปที่ 2.15 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกอ้อยในอนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5



รูปที่ 2.16 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกมันสำปะหลังในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5



รูปที่ 2.17 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวโพดในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5

ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกพืช 4 ชนิด ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ SSP4.5 และ SSP8.5 ในอนาคตของช่วง 20 ปี ข้างหน้า (พ.ศ. 2564 – 2583) เมื่อพิจารณาความน่าจะเป็นของพื้นที่ที่มีระดับความเหมาะสมเพาะปลูกมากกว่า 0.50 ขึ้นไป

ผลจากการศึกษาพบว่าจังหวัดที่มีพื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 สูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ นครราชสีมา อุบลราชธานี ขอนแก่น บุรีรัมย์ และอุดรธานี คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 51,147 ตารางกิโลเมตร

จังหวัดที่มีพื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวภายใต้สถานการณ์ SSP8.5 สูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ นครราชสีมา ขอนแก่น บุรีรัมย์ เพชรบูรณ์ และนครสวรรค์ คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 49,459 ตารางกิโลเมตร มีค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของตัวแปรต่างๆ ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของพื้นที่เพาะปลูกข้าวภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 และ SSP8.5 ปี พ.ศ. 2564 – 2583

Variables	Abbreviations	SSP4.5	SSP8.5	Units
Mean Diurnal Range	Bio2	10.62	10.72	°C
Mean Temperature of Wettest Quarter	Bio8	28.41	28.31	°C
Mean Temperature of Warmest Quarter	Bio10	30.80	31	°C
Annual Precipitation	Bio12	1,179.27	1,119.29	mm
Precipitation of Driest Month	Bio14	2.33	2.65	mm
Precipitation Seasonality	Bio15	84.42	85.38	mm
Precipitation of Warmest Quarter	Bio18	339.30	311.09	mm

จังหวัดที่มีพื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกอ้อยภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 สูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ร้อยเอ็ด สุรินทร์ อุดรธานี ยโสธร และกาฬสินธุ์ คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 18,986 ตารางกิโลเมตร

จังหวัดที่มีพื้นที่เหมาะสมปลูกพืชมะเขือภายใต้สถานการณ์ SSP8.5 สูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ สุรินทร์ อุดรธานี บุรีรัมย์ ร้อยเอ็ด และเพชรบูรณ์ คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 21,317 ตารางกิโลเมตร มีค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของตัวแปรต่างๆ ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของพื้นที่เพาะปลูกอ้อยภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 และ SSP8.5 ปี พ.ศ. 2564 – 2583

Variables	Abbreviations	SSP4.5	SSP8.5	Units
Mean Diurnal Range	Bio2	10.49	10.52	°C
Mean Temperature of Wettest Quarter	Bio8	28.74	28.62	°C
Annual Precipitation	Bio12	1,236.88	1,251.21	mm
Precipitation of Wettest Month	Bio13	255.77	275.28	mm
Precipitation of Driest Month	Bio14	1.88	2.29	mm
Precipitation Seasonality	Bio15	88.54	87.80	mm
Precipitation of Driest Quarter	Bio17	20.19	20.17	mm
Precipitation of Warmest Quarter	Bio18	402.36	365.52	mm

Precipitation of Coldest Quarter	Bio19	27.68	30.46	mm
----------------------------------	-------	-------	-------	----

จังหวัดที่มีพื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกมันสำปะหลังภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 สูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ นครราชสีมา บุรีรัมย์ ขอนแก่น มหาสารคาม และชัยภูมิ คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 31,265 ตารางกิโลเมตร

จังหวัดที่มีพื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกมันสำปะหลังภายใต้สถานการณ์ SSP8.5 สูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ขอนแก่น แพร่ น่าน เพชรบูรณ์ และหนองบัวลำภู คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 3,807 ตารางกิโลเมตร มีค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของตัวแปรต่างๆ ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 และ SSP8.5 ปี พ.ศ. 2564 – 2583

Variables	Abbreviations	SSP4.5	SSP8.5	Units
Mean Diurnal Range	Bio2	10.71	11.09	°C
Mean Temperature of Wettest Quarter	Bio8	28.32	27.88	°C
Annual Precipitation	Bio12	1,057.63	1,100.83	mm
Precipitation of Driest Month	Bio14	2.36	3.17	mm
Precipitation Seasonality	Bio15	80.52	88.39	mm
Precipitation of Warmest Quarter	Bio18	315.03	332.78	mm
Precipitation of Coldest Quarter	Bio19	35.92	20.46	mm

จังหวัดที่มีพื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวโพดภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 สูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ นครราชสีมา ชัยภูมิ เชียงราย เลย และอุดรธานี คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 36,210 ตารางกิโลเมตร

จังหวัดที่มีพื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวโพดภายใต้สถานการณ์ SSP8.5 สูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ นครราชสีมา อุดรธานี เลย ชัยภูมิ และบุรีรัมย์ คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 34,604 ตารางกิโลเมตร มีค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของตัวแปรต่างๆ ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 ปี พ.ศ. 2564 – 2583

Variables	Abbreviations	SSP4.5	SSP8.5	Units
Mean Diurnal Range	Bio2	10.97	10.73	°C
Mean Temperature of Wettest Quarter	Bio8	27.87	28.01	°C
Annual Precipitation	Bio12	1,129.57	1,147.12	mm
Precipitation of Driest Month	Bio14	3.71	3.22	mm
Precipitation Seasonality	Bio15	82.32	85.25	mm
Precipitation of Driest Quarter	Bio17	25.38	23.31	mm
Precipitation of Warmest Quarter	Bio18	336.88	341.06	mm
Precipitation of Coldest Quarter	Bio19	33.82	32.57	mm



ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกพืช 4 ชนิด ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ SSP4.5 และ SSP8.5 ในอนาคตของช่วง 20 ปี ข้างหน้า (พ.ศ. 2564 – 2583) เมื่อพิจารณาความน่าจะเป็นของพื้นที่ที่มีระดับความเหมาะสมเพาะปลูกที่น้อยกว่า 0.25 ลงไป

ผลจากการศึกษาพบว่าไม่มีจังหวัดที่มีพื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวต่ำ ภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 และจังหวัดที่มีพื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวต่ำ ภายใต้สถานการณ์ SSP8.5 สูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ อุบลราชธานี ตาก กาญจนบุรี และตราด คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 199 ตารางกิโลเมตร มีค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของตัวแปรต่างๆ ดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของพื้นที่เพาะปลูกข้าวที่มีความเหมาะสมต่ำ ภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 และ SSP8.5 ปี พ.ศ. 2564 – 2583

Variables	Abbreviations	SSP4.5	SSP8.5	Units
Mean Diurnal Range	Bio2	-	10.12	°C
Mean Temperature of Wettest Quarter	Bio8	-	27.06	°C
Mean Temperature of Warmest Quarter	Bio10	-	29.86	°C
Annual Precipitation	Bio12	-	2257.60	mm
Precipitation of Driest Month	Bio14	-	2.10	mm
Precipitation Seasonality	Bio15	-	104.92	mm
Precipitation of Warmest Quarter	Bio18	-	295.40	mm

จังหวัดที่มีพื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกอ้อยต่ำ ภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 สูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา อุบลราชธานี และชุมพร คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 27,775 ตารางกิโลเมตร

จังหวัดที่มีพื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกอ้อยต่ำ ภายใต้สถานการณ์ SSP8.5 สูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ชุมพร และกระบี่ คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 29,476 ตารางกิโลเมตร มีค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของตัวแปรต่างๆ ดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของพื้นที่เพาะปลูกอ้อยที่มีความเหมาะสมต่ำ ภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 และ SSP8.5 ปี พ.ศ. 2564 – 2583

Variables	Abbreviations	SSP4.5	SSP8.5	Units
Mean Diurnal Range	Bio2	8.93	8.79	°C
Mean Temperature of Wettest Quarter	Bio8	27.30	27.26	°C
Annual Precipitation	Bio12	1968.86	1959.01	mm
Precipitation of Wettest Month	Bio13	367.35	350.29	mm
Precipitation of Driest Month	Bio14	25.61	29.95	mm
Precipitation Seasonality	Bio15	70.76	65.35	mm
Precipitation of Driest Quarter	Bio17	113.65	133.04	mm
Precipitation of Warmest Quarter	Bio18	381.51	332.75	mm
Precipitation of Coldest Quarter	Bio19	477.46	604.45	mm

จังหวัดที่มีพื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกมันสำปะหลังต่ำ ภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 สูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ร้อยเอ็ด สกลนคร อุตรธานี ยโสธร และสุราษฎร์ธานี คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 21,695 ตารางกิโลเมตร

จังหวัดที่มีพื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกมันสำปะหลังต่ำ ภายใต้สถานการณ์ SSP8.5 สูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ร้อยเอ็ด ชุมพร สุราษฎร์ธานี อุตรธานี และพังงา คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 17,633 ตารางกิโลเมตร มีค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของตัวแปรต่างๆ ดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังที่มีความเหมาะสมต่ำ ภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 และ SSP8.5 ปี พ.ศ. 2564 – 2583

Variables	Abbreviations	SSP4.5	SSP8.5	Units
Mean Diurnal Range	Bio2	10.18	9.44	°C
Mean Temperature of Wettest Quarter	Bio8	28.72	27.87	°C
Annual Precipitation	Bio12	1398.87	1867.24	mm
Precipitation of Driest Month	Bio14	5.60	18.61	mm
Precipitation Seasonality	Bio15	87.06	76.78	mm
Precipitation of Warmest Quarter	Bio18	429.46	403.71	mm
Precipitation of Coldest Quarter	Bio19	82.78	315	mm

จังหวัดที่มีพื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวโพดต่ำ ภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 สูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ บึงกาฬ นครพนม จันทบุรี พังงา และชุมพร คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 16,450 ตารางกิโลเมตร

จังหวัดที่มีพื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวโพดต่ำ ภายใต้สถานการณ์ SSP8.5 สูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ อุบลราชธานี จันทบุรี นครพนม ชุมพร และสกลนคร คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 18,040 ตารางกิโลเมตร มีค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของตัวแปรต่างๆ ดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศของพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดที่มีความเหมาะสมต่ำ ภายใต้สถานการณ์ SSP4.5 และ SSP8.5 ปี พ.ศ. 2564 – 2583

Variables	Abbreviations	SSP4.5	SSP8.5	Units
Mean Diurnal Range	Bio2	9.10	9.50	°C
Mean Temperature of Wettest Quarter	Bio8	28.45	28.16	°C
Annual Precipitation	Bio12	2360.41	1913.66	mm
Precipitation of Driest Month	Bio14	14.34	9.18	mm
Precipitation Seasonality	Bio15	87.60	90.45	mm
Precipitation of Driest Quarter	Bio17	69.31	46.26	mm
Precipitation of Warmest Quarter	Bio18	741	496.91	mm
Precipitation of Coldest Quarter	Bio19	218.86	94.99	mm

## 4. อภิปรายผล สรุปผลและข้อเสนอแนะ

### 4.1 อภิปรายผล (Discussion)

ผลที่ได้จากการวิจัยแสดงให้เห็นความสามารถของการบูรณาเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศร่วมกับข้อมูลแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่ได้จากการศึกษาและวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต เพื่อคาดการณ์สถานการณ์ด้านภูมิอากาศทั้งในระยะสั้นและระยะยาว การจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้มีการพัฒนาต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน ซึ่งอยู่ในระยะที่ 6 (CMIP6) โดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและคาดการณ์พื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกพืชเศรษฐกิจ 4 ชนิด ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพด ในสภาวะที่ได้รับผลกระทบจากภาวะภัยแล้งและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย โดยการสร้างแบบจำลองการกระจายตัวของพืชพันธุ์ โดยใช้เทคนิคทางสถิติ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านภูมิอากาศกับพื้นที่ปลูกพืชในช่วงอดีตที่ผ่านมา

ในปัจจุบันพบว่ามีหลายแบบจำลองที่ถูกนำมาใช้การศึกษาและการพัฒนาแบบจำลองเพื่อคาดการณ์ศักยภาพของพื้นที่เหมาะสมสำหรับเพาะปลูกพืช โดยการคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้กับงานแต่ละงาน ควรมีการประเมินตัวชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยพิจารณาจาก ROC curve และ True Skill Statistic (Dong et al., 2020; Rathore et al., 2019; Rathore et al., 2018) ผลจากการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองพบว่า แบบจำลอง Random Forest ให้ค่าทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อเทียบกับแบบจำลองอื่นๆ รวมถึงผลการประเมินประสิทธิภาพมีความน่าเชื่อถือและยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ ที่มีการศึกษาการสร้างแบบจำลองการกระจายตัวของพืชพันธุ์ (Dang et al., 2020) โดยผลการประเมินประสิทธิภาพโดยรวมของพืช 4 ชนิด ของ ROC curve มีค่าความถูกต้องโดยรวมของ Training set มีค่าความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 0.99 Test set มีค่าความถูกต้องโดยรวมอยู่ในช่วงร้อยละ 0.92 – 0.95 และ True Skill Statistic มีค่าความถูกต้องโดยรวมอยู่ในช่วงร้อยละ 0.78 – 0.85 ผลการคัดเลือกตัวแปร Bioclimatic ที่มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ โดยตัวแปร Bioclimatic ที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้างแบบจำลองโดยรวมของพืชทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ Mean Diurnal Range (Bio2), Mean Temperature of Wettest Quarter (Bio8), Mean Temperature of Warmest Quarter (Bio10), Annual Precipitation (Bio12), Precipitation of Wettest Month (Bio13), Precipitation of Driest Month (Bio14), Precipitation Seasonality (Bio15), Precipitation of Driest Quarter (Bio17), Precipitation of Warmest Quarter (Bio18) และ Precipitation of Coldest Quarter (Bio19)

ผลจากการศึกษา พบว่าบริเวณพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ฝั่งทิศตะวันออกที่มีอาณาเขตติดกับพื้นที่ลุ่มน้ำโขง เป็นบริเวณที่ได้รับผลกระทบของพื้นที่การเกษตร เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างชัดเจน และมีระดับความรุนแรงเพิ่มขึ้นตามลำดับจนถึงช่วงปี พ.ศ.2643 โดยผลจากการคาดการณ์พบว่า พื้นที่ที่มีความเหมาะสมเพาะปลูกพืชต่ำมีการกระจายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เป็นบริเวณกว้าง ดังรูปที่ 2.14 – 2.17 โดยเฉพาะในพืชมันสำปะหลัง ข้าวโพด และอ้อย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือกำลังประสบปัญหากับความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ผลจากการศึกษาของ USAID Mekong ARCC Project ( 2013) ยังชี้ให้เห็นว่าการที่เพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนในพื้นที่นั้นจะส่งผลกระทบต่อพืชผลทางการเกษตร เนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มมากขึ้นในฤดูเพาะปลูกปกติจะนำมาซึ่งอุทกภัย สภาพน้ำขังได้ผิวดิน ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกระจายตัวของพื้นที่เพาะปลูกพืช อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนที่สูงขึ้นเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อระดับความเหมาะสมของพื้นที่เพาะปลูกพืชโดยตรง ปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นอาจจะช่วยเพิ่มผลผลิตของพืชทางเกษตรแต่การเปลี่ยนแปลงของช่วงเวลาและระยะเวลาฝนตกอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลิตได้ เช่น ปริมาณน้ำฝนที่สูงขึ้นในเดือนที่ฝนตกชุกเกิน

กว่าปกติอาจทำให้เกิดผลกระทบต่อการใช้ปุ๋ย อย่างไรก็ตามหากมีปริมาณน้ำฝนเกินกว่าขอบเขตที่พืชจะสามารถทนทานได้ พืชพันธุ์ที่อาศัยน้ำฝนโดยทั่วไปจะได้รับผลกระทบจากปริมาณน้ำฝนที่ตกต่อเนื่องหลายวัน ถ้าได้รับน้ำมากเกินไปโดยเฉพาะในฤดูเก็บเกี่ยว อาจกระทบกับผลผลิตพืช นอกจากนี้ยังทำให้เกิดแมลงศัตรูพืชและโรคพืช

ผลการคาดการณ์จากแบบจำลองภูมิอากาศในอนาคตพบว่า ปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นอาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่ที่เหมาะสมปลูกมันสำปะหลังลดลง เกิดสภาวะน้ำขังใต้ผิวดิน โรคเชื้อรา และแมลงศัตรูพืชที่เพิ่มขึ้น ก่อให้เกิดผลกระทบต่ออัตราผลผลิตทางการเกษตร อย่างไรก็ตามถึงมันสำปะหลังเป็นพืชที่ทนแล้งแต่ไม่สามารถทนต่อน้ำขังใต้ผิวดินได้ ความแปรปรวนของมันสำปะหลังยังจะขึ้นอยู่กับที่ตั้งของแปลงและสภาพของดินที่ปลูก เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้เป็นตัวชี้วัดระยะเวลาการระบายน้ำใต้ผิวดิน อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของข้าว โดยเฉพาะระยะการตั้งท้องและผลผลิตช่อดอก ทำให้อัตราการเกิดเมล็ดลีบสูงขึ้นและปริมาณเมล็ดข้าวคุณภาพลดลง หากอุณหภูมิสูงเกิน 35 องศาเซลเซียสขึ้นไป และปริมาณเมล็ดข้าวคุณภาพลดลง ในขณะที่อ้อยนั้นเป็นพืชที่สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่มีความแปรปรวนได้ดี เมื่อเทียบกับข้าวและมันสำปะหลัง พืชอ้อยมีความสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงและสภาพน้ำท่วมขังใต้ผิวดิน อย่างไรก็ตามกำลังการผลิตของอ้อยอาจได้รับผลกระทบ เนื่องจากอ้อยต้องทนรับสภาวะทั้งสองในระดับสูงและประสบกับปัญหาความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นเพื่อการปลูกอ้อย เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นตามมา

#### 4.2 สรุปผลการศึกษา

ผลจากการศึกษาการพัฒนาแบบจำลองสำหรับคาดการณ์ศักยภาพของพื้นที่เหมาะสมสำหรับเพาะปลูกพืชข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพดในอนาคตภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วยแบบจำลองภูมิอากาศ ผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองจากตัวชี้วัด ROC curve และ True Skill Statistic แสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือและยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ อย่างไรก็ตามยังคงมีข้อจำกัดของความละเอียดเชิงพื้นที่ เนื่องจากพื้นที่ 1 จุดภาพให้ความละเอียดเชิงพื้นที่ครอบคลุม 0.04177 องศาหรือประมาณ 4,625 เมตร ซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่ต่ำ เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ในระดับภูมิภาคหรือระดับประเทศมากกว่านำมาใช้ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ระดับชุมชนหรือระดับหมู่บ้าน

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตมีแนวโน้มที่จะรุนแรงเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งยังก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ทางการเกษตร โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนส่งผลกระทบต่อผลผลิตการเกษตร ภาคส่วนเกษตรจึงควรเตรียมแนวทางที่จะปรับตัวหรือเตรียมรับมือต่อสถานการณ์ในอนาคต พืชมีความต้องการสภาวะอากาศที่เหมาะสมเพื่อการเติบโต และการติดดอกออกผล การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทั้งกลางวันและกลางคืน ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝน การกระจายตัวของฝน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระหว่างช่วงฤดูเพาะปลูก อีกทั้งการขยับเลื่อนของฤดูกาล จะมีผลโดยตรงต่อผลผลิตของพืชต่างๆ ซึ่งอาจแตกต่างกันไปตามความอ่อนไหวของพืชแต่ละชนิดที่มีผลต่อสภาพอากาศที่พืชนั้นๆ จะทนทานหรือเติบโตได้ การเปลี่ยนแปลงผลผลิตที่ลดน้อยลงนำมาซึ่งความจำเป็นที่จะต้องเตรียมการปรับตัวเพื่อให้แน่ใจได้ว่า ผลผลิตทางการเกษตรยังคงอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับความต้องการบริโภคและการผลิตด้านอุตสาหกรรมเกษตรตลอดจนการค้าระหว่างประเทศในอนาคต

นอกจากนี้สิ่งที่อาจต้องนำมาพิจารณาเพิ่มเติมคือความเปราะบางของพืช (Vulnerability) คือการที่ระบบหรือภาคส่วนหนึ่งๆ ไม่มีขีดความสามารถเพียงพอที่จะบริหารจัดการให้ตนเองพ้นจากความเสียหายได้ ในการพิจารณาต้องทำความเข้าใจให้ชัดเจนว่าเป็นความเสี่ยงหรือความเปราะบางของระบบใดหรือของภาคส่วนใดๆ ภายใต้แรงกดดันจากปัจจัยเสี่ยงหรือตัวแปรทางภูมิอากาศใดบ้าง ตลอดจนพิจารณาถึงเงื่อนไขด้านเวลา

ที่เกิดภาวะของความเสี่ยงและความเปราะบางดังกล่าว เพื่อที่จะได้กำหนดยุทธศาสตร์การปรับตัวได้อย่างเหมาะสม ซึ่งบางระบบหรือภาคส่วนอาจมี ชีตความสามารถในการรับมือระยะสั้น (Coping capacity) แต่หากต้องตกอยู่ในสภาวะเสี่ยงระยะยาวหรือสภาวะแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป ชีตความสามารถในการรับมือระยะสั้นนี้อาจไม่เพียงพอเพราะมีปัจจัยอื่นๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย

#### 4.3 ข้อเสนอแนะ

4.3.1 เสริมสร้างความยืดหยุ่นของทั้งระบบการปลูกข้าวในเขตและนอกเขตชลประทาน พัฒนาและปรับปรุงพันธุ์พืช วิจัยในการหาพันธุ์พืชให้เหมาะสมและสามารถปรับสภาพตามสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงได้

4.3.2 พัฒนาการผลิตพืชที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อม เช่น การปลูกพืชในโรงเรือน การทำเกษตรแบบ Smart farming โดยใช้ข้อมูลและเทคโนโลยีต่าง ๆ

4.3.3 ส่งเสริมการกระจายความเสี่ยงด้านการเกษตรและระบบการเกษตรแบบผสมผสาน สร้างความสมดุลระหว่างพืชและสัตว์ และลดการพึ่งพาการปลูกพืชเชิงเดี่ยวที่นิยมในปัจจุบัน

4.3.4 วิเคราะห์ความเปราะบางของพื้นที่เกษตรกรรม เพื่อให้มีความครอบคลุมหลากหลายมิติทั้งภัยพิบัติทางธรรมชาติ และเศรษฐกิจ สังคม

## บรรณานุกรม

- นิเวศ จิระวิชิตชัย. (2553). การค้นหาเทคนิคเหมืองข้อมูลเพื่อสร้างโมเดลการวิเคราะห์โรค  
อ้วนโนมัติ.
- วินัย เซาว์นวิวัฒน์, จิราวรรณ คำมา และกนกศรี ศรีนนภากร. (2565). การศึกษาผลกระทบต่อ  
สภาพฝนของประเทศไทยจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยใช้เทคนิคปรับแก้  
ความคลาดเคลื่อนแบบสเกลเชิงเส้น. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่  
26, พ.ศ. 2564
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก. (2561). อุตสาหกรรม  
การเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ. [ออนไลน์] จาก : <https://www.eeco.or.th>
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. (2558). เติมน้ำระบบ MRV กลไกบริหารจัดการโลกร้อน.  
เกรียงไกร แสนทวีสุข. มปป. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสภาวะโลกร้อน  
(Climate Change & Global Warming). แหล่งที่มา;  
[www.wing2rtaf.net/department/weather/images/ commander/2.4%20.pdf](http://www.wing2rtaf.net/department/weather/images/commander/2.4%20.pdf)
- อัศมน ลิ้มสกุล. (2559): หลักฐานการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยจากข้อมูลตรวจวัดที่  
พื้นผิว. ใน: รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลง  
ภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2: องค์ความรู้และข้อมูลข่าวสารปัจจุบันด้านการเปลี่ยนแปลง  
ภูมิอากาศของไทย. คณะทำงานกลุ่มที่ 1 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [อำนาจ ชิต  
ไธสง,ปริเวท วรณโกวิท, มัทนพรรณ จิวเจียม, อัศมน ลิ้มสกุล, ศุภกร ชินวรรณ และ  
ชโลทร แก่นสันตีสุขมงคล (บรรณาธิการ)]
- An T.N. Dang, Lalit Kumar & Michael Reid. (2020). Modelling the Potential Impacts  
of Climate Change on Rice Cultivation in Mekong Delta, Vietnam.  
Sustainability 2020, 12(22), 9608; doi.org/10.3390/su12229608.
- Alan Agresti. (2007). Analysis Introduction to Categorical Data Analysis. New York:  
John Wiley & Sons.
- Allouche, O., Tsoar, A. & Kadmon, R. (2006). Assessing the Accuracy of Species  
Distribution Models: Prevalence, Kappa and the True Skill Statistic (TSS).  
Journal of Applied Ecology, 43, 1223-1232.
- Attavanich (2016). Did the Thai Rice Pledging Program Improve the Economic  
Performance and Viability of Rice Farming. Applied Economics 48(24): 2253  
2265.
- Babak Naimi, Nicholas A. S. Hamm, Thomas A. Groen, Andrew K. Skidmore &  
Albertus G. Toxopeus. (2014). Where is positional uncertainty a problem for  
species distribution modelling. Ecography 2013, 37, 191–203.

- Antonello Bonfante, Eugenia Monaco, Silvia M. Alfieri, Francesca De Lorenzi, Piero Manna, Angelo Basile & Johan Bouma. (2015). Climate Change Effects on the Suitability of an Agricultural Area to Maize Cultivation: Application of a New Hybrid Land Evaluation System. *Advances in Agronomy*. Volume 133, 2015, 33-69.
- Jian-Yu Dong, Chengye Hu, Xiumei Zhang, Xin Sun, Peidong Zhang & Wen-Tao Li (2020). Selection of aquaculture sites by using an ensemble model method: A case study of *Ruditapes philippinarum* in Moon Lake. *Aquaculture* 519(3):734897.
- Fielding, A. H. & Bell, J. F. (1997). A Review of Methods for the Assessment of Prediction Errors in Conservation Presence/Absence Models. *Environmental Conservation*, 24(1), 38-49.
- Fischer, Günther, Mahendra Shah, Francesco N. Tubiello, & Harrij Van Velhuizen. (2005). Socio-Economic and Climate Change Impacts on Agriculture: An Integrated Assessment, 1990–2080. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360(1463): 2067–83.
- Guisan A, Tingley R, Baumgartner JB, Naujokaitis-Lewis I, Sutcliffe PR, Tulloch AIT, Regan TJ, Brotons L, McDonald-Madden E, Mantyka-Pringle C, Martin TG, Rhodes JR, Maggini R, Setterfield SA, Elith J, Schwartz MW, Wintle BA, Broennimann O, Austin M, Ferrier S, Kearney MR, Possingham HP & Buckley YM. (2013). Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecol Lett*. 16:1424–35.
- Jones, Peter G, & Philip K Thornton. (2003). The Potential Impacts of Climate Change on Maize Production in Africa and Latin America in 2055. *Global environmental change* 13(1): 51–59.
- IPCC (2007) Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A.(eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- Machovina, Brian & Kenneth J Feeley. (2013). Climate Change Driven Shifts in the Extent and Location of Areas Suitable for Export Banana Production. *Ecological economics* 95: 83–95.
- Matteo Pecchi, Maurizio Marchi, Vanessa Burton, Francesca Giannetti, Marco

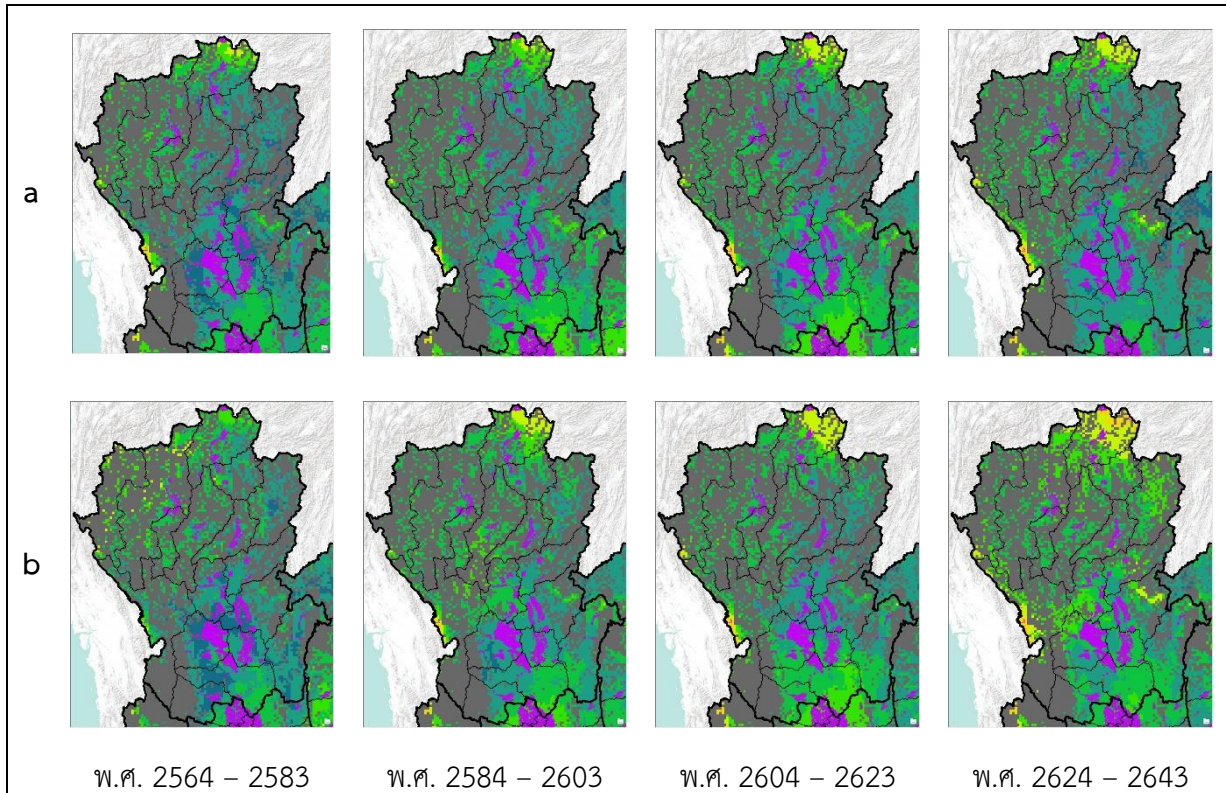
- Moriondo, Iacopo Bernetti, Marco Bindi & Gherardo Chirici. (2019). Species distribution modelling to support forest management. A literature review. *Ecological Modelling*, Elsevier, vol. 411(C).  
doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.108817
- Nurhussen Ahmed, Clement Atzberger & Worku Zewdie. (2021). Species Distribution Modelling performance and its implication for Sentinel-2-based prediction of invasive *Prosopis juliflora* in lower Awash River basin, Ethiopia. *Ecological Processes* 10(1):18. DOI: 10.1186/s13717-021-00285-6.
- Pooja Rathore, Arijit Roy & Harish Karnatak. (2019). Modelling the vulnerability of *Taxus wallichiana* to climate change scenarios in South East Asia. *Ecological Indicators* 102.
- Pooja Rathore, Arijit Roy & Harish Karnatak. (2020). Assessing the vulnerability of Oak (*Quercus*) forest ecosystems under projected climate and land use land cover changes in Western Himalaya. *Biodiversity and Conservation* (2019) 28:2275–2294.
- Samprit Chatterjee & Ali S. Hadi. (2013). *Regression Analysis by Example*.
- Trisurat, Y., Kanchanasaka, B. & Kreft, H., 2014, Assessing potential effects of land use and climate change on mammal distribution in Northern Thailand, *Wildlife Res.* 41: 522-536.
- USAID Mekong ARCC Project. 2013. USAID Mekong ARCC Climate Change Impact and Adaptation Study for the Lower Mekong Basin. DAI, Inc., Bangkok, Thailand.
- White, Michael A et al. (2006). Extreme Heat Reduces and Shifts United States Premium Wine Production in the 21st Century. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103(30): 11217–22.
- Zafar Iqbal, Shamsuddin Shahid, Kamal Ahmed, Tarmizi Ismail, Ghaith Falah Ziarh, Eun-Sung Chung & Xiaojun Wang. (2021). Evaluation of CMIP6 GCM rainfall in mainland Southeast Asia. *Atmospheric Research*. *Atmospheric Research* 254(11):105525. DOI: 10.1016/j.atmosres.2021.105525.
- Zhenhuan Liu, Peng Yang, Huajun Tang, Wenbin Wu, Li Zhang, Qiangyi Yu & Zhengguo L. (2015). Shifts in the Extent and Location of Rice Cropping Areas Match the Climate Change Pattern in China during 1980–2010. *Regional Environmental Change* 15(5): 919–29.



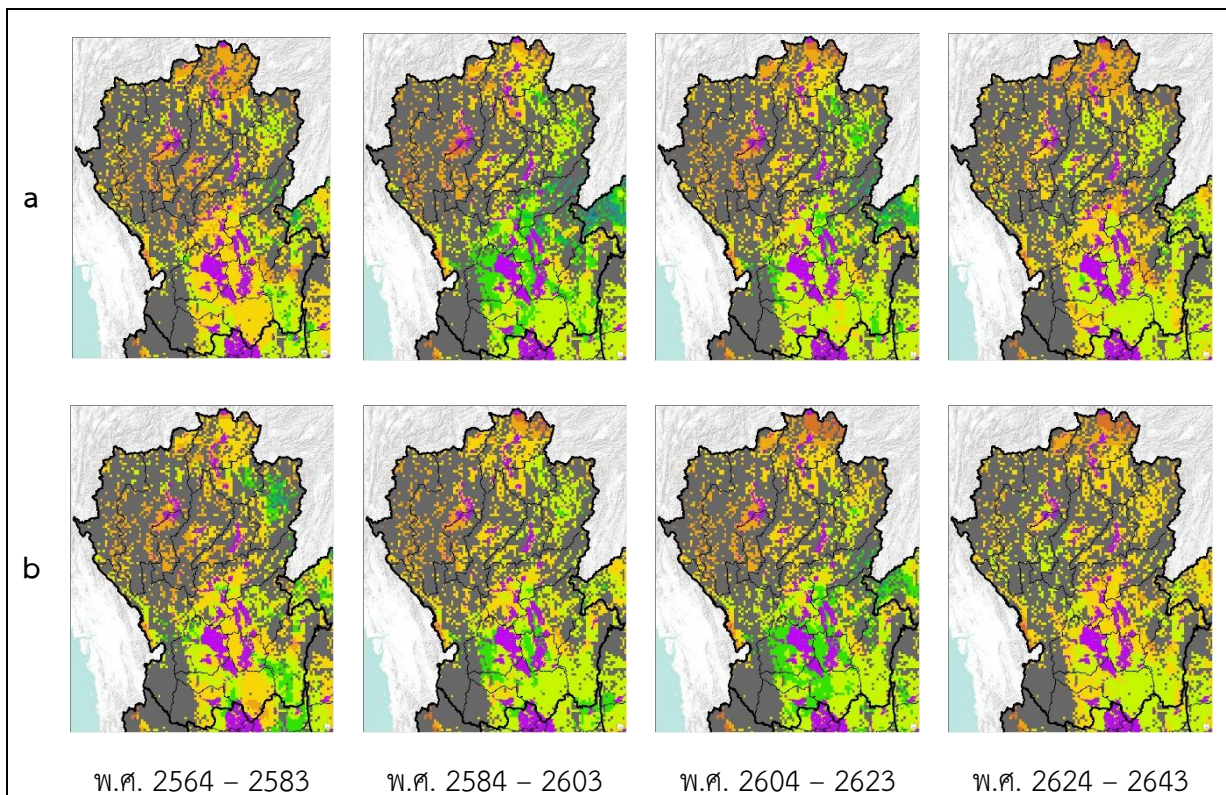
ภาคผนวก

#### ภาคผนวก ก

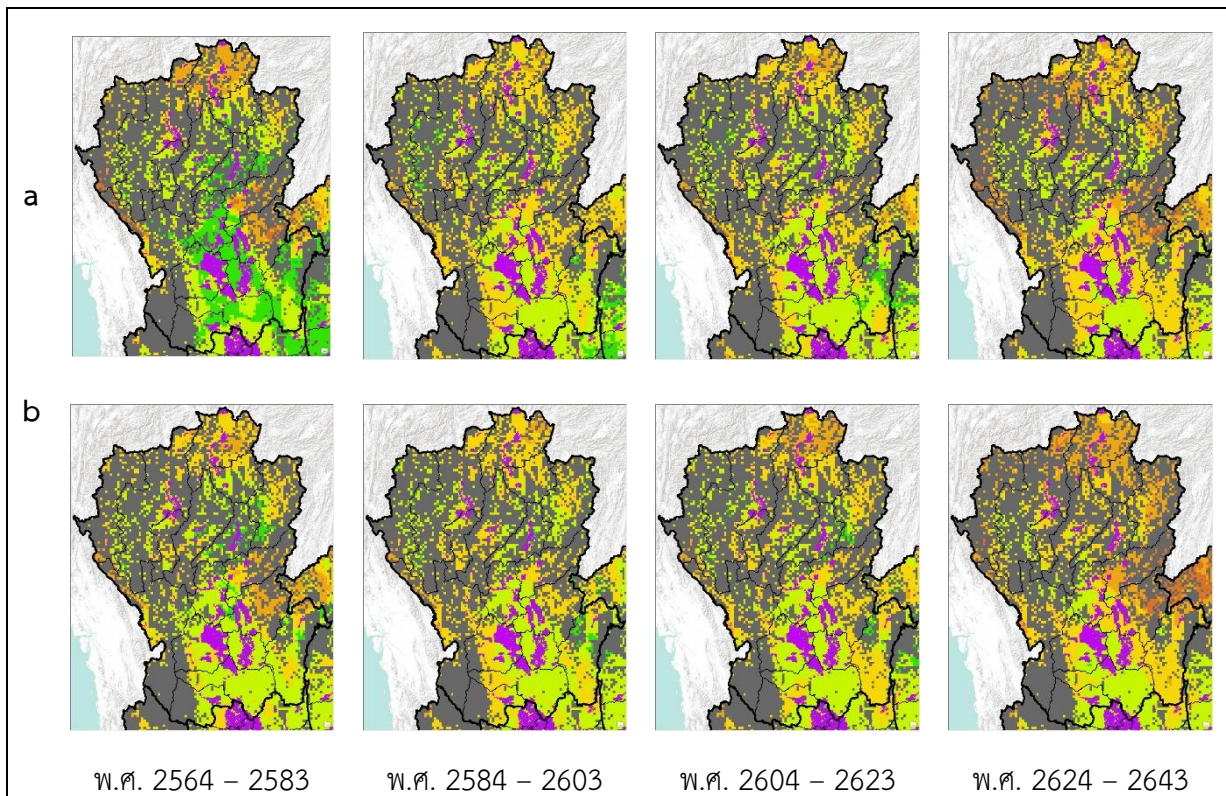
แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกพืชในอนาคตรายภูมิภาค



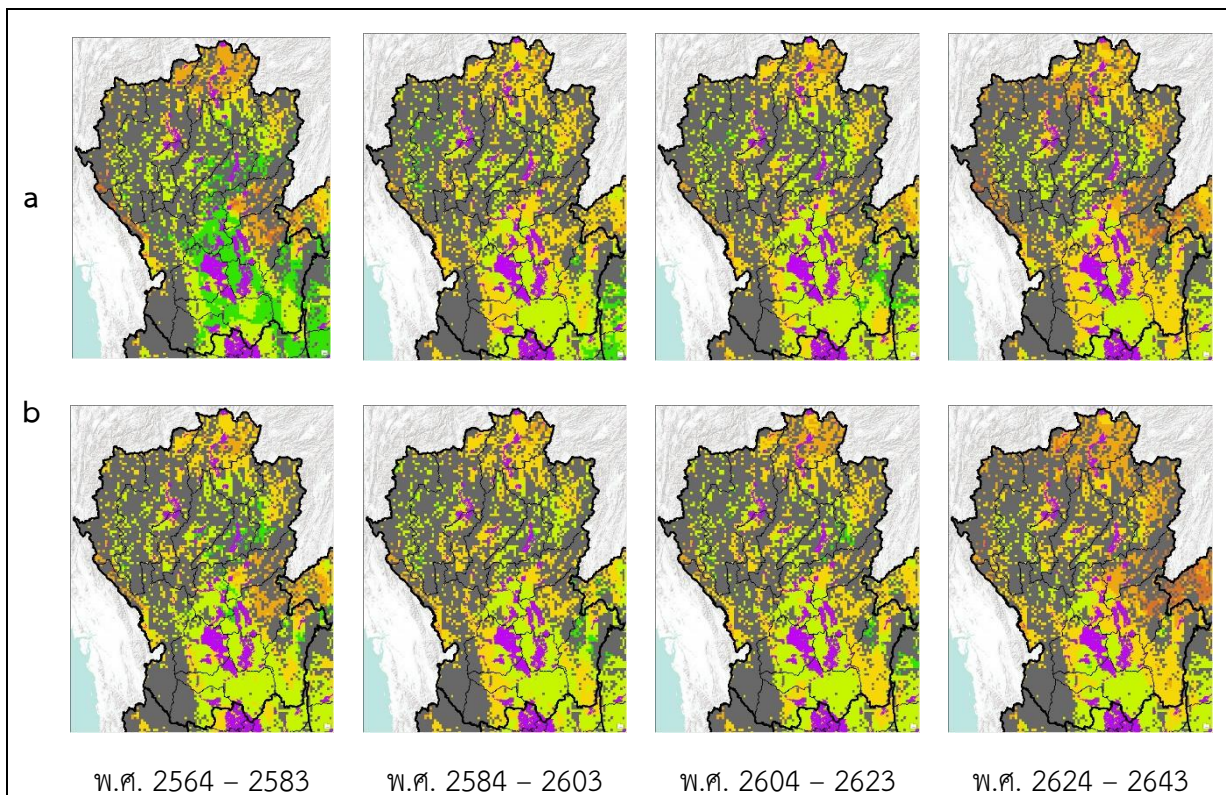
รูปผนวกที่ ก.1 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคเหนือ



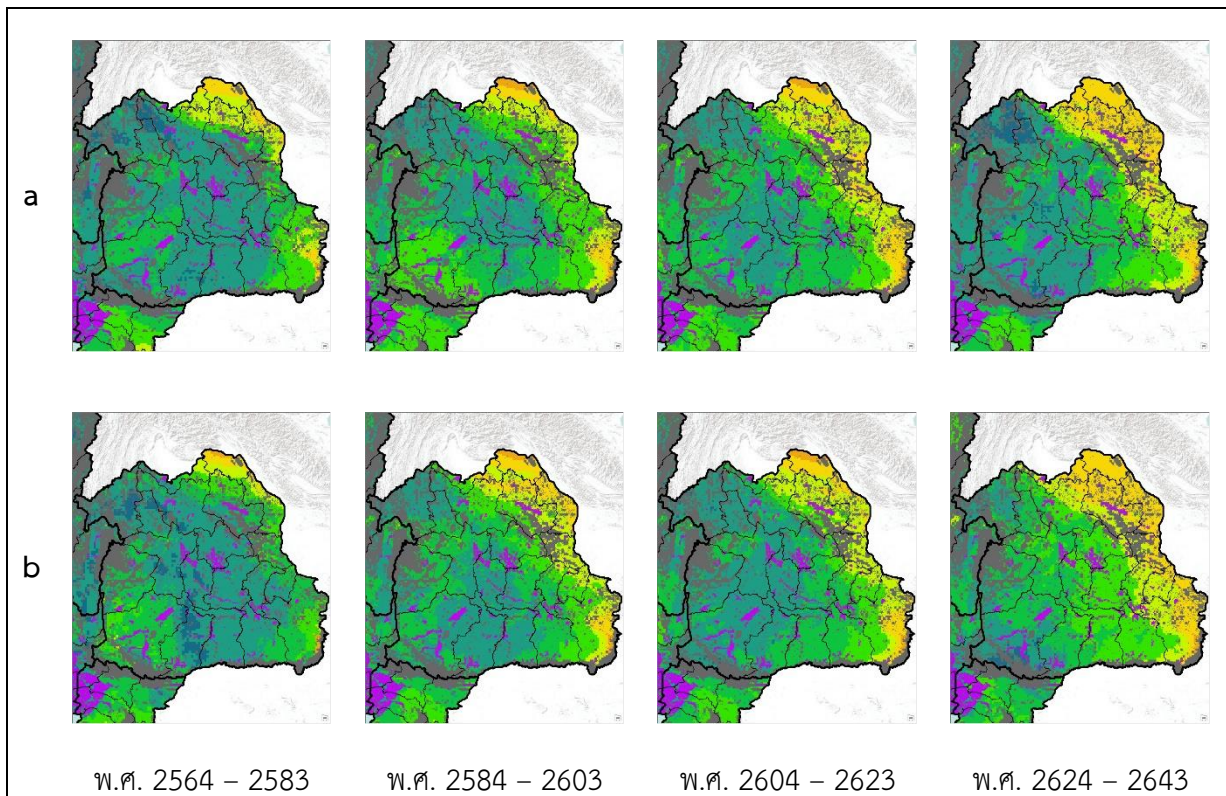
รูปผนวกที่ ก.2 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกอ้อยในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคเหนือ



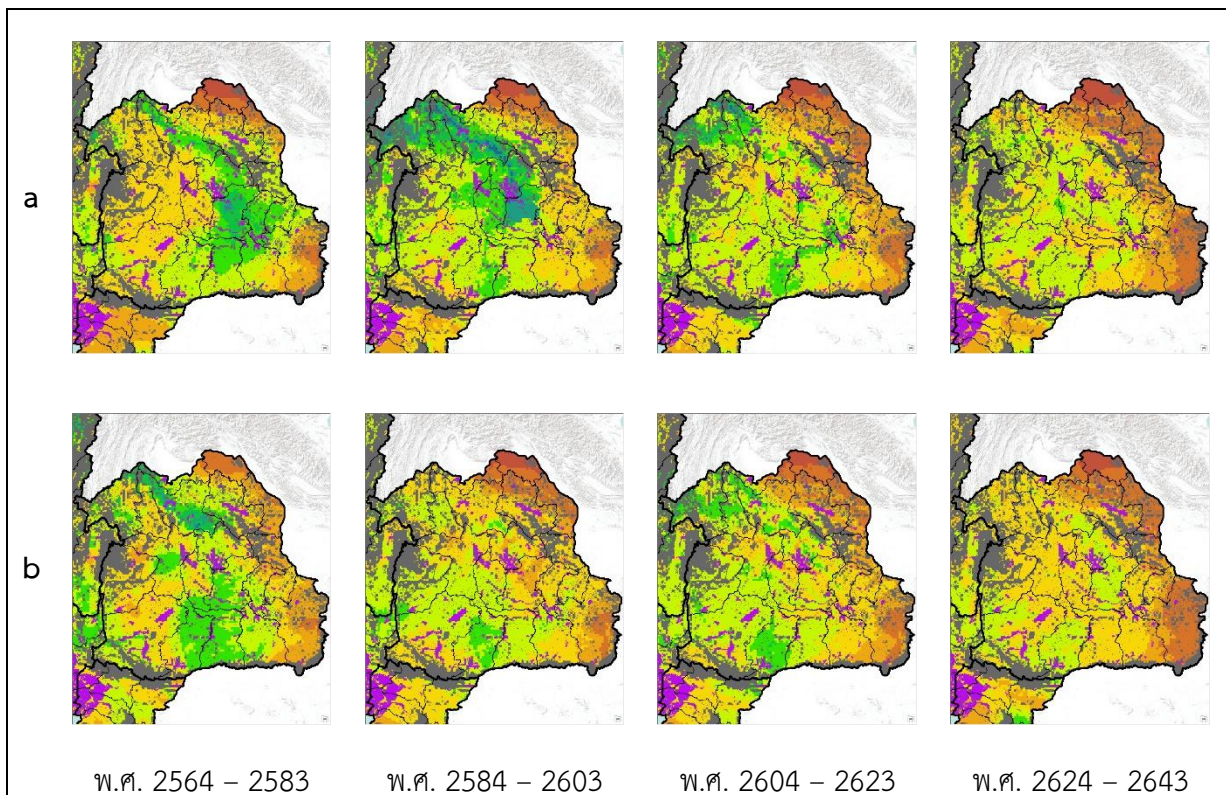
รูปผนวกที่ ก.3 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกมันสำปะหลังในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคเหนือ



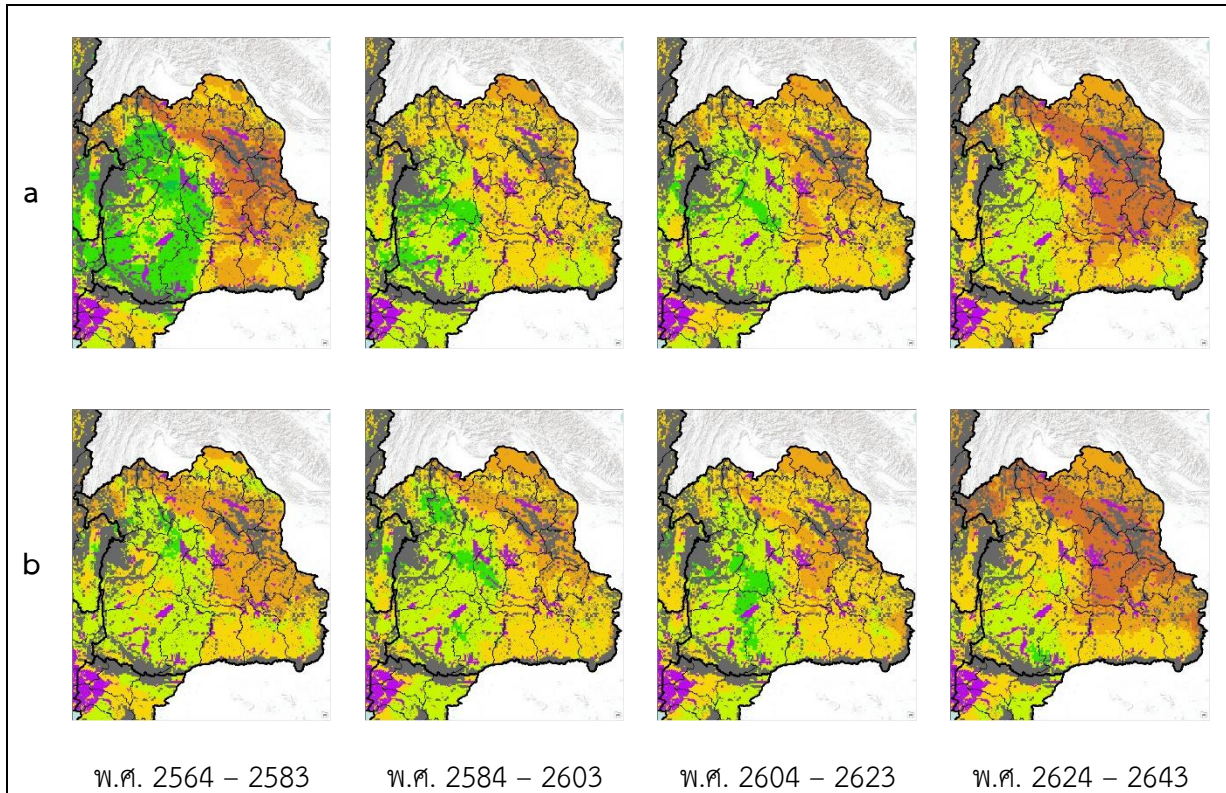
รูปผนวกที่ ก.4 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวโพดในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคเหนือ



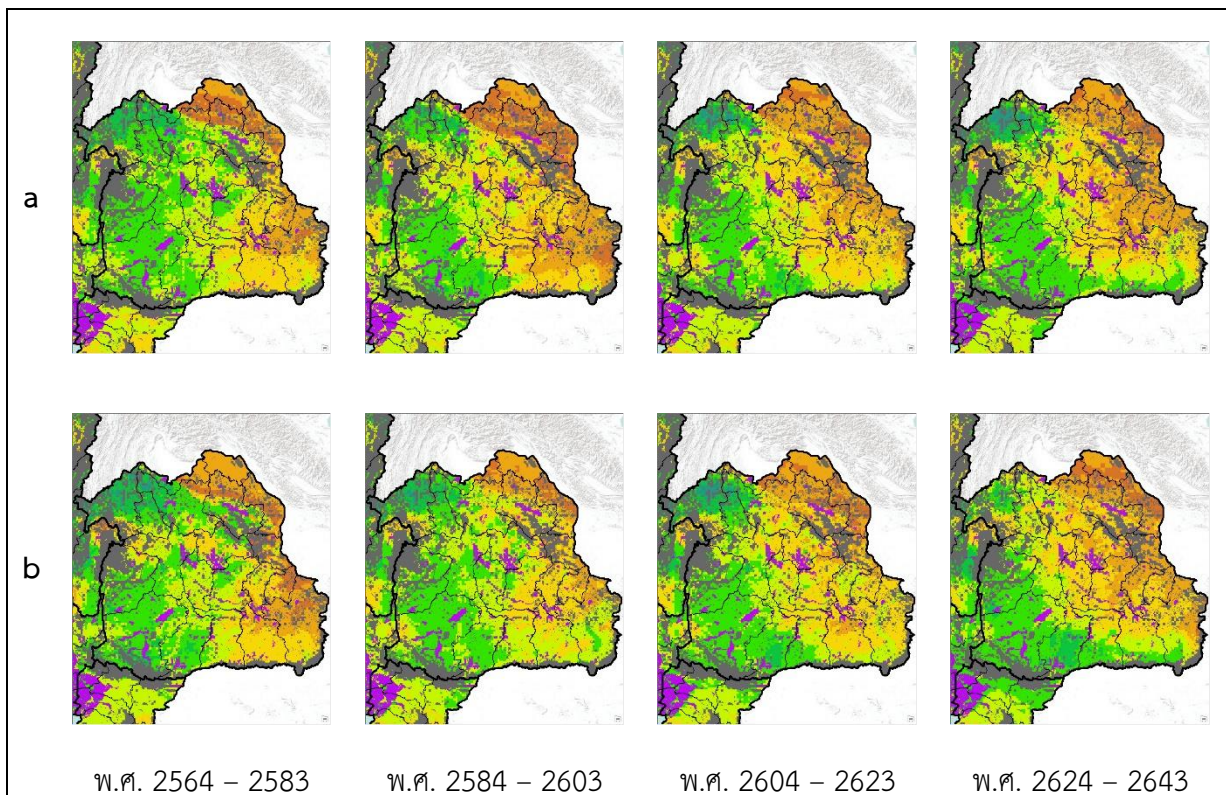
รูปผนวกที่ ก.5 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



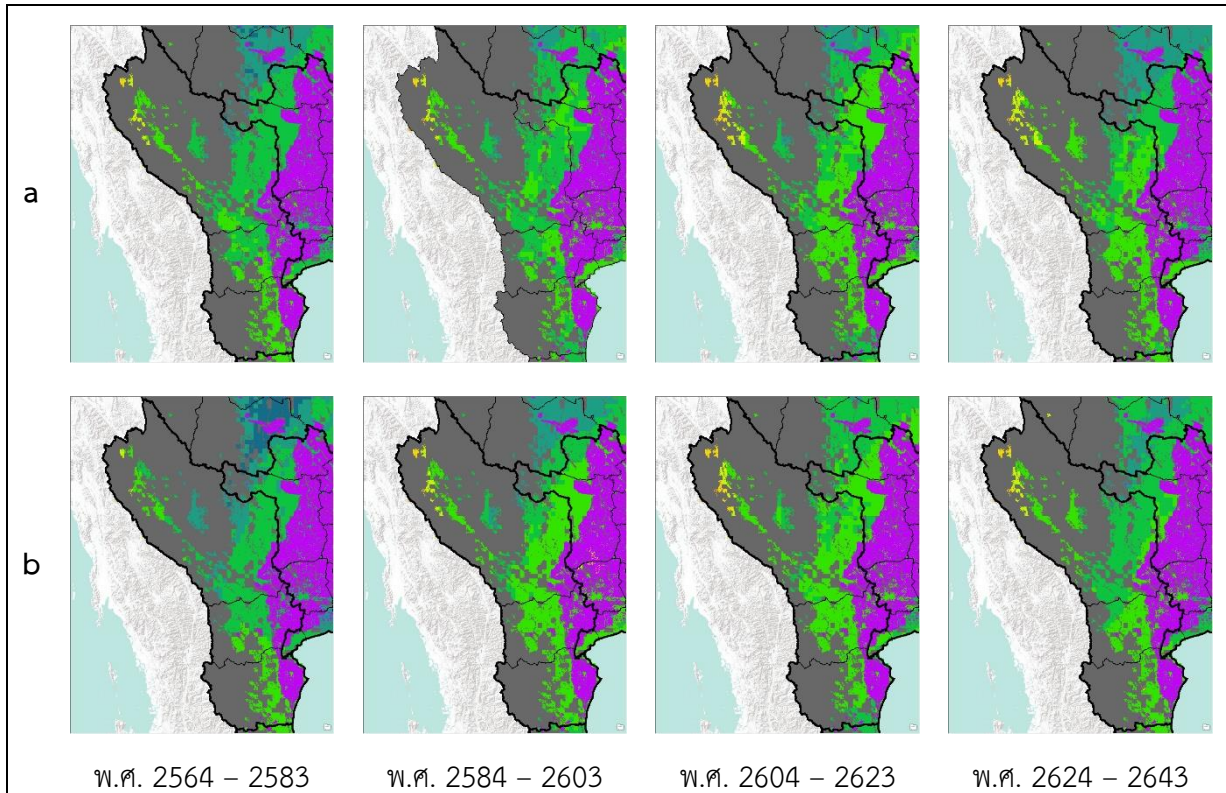
รูปผนวกที่ ก.6 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกอ้อยในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



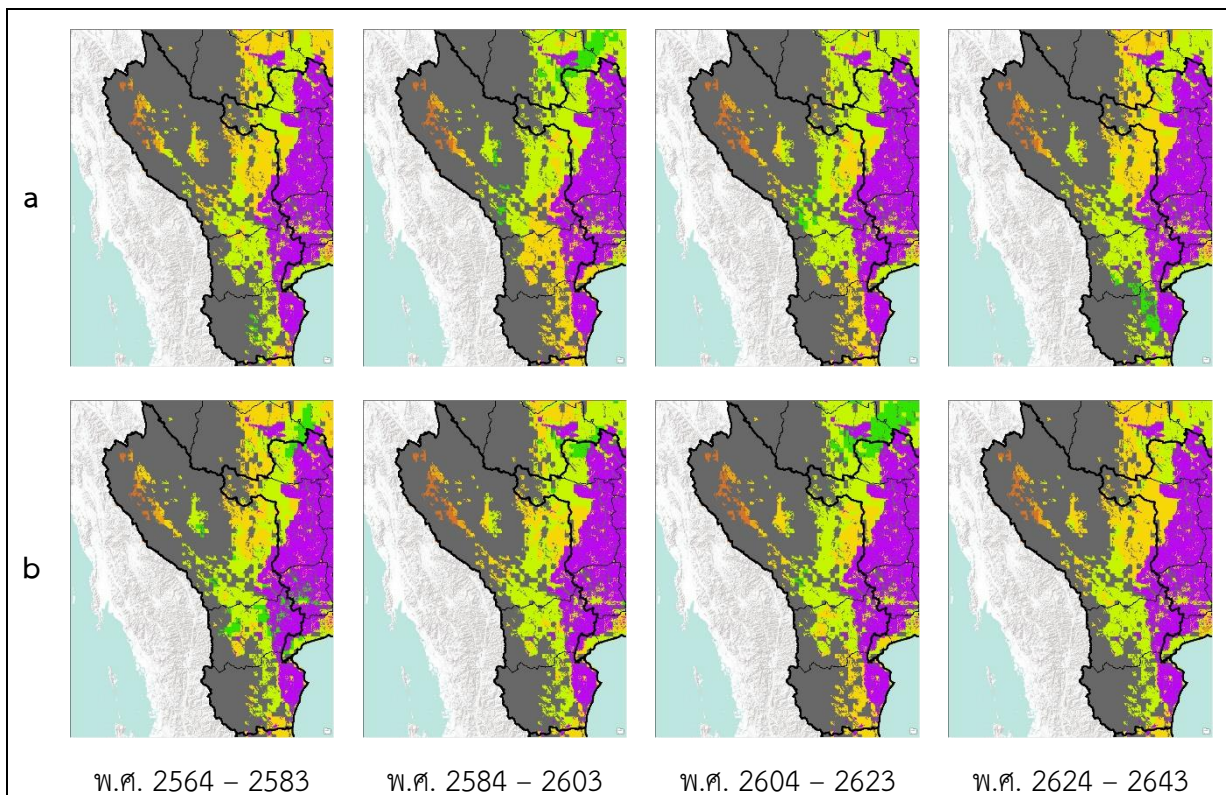
รูปผนวกที่ ก.7 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกมันสำปะหลังในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



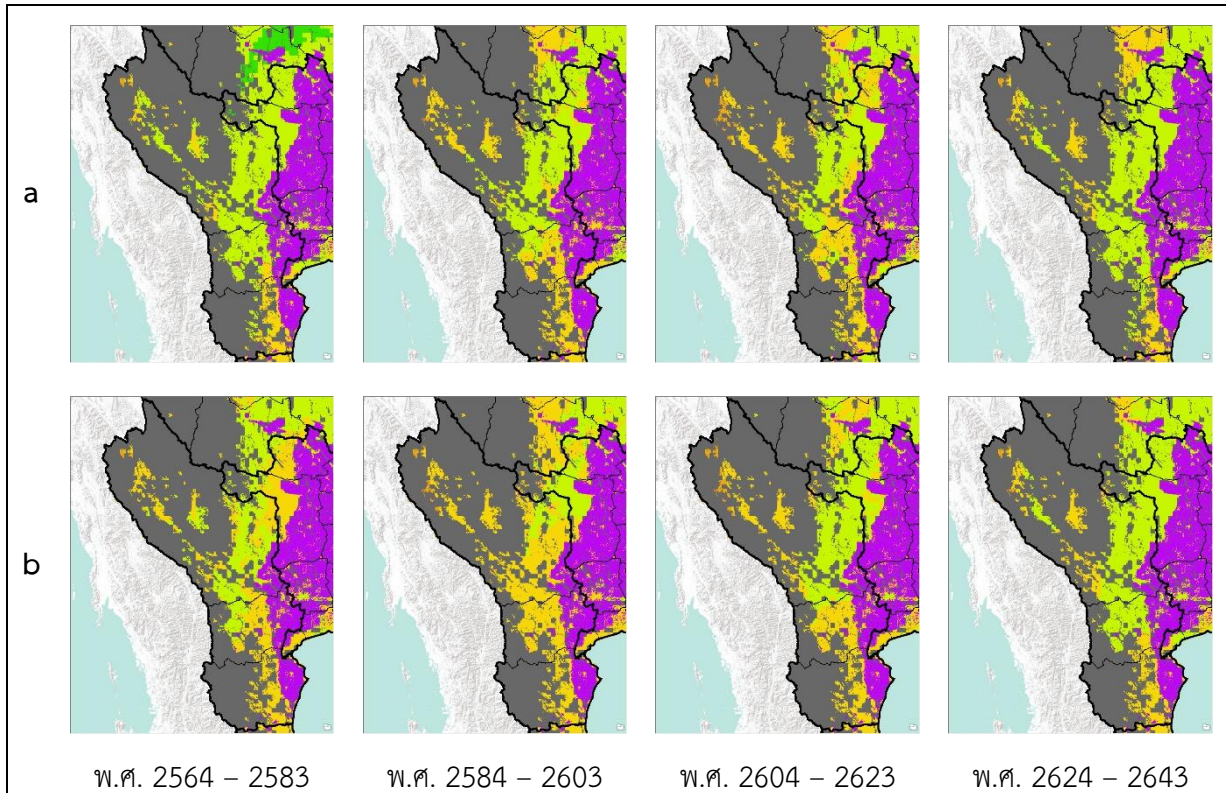
รูปผนวกที่ ก.8 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวโพดในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



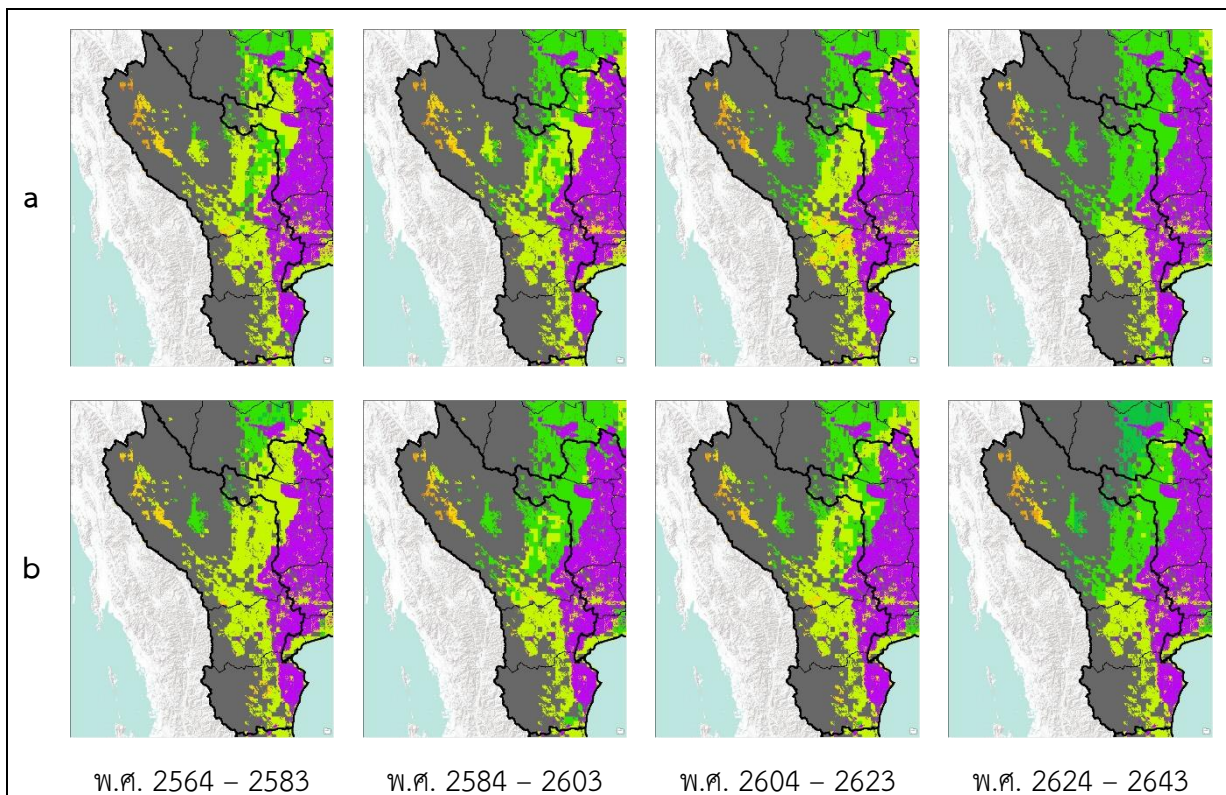
รูปผนวกที่ ก.9 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคตะวันออก



รูปผนวกที่ ก.10 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกอ้อยในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคตะวันออก

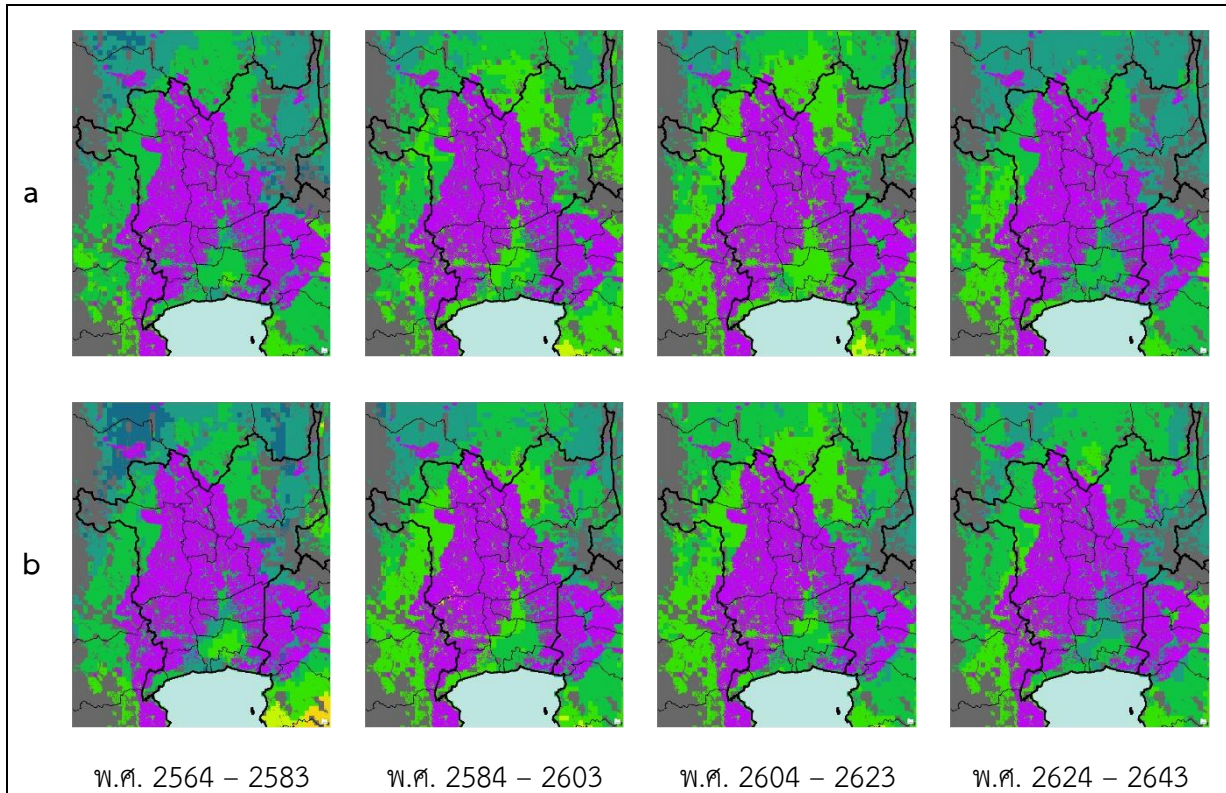


รูปผนวกที่ ก.11 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกมันสำปะหลังในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคตะวันตก

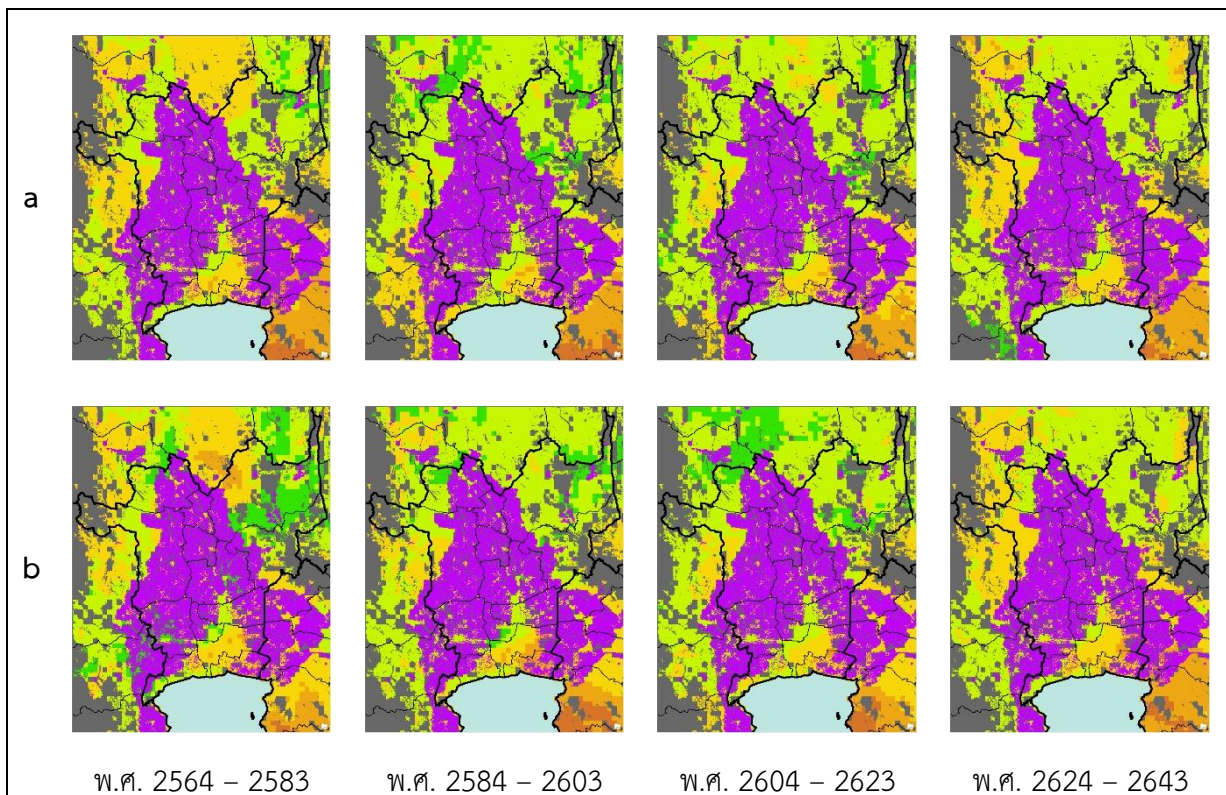


รูปผนวกที่ ก.12 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวโพดในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคตะวันตก

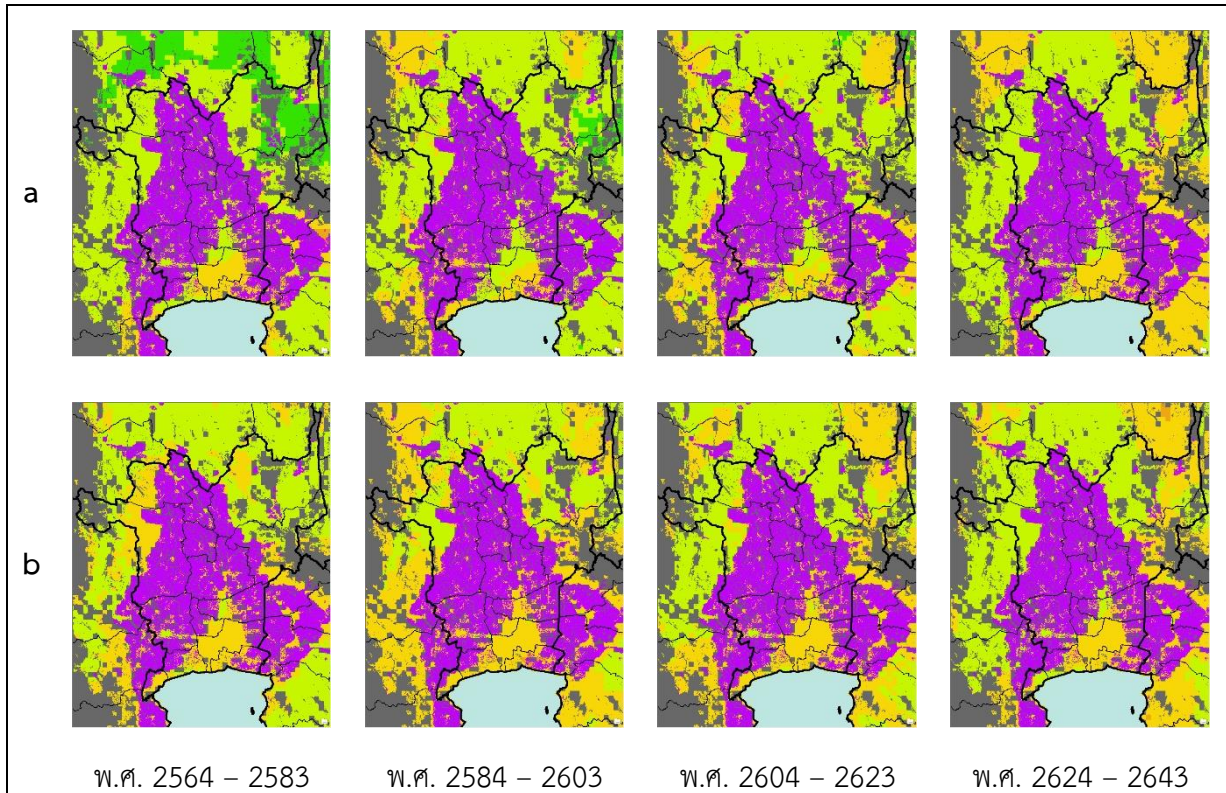




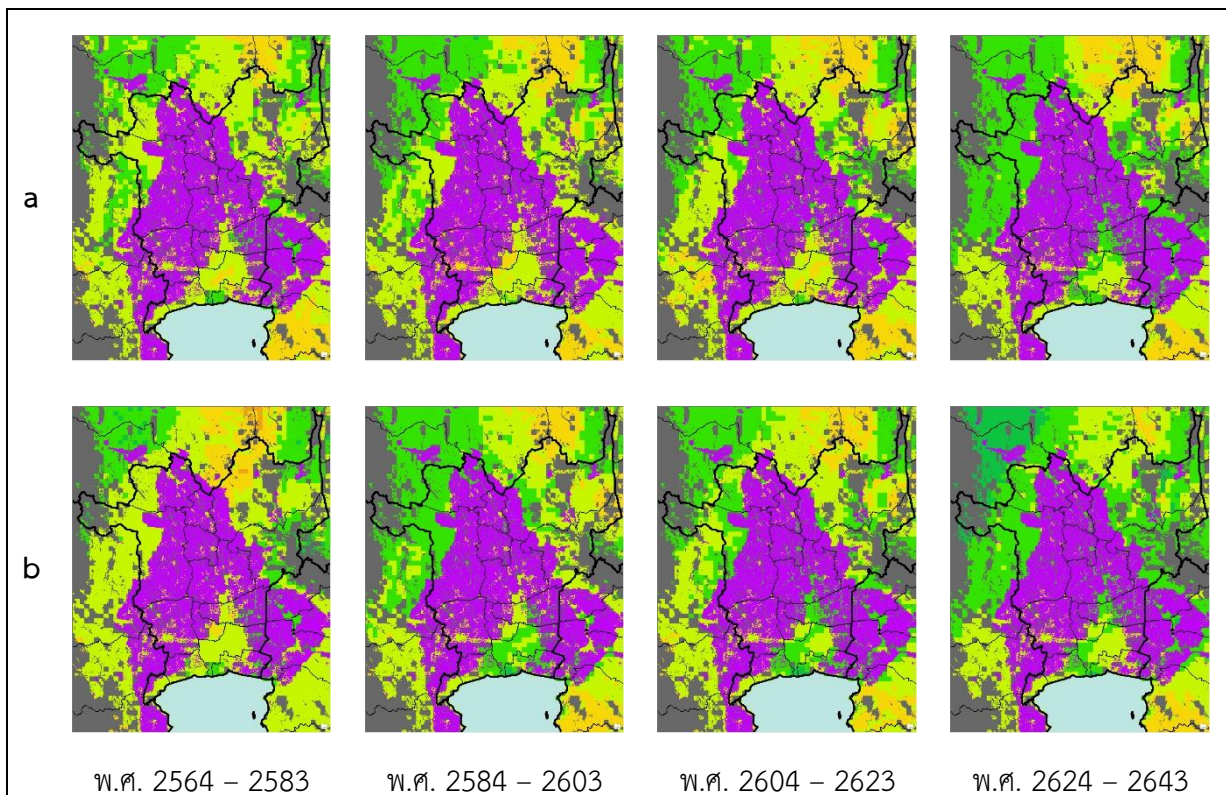
รูปผนวกที่ ก.13 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคกลาง



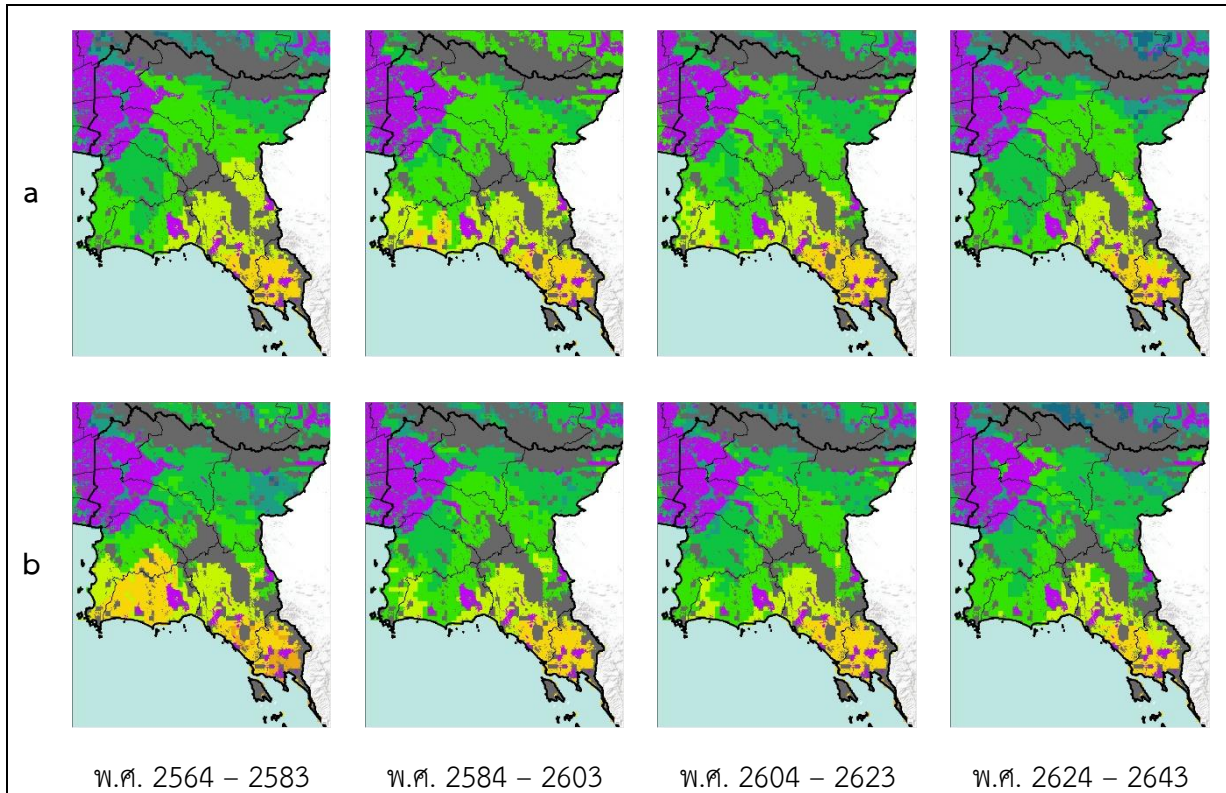
รูปผนวกที่ ก.14 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกอ้อยในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคกลาง



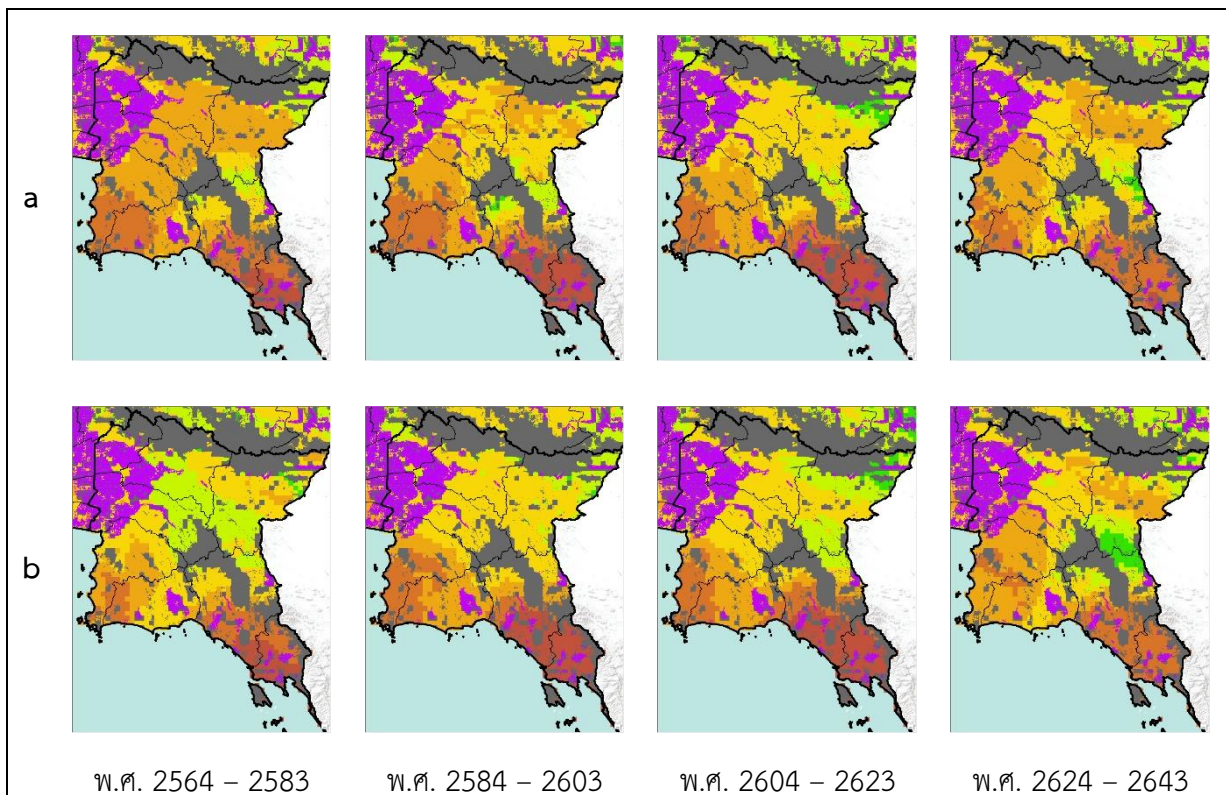
รูปผนวกที่ ก.15 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกมันสำปะหลังในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคกลาง



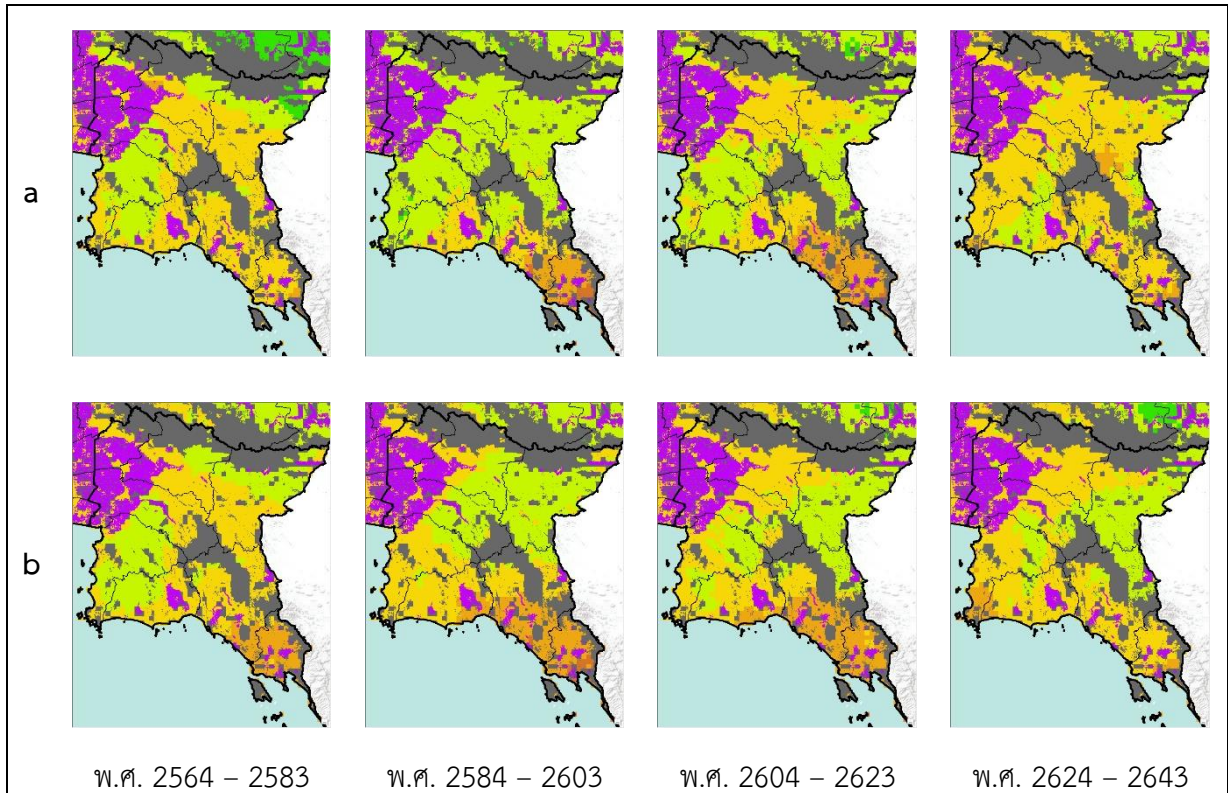
รูปผนวกที่ ก.16 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวโพดในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคกลาง



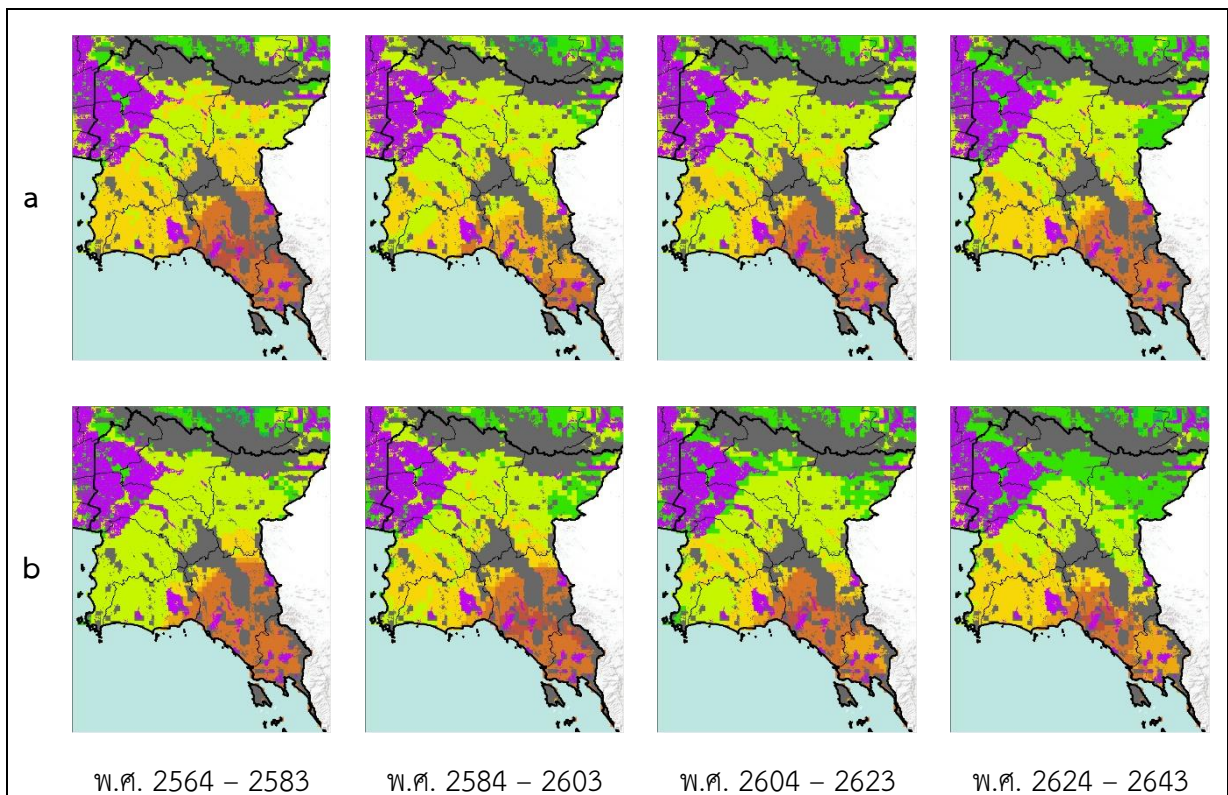
รูปผนวกที่ ก.17 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคตะวันออก



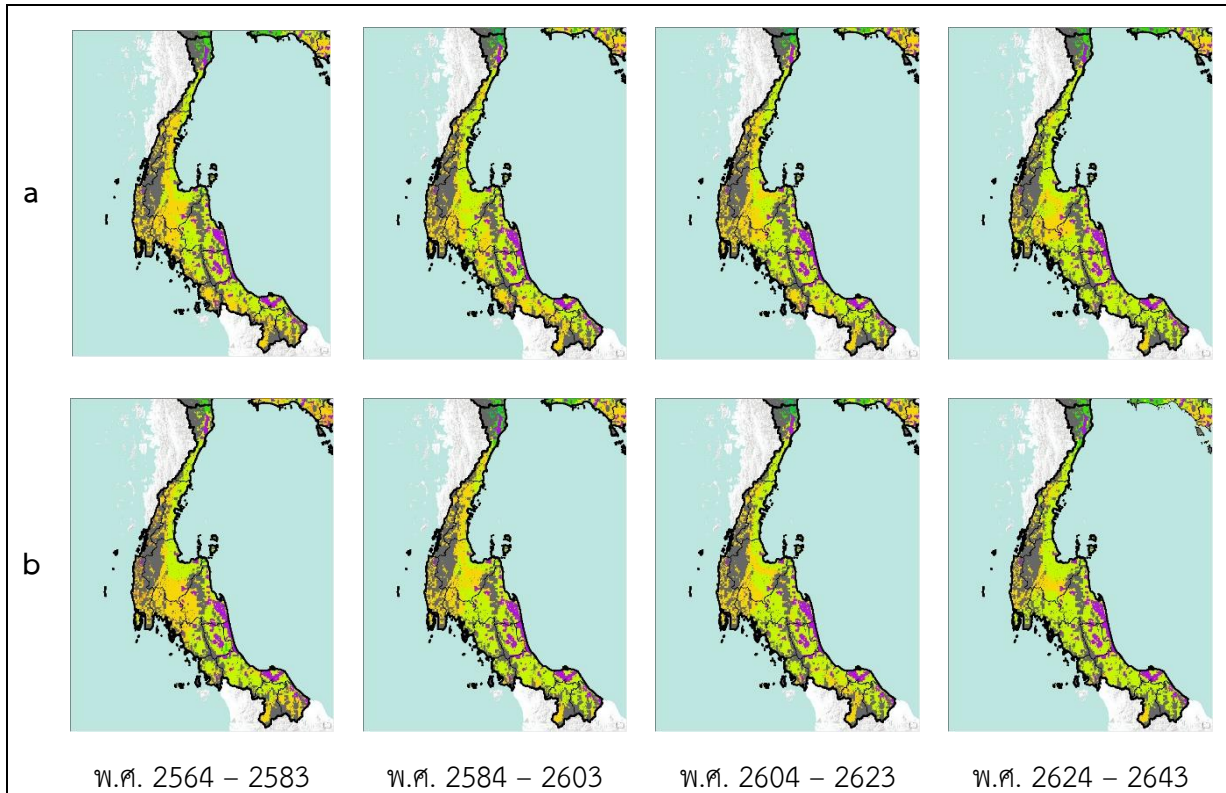
รูปผนวกที่ ก.18 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกอ้อยในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคตะวันออก



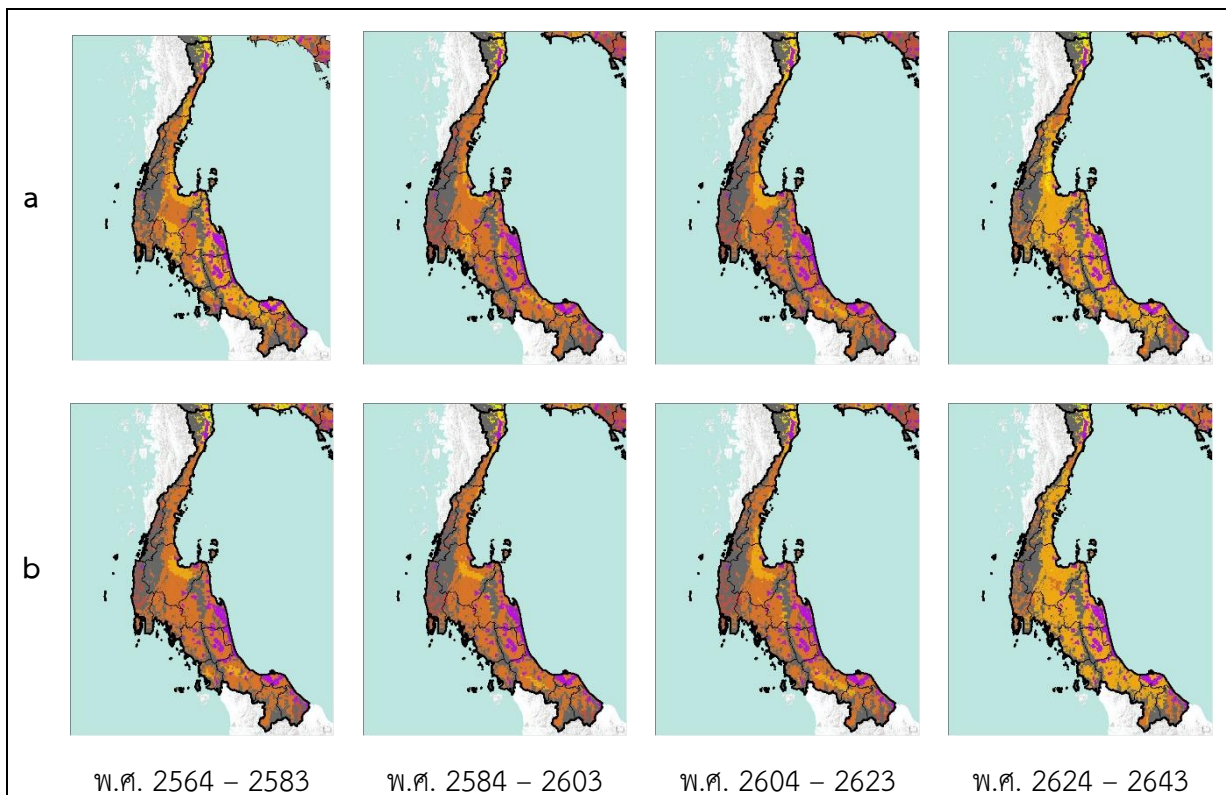
รูปผนวกที่ ก.19 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกมันสำปะหลังในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคตะวันออก



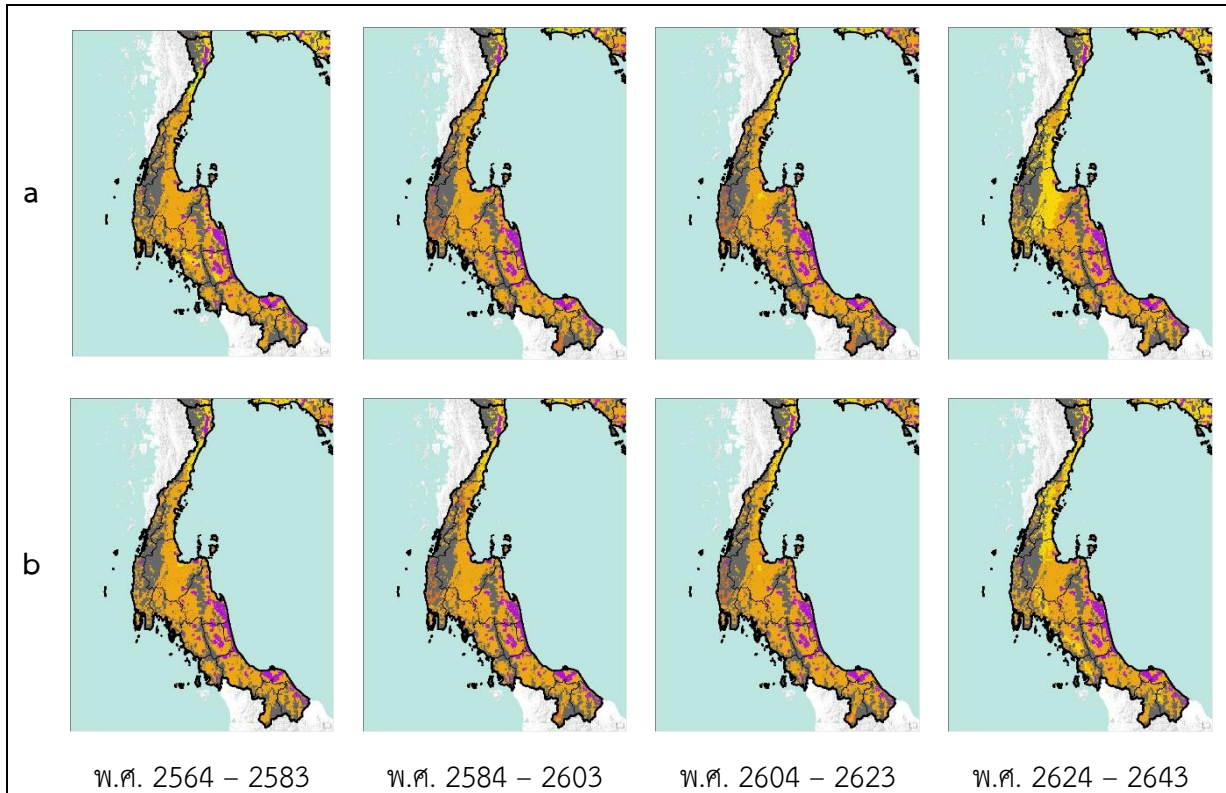
รูปผนวกที่ ก.20 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวโพดในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคตะวันออก



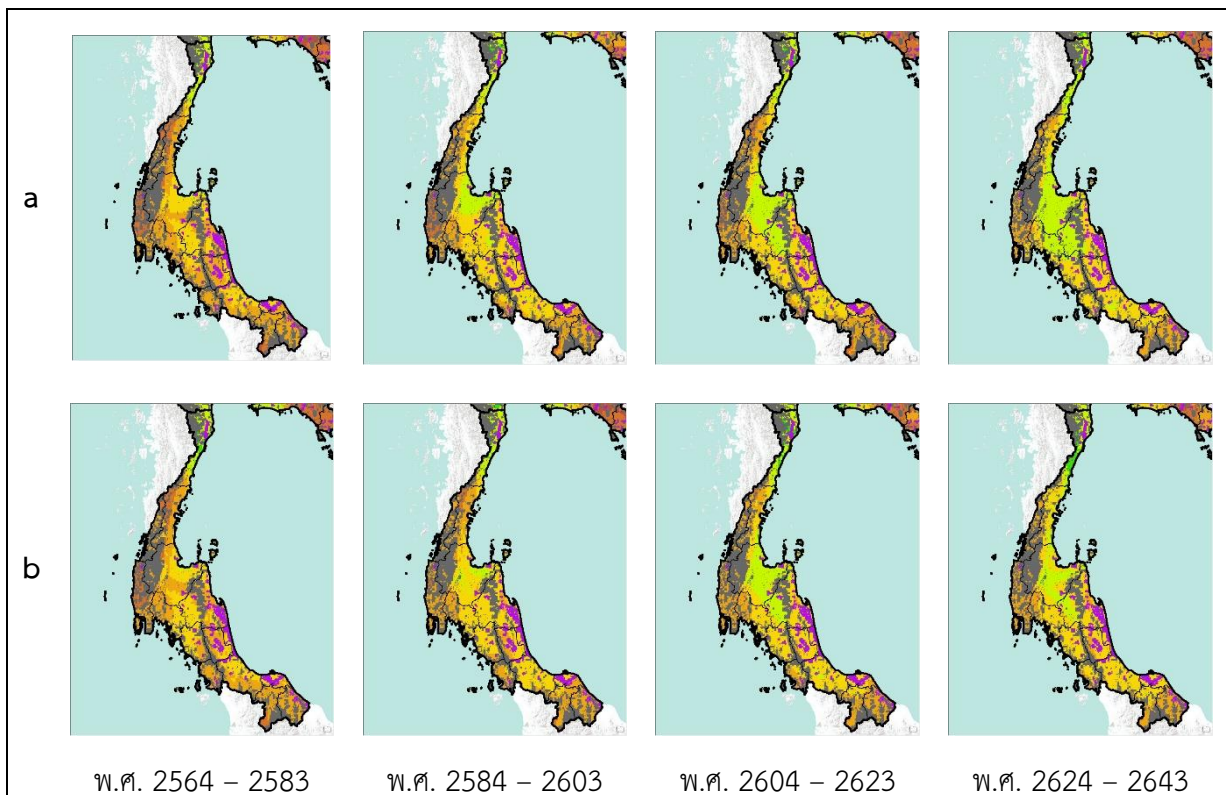
รูปผนวกที่ ก.21 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคใต้



รูปผนวกที่ ก.22 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมเพาะปลูกอ้อยในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคใต้



รูปผนวกที่ ก.23 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกมันสำปะหลังในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคใต้



รูปผนวกที่ ก.24 แผนที่แสดงการคาดการณ์พื้นที่เหมาะสมเพาะปลูกข้าวโพดในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสถานการณ์ (a) SSP4.5 และ (b) SSP8.5 ภาคใต้

**ภาคผนวก ข**

สำรวจภาคสนามการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่เกษตรกรรม

การสำรวจภาคสนามการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่เกษตรกรรมภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคเหนือ และภาคใต้ ของประเทศไทย



รูปผนวกที่ ข.1 สำรวจภาคสนามการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่เกษตรกรรม



**ภาคผนวก ค**

โครงการบริหารจัดการน้ำโดยชุมชน ตามแนวพระราชดำริ

โครงการบริหารจัดการน้ำโดยชุมชน ตามแนวพระราชดำริ โดย ดร.คุณหญิงกัลยา โสภณพนิช รัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวงศึกษาธิการ ร่วมกับวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีโดยมีการจัดทำหลักสูตรชลกร เพื่อยกระดับและต่อยอดองค์ความรู้การจัดการระบบน้ำ เกษตรชลประทาน การบริโภคสำหรับชุมชน ส่งเสริมเกษตรกรรมน้ำทำกิน สร้างอาชีพ สร้างรายได้อย่างยั่งยืน ณ อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี วันศุกร์ที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2564



รูปผนวกที่ ค.1 ประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ



รูปผนวกที่ ค.2 โครงการบริหารจัดการน้ำโดยชุมชน ตามแนวพระราชดำริ

ภาคผนวก ง  
โครงการสัมมนาเชิงวิชาการ

โครงการสัมมนาเชิงวิชาการเรื่องการศึกษาและคาดการณ์เชิงพื้นที่สำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจในอนาคต ภายใต้สภาวะภัยแล้งและการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางภูมิอากาศ โดยศูนย์วิศวกรรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ และนวัตกรรม (KGEO) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญทางด้านการเกษตร การบริหารจัดการน้ำและการทำธนาคารน้ำใต้ดิน และหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาทางแนวป้องกันและเตรียมรับมือกับผลกระทบที่เกิดขึ้นทางด้านเกษตรกรรมอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต ในรูปแบบออนไลน์ผ่านโปรแกรม Zoom Meeting วันอังคารที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2565



**ประชุมสัมมนาเชิงวิชาการภายใต้หัวข้อ**  
**“การศึกษาและคาดการณ์เชิงพื้นที่สำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจในอนาคตภายใต้สภาวะภัยแล้งและการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางภูมิอากาศ”**  
**ผ่านโปรแกรม Zoom Meeting**











วันอังคารที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2565  
 เวลา 08.30 - 12.30 น.  
 สอบถามรายละเอียดเพิ่มเติม และติดตามข่าวสารได้ที่

 Geoinformatics at Kmutt




รูปผนวกที่ ง.1 ประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ



### กำหนดการ

โครงการสัมมนาเชิงวิชาการ “การศึกษาและคาดการณ์เชิงพื้นที่สำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจในอนาคตภายใต้  
สภาวะภัยแล้งและการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางภูมิอากาศ” ผ่านโปรแกรม Zoom Meeting

โดยศูนย์วิศวกรรมสารสนเทศภูมิศาสตร์และนวัตกรรม

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

วันอังคาร ที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2565 เวลา 08:30 น. – 12:30น.

.....

วันที่	เวลา	กิจกรรม
29 มี.ค. 65	08.30 - 08.45 น.	ลงทะเบียนเข้าร่วมสัมมนา
	08.45 - 09.00 น.	ประธานในพิธีกล่าวเปิดงาน แนะนำวิทยากรและคณะทำงานของโครงการ โดย ดร.ปริเวท วรณโกวิท (หัวหน้าศูนย์ KGEO)
	09.00 - 09.30 น.	การศึกษาและคาดการณ์เชิงพื้นที่สำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจในอนาคตภายใต้ สภาวะภัยแล้งและการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางภูมิอากาศ โดย ดร.ปริเวท วรณโกวิท (หัวหน้าศูนย์ KGEO)
	09.30 - 10.00 น.	ข้าวและมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ โดย พล.ต.หญิงนันทน์ส อัมรงค์รัตน์ (ที่ปรึกษาโครงการคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตกำแพงแสน))
	10.00 - 10.15 น.	พักเบรกระหว่างการสัมมนา (ถาม-ตอบคำถามช่วงแรก)
	10.15 - 10.45 น.	การบริหารจัดการน้ำและการทำธนาคารน้ำใต้ดิน เพื่อรับมือกับปัญหาภัยแล้ง ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางภูมิอากาศ โดย คุณธนศ นະธิศรี (American Groundwater Solutions)
	10.45 - 11.15 น.	นวัตกรรมทางการเกษตรและการทำการเกษตรรูปแบบใหม่ โดย คุณคณิตา พิณิจ (นักวิชาการเกษตรชำนาญการ)
	11.15 - 11.45 น.	วิธีการดูแลสุขภาพตามวิถีหมอล้านนา โดย คุณบุญญรัตน์ เจริญใจ (หมอฟันเมืองรักษาโรคตามคัมภีร์วิถีของหมอยา เมืองล้านนา)
	11.45 - 12.05 น.	กิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้
	12.05 - 12.20 น.	สรุปการสัมมนา ชักถามข้อสงสัย
	12.20 - 12.30 น.	ประธานในพิธีกล่าวปิดงานและถ่ายภาพร่วมกัน โดย ดร.ปริเวท วรณโกวิท (หัวหน้าศูนย์ KGEO)

รูปผนวกที่ ง.2 กำหนดการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ

ภาคผนวก จ  
สรุปค่าใช้จ่ายโครงการวิจัย

รายละเอียดงบประมาณ ใช้จ่ายเงินงวดที่ 3 ระหว่างวันที่ 1 เมษายน 2564 ถึงวันที่ 31 มีนาคม 2565

ตารางที่ จ.1 สรุปค่าใช้จ่ายโครงการวิจัย

(1) ลำดับ	(2) รายละเอียด	(3) งบประมาณ ที่ได้รับทั้งหมด (ตามสัญญา)	(4) งบประมาณที่ ได้รับ (งวด แรกถึงงวดที่ รายงาน)	เบิกจ่าย			(8) งบประมาณที่ ได้รับคงเหลือ (4)-(7)	(9) ขอเบิก งวดต่อไป	หมายเหตุ
				(5) ค่าใช้จ่าย สะสม ยกมา	(6) ค่าใช้จ่าย งวดรายงาน	(7) รวมค่าใช้จ่าย ทั้งหมด (5)+(6)			
1.	ค่าตอบแทนผู้วิจัย	180,000.00	90,000.00	36,000.00	54,000.00	90,000.00	0.00	90,000.00	
2.	ค่าจ้างผู้ช่วยนักวิจัย	960,000.00	960,000.00	180,000.00	745,000.00	925,000.00	35,000.00	0.00	
3.	ฯ	340,800.00	340,800.00	12,540.00	83,371.00	95,911.00	244,889.00	0.00	
4.	ค่าใช้สอย	180,000.00	180,000.00	0.00	9,202.00	9,202.00	170,798.00	0.00	
5.	ค่าวัสดุ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6.	ค่าครุภัณฑ์	167,000.00	83,600.00	116,446.90	0.00	116,446.90	-32,846.90	83,600.00	
7.	ค่าบริการวิชาการ อื่นๆ	10,000.00	10,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	รวม	1,838,000.00	1,664,400.00	344,986.90	891,573.00	1,236,559.90	417,840.10	173,600.00	