



กรมอุตุนิยมวิทยา

4353 ถนนสุขุมวิท กรุงเทพฯ 10260

METEOROLOGICAL DEPARTMENT

4353 Sukhumvit Road, Bangkok 10260, THAILAND

เอกสารวิชาการ

การประเมินศักยภาพการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในพื้นที่ภาคกลาง
โดยใช้ดัชนีสะสมความร้อน (GDD)

Assessment of Growth Potential of Pathum Thani 1 Rice Variety in
the Central Region of Thailand Using Growing Degree Days (GDD)
AGROMETEOROLOGY SUB-DIVISION

เอกสารวิชาการ เลขที่ ๕๕๑.๕๑๐-๐๑-๒๕๖๘
Technical Document No. 551.510-01-2026

การประเมินศักยภาพการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในพื้นที่ภาคกลาง
โดยใช้ดัชนีสะสมความร้อน (GDD)
Assessment of Growth Potential of Pathum Thani 1 Rice Variety in
the Central Region of Thailand Using Growing Degree Days (GDD)

ส่วนอุตุนิยมหาวิทยาลัยเกษตร
กองพัฒนาอุตุนิยวิทยา
มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๙

AGROMETEOROLOGY SUB-DIVISION
METEOROLOGICAL DEVELOPMENT DIVISION
JUNE 2026

บทคัดย่อภาษาไทย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุหน้าต่างการปลูกที่เหมาะสมสำหรับข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย โดยประยุกต์ใช้ดัชนีสะสมความร้อน (Growing Degree Days: GDD) ร่วมกับแบบจำลองถดถอยเชิงเส้น เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมนิยามวิทยากับระยะพัฒนาการเจริญเติบโต (Phenology) โดยนำข้อมูลอุตุนิยมนิยามวิทยาจากสถานีตรวจอากาศบริเวณภาคกลาง 22 แห่งมาประมวลผลภายใต้เกณฑ์อุณหภูมิฐาน (Tbase) 10.0 °C และอุณหภูมิเพดาน (Tupper) 30.0 °C เพื่อคัดเลือกช่วงเวลาการปลูกที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดและมีความเสี่ยงต่ำที่สุด

ผลการศึกษาพบว่า หน้าต่างการปลูกที่มีประสิทธิภาพที่สุดสำหรับพื้นที่ภาคกลางคือช่วงปลายเดือนเมษายนถึงกลางเดือนพฤษภาคม (DOY 120–150) ซึ่งมีระยะเวลาการเจริญเติบโตเฉลี่ยอยู่ที่ 97–102 วัน โดยมี มุมเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์ (Solar Declination) เป็นปัจจัยขับเคลื่อนหลักที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อวันปลูกที่เหมาะสม ($r = 0.88$) โดยเฉพาะในช่วงที่ค่า Declination อยู่ระหว่าง 15–20 องศาเหนือ ซึ่งสอดคล้องกับช่วงความเข้มรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดในภูมิภาค ในขณะที่ปัจจัยด้านละติจูดมีความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง ($r = 0.51$)

ด้านการบริหารจัดการความเสี่ยง หน้าต่างการปลูกที่ระบุให้ผลการประเมินความเสี่ยงจากวิกฤตความร้อนเป็นศูนย์ (Risk Score = 0) ซึ่งช่วยยืนยันว่าในช่วงระยะดอกบาน 50% ข้าวจะไม่เผชิญกับอุณหภูมิสูงสุดที่เกินกว่า 35 °C นอกจากนี้ แบบจำลองถดถอยเชิงเส้นยังแสดงประสิทธิภาพของการพยากรณ์ที่ดีเยี่ยมในระดับภูมิภาค แม้จะมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยประมาณ -14.6 วัน เนื่องจากอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศระดับจุลภาค (Micro-climate) ในแต่ละพื้นที่

ดังนั้น หน้าต่างการปลูกในช่วงเดือนพฤษภาคมเป็นกลยุทธ์สำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยการใช้ดัชนี GDD ร่วมกับปัจจัยทางดาราศาสตร์อุตุนิยมนิยามวิทยาช่วยในการคาดการณ์วันเก็บเกี่ยวมีความแม่นยำสูง และเป็นเครื่องมือสำคัญในการสนับสนุนระบบการเกษตรอัจฉริยะ (Smart Agriculture) เพื่อรักษาคุณภาพและผลผลิตข้าวในเขตภาคกลางของประเทศไทยอย่างยั่งยืน

ABSTRACT

This research aims to identify the optimal planting windows for Pathum Thani 1 rice in Central Thailand by applying the Growing Degree Days (GDD) index in conjunction with linear regression models to analyze the relationship between meteorological factors and phenological development. Data from 22 weather stations were processed using a base temperature (T_{base}) of 10.0°C and an upper threshold temperature (T_{upper}) of 30.0°C to select planting periods that provide maximum efficiency and minimum risk.

The findings indicate that the most effective planting window for Central Thailand is between late April and mid-May (DOY 120–150), with an average growth duration of 97–102 days. Solar declination was identified as the primary driver with the most significant influence on the optimal planting date ($r = 0.88$), particularly when the declination values ranged between 15°N and 20°N , coinciding with peak solar radiation intensity in the region. Meanwhile, the latitude factor showed a moderate correlation ($r = 0.51$).

In terms of risk management, the identified planting windows resulted in a zero risk score (Risk Score = 0), ensuring that during the 50% flowering stage, the rice does not encounter maximum temperatures exceeding 35°C . Furthermore, the linear regression model demonstrated excellent regional predictive performance, despite a mean error of approximately -14.6 days, which is attributed to the influence of localized micro-climates at specific coordinates.

Therefore, the May planting window serves as a crucial strategy for enhancing Pathum Thani 1 rice production efficiency. Integrating the GDD index with astronomical-meteorological factors enables high-precision harvest forecasting and serves as a vital tool for supporting smart agriculture systems to ensure sustainable rice quality and yield in Central Thailand.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ช
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการดำเนินการ	2
1.4 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	2
1.5 ทฤษฎี และ/หรือแนวความคิดที่นำมาใช้ในการศึกษา	4
1.6 วิธีดำเนินการศึกษาโดยสรุป	7
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
2. ข้อมูลและวิธีดำเนินการ	9
2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	9
2.2 วิธีการดำเนินการศึกษา	9
3. ผลการดำเนินการ	13
3.1 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของหน้าต่างการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในพื้นที่ภาคกลาง	13
3.2 ผลการวิเคราะห์หน้าต่างการปลูกที่มีประสิทธิภาพสูงสุดรายสถานี	13
3.3 การวิเคราะห์รูปแบบเชิงพื้นที่ของช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสมในพื้นที่ภาคกลาง	22
4. สรุปการดำเนินการ	28
4.1 สรุปผลการดำเนินการ	28
4.2 วิจารณ์ผลการดำเนินการ	29
4.3 ข้อเสนอแนะ	30
บรรณานุกรม	31

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 การเปรียบเทียบเหตุผลในการเลือกค่า T _{upper}	5
ตารางที่ 2.1 แสดงพิกัดที่ตั้งและระยะเวลาข้อมูลของสถานีตรวจอากาศของกรม อุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ภาคกลาง	9
ตารางที่ 2.2 ค่าดัชนีสะสมความร้อน (GDD) จำแนกกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุด สำหรับข้าวของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1	11
ตารางที่ 3.1 สถานีตรวจอากาศนครสวรรค์ (400201) จังหวัดนครสวรรค์	14
ตารางที่ 3.2 สถานีตรวจอากาศตากฟ้า (400301) จังหวัดนครสวรรค์	14
ตารางที่ 3.3 สถานีตรวจอากาศชัยนาท (402301) จังหวัดชัยนาท	14
ตารางที่ 3.4 สถานีตรวจอากาศอุทัยธานี (410201) จังหวัดอุทัยธานี	15
ตารางที่ 3.5 สถานีตรวจอากาศพระนครศรีอยุธยา (415301) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	15
ตารางที่ 3.6 สถานีตรวจอากาศบัวชุม (426401) จังหวัดลพบุรี	15
ตารางที่ 3.7 สถานีตรวจอากาศลพบุรี (426201) จังหวัดลพบุรี	16
ตารางที่ 3.8 สถานีตรวจอากาศสุพรรณบุรี (425201) จังหวัดสุพรรณบุรี	16
ตารางที่ 3.9 สถานีตรวจอากาศอู่ทอง (425301) จังหวัดสุพรรณบุรี	16
ตารางที่ 3.10 สถานีตรวจอากาศทองผาภูมิ (450401) จังหวัดกาญจนบุรี	17
ตารางที่ 3.11 สถานีตรวจอากาศกาญจนบุรี (450401) จังหวัดกาญจนบุรี	17
ตารางที่ 3.12 สถานีตรวจอากาศราชบุรี (424301) จังหวัดราชบุรี	17
ตารางที่ 3.13 สถานีตรวจอากาศกำแพงแสน (451301) จังหวัดนครปฐม	18
ตารางที่ 3.14 สถานีตรวจอากาศปทุมธานี (419301) จังหวัดปทุมธานี	18
ตารางที่ 3.15 สถานีตรวจอากาศท่าอากาศยานกรุงเทพฯ (455601) กรุงเทพมหานคร	18
ตารางที่ 3.16 สถานีตรวจอากาศเฉลิมพระเกียรติ (455201) กรุงเทพมหานคร	19
ตารางที่ 3.17 สถานีตรวจอากาศท่าเรือกรุงเทพฯ (455203) กรุงเทพมหานคร	19
ตารางที่ 3.18 สถานีตรวจอากาศบางนา (455301) กรุงเทพมหานคร	19
ตารางที่ 3.19 สถานีตรวจอากาศนาร่อง (429201) จังหวัดสมุทรปราการ	20
ตารางที่ 3.20 สถานีตรวจอากาศสมุทรปราการ (429301) จังหวัดสมุทรปราการ	20
ตารางที่ 3.21 สถานีตรวจอากาศท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ (429601) จังหวัดสมุทรปราการ	20
ตารางที่ 3.22 สถานีตรวจอากาศสมุทรสงคราม(438201) จังหวัดสมุทรสงคราม	21

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงพิกัดที่ตั้งของสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาในภาคกลางที่ใช้ในการศึกษา	2
รูปที่ 1.2 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการศึกษาอย่างละเอียด (Flow Chart)	8
รูปที่ 3.1 การเปรียบเทียบวันปลูกที่เหมาะสม (Optimal DOY) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 จำแนกตามสถานีตรวจอากาศในพื้นที่ภาคกลาง	23
รูปที่ 3.2 การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของวันปลูกที่เหมาะสม (Optimal DOY) สำหรับพื้นที่ภาคกลาง	23
รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าละติจูด (Latitude) และวันปลูกที่เหมาะสม (Optimal DOY)	24
รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์ (Solar Declination) และวันปลูกที่เหมาะสม (Optimal DOY)	25
รูปที่ 3.5 การเปรียบเทียบระหว่างวันปลูกที่เหมาะสมจากการคำนวณจริง (Actual) และค่าที่ได้จากแบบจำลองพยากรณ์ (Predicted)	26
รูปที่ 3.6 ลักษณะการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อน (Residuals) ของแบบจำลองพยากรณ์วันปลูกที่เหมาะสม	27

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคกลางซึ่งมีระบบชลประทานที่เอื้อต่อการเพาะปลูกข้าวได้อย่างต่อเนื่อง ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เป็นหนึ่งในพันธุ์ข้าวที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นด้านผลผลิตสูง คุณภาพเมล็ดดี และมีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ดังกล่าว อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในช่วงหลายปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและความแปรปรวนของฤดูกาล ได้ส่งผลกระทบต่อกระบวนการเจริญเติบโตของข้าวในหลายด้าน เช่น การงอก การแตกกอ การออกดอก และการสุกแก่ ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าว

การประเมินศักยภาพการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงจึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยเฉพาะการใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและการเจริญเติบโตของพืช ดัชนีสะสมความร้อน (Growing Degree Days: GDD) เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในการประเมินการเจริญเติบโตของพืช โดยอาศัยข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดรายวันในการคำนวณค่าดัชนีสะสมความร้อน (GDD) ซึ่งสะท้อนถึงปริมาณความร้อนที่พืชได้รับและสามารถนำไปใช้ในการคาดการณ์ระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชแต่ละช่วงได้อย่างแม่นยำ

ในกรณีของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 แม้จะมีข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับระยะเวลาการปลูกและเก็บเกี่ยวจากหน่วยงานภาครัฐ แต่ยังคงขาดข้อมูลเชิงวิเคราะห์ที่สามารถนำมาใช้ในการประเมินศักยภาพการเจริญเติบโตในเชิงพื้นที่อย่างเป็นระบบ การใช้ข้อมูลภูมิอากาศย้อนหลังจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา โดยเฉพาะข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดรายวัน เพื่อคำนวณค่า GDD จึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกข้าวในภาคกลาง และสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการเพาะปลูกให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การวิเคราะห์ค่า GDD ยังสามารถช่วยระบุช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวในแต่ละพื้นที่ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการผลิต การจัดการทรัพยากรน้ำ และการลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ เช่น ภัยแล้งหรือฝนทิ้งช่วง การศึกษานี้จึงมีความสำคัญทั้งในเชิงวิชาการและเชิงปฏิบัติ โดยสามารถสนับสนุนการตัดสินใจของเจ้าหน้าที่เกษตรกรและเกษตรกรในการวางแผนการปลูกข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง

1.2 วัตถุประสงค์

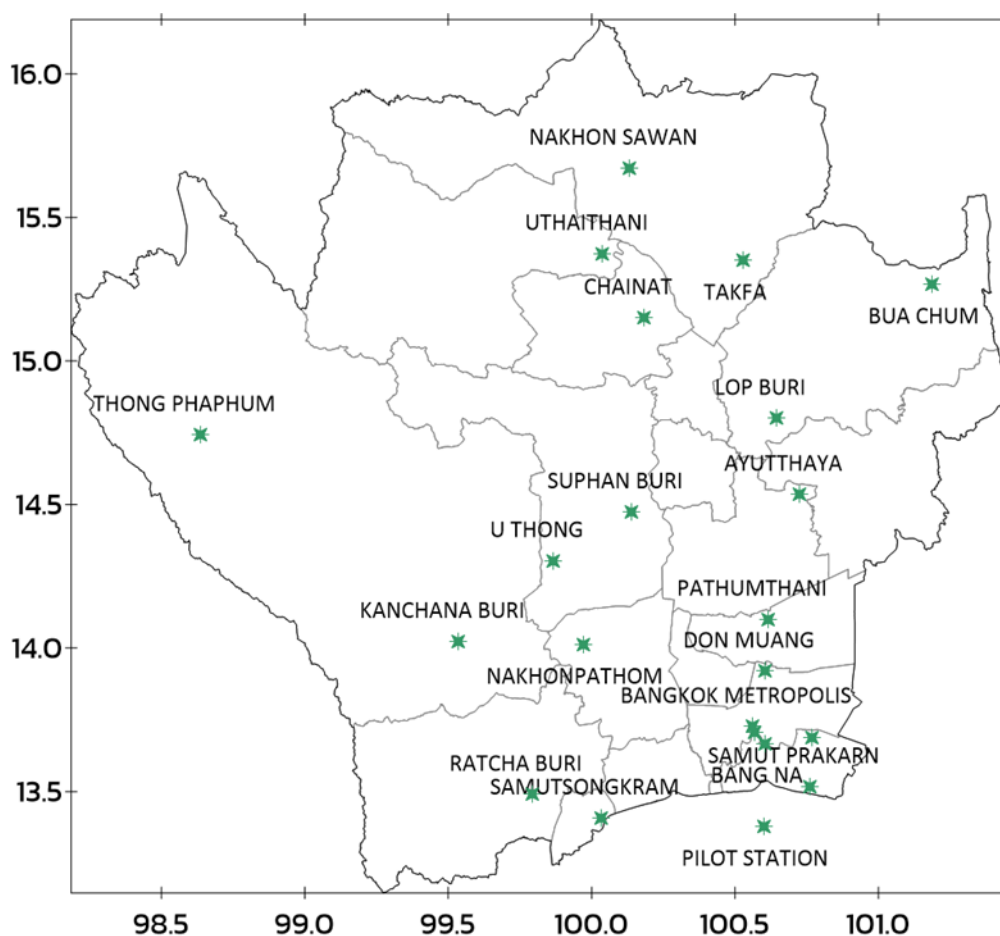
1.2.1 เพื่อคำนวณค่าดัชนีสะสมความร้อน (GDD) รายวันในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดย้อนหลังจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา

1.2.2 เพื่อประเมินศักยภาพของการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยใช้ข้อมูล GDD ที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงอุตุนิยมวิทยา

1.2.3 เพื่อระบุช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในพื้นที่ภาคกลางภายใต้สภาวะภูมิอากาศปัจจุบัน

1.3 ขอบเขตของการดำเนินการ

การศึกษานี้ครอบคลุมพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดรายวันย้อนหลัง 10 ปี (พ.ศ. 2558–2567) จากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ดังรูปที่ 1.1 การวิเคราะห์จะเน้นในเชิงอุตุนิยมวิทยาโดยไม่รวมการทดลองทางชีวภาพหรือการเก็บข้อมูลในแปลงจริง ใช้ค่า GDD สะสมเป้าหมาย (Target GDD) เป็นเกณฑ์หลักในการกำหนดระยะเวลาการเจริญเติบโต โดยอ้างอิงช่วงเวลามาตรฐานที่ 110 - 120 วัน เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบความเหมาะสม



รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงพิกัดที่ตั้งของสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาในภาคกลางที่ใช้ในการศึกษา

1.4 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการเจริญเติบโตของพืชภายใต้สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการใช้ดัชนีสะสมความร้อน (Growing Degree Days: GDD) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ระยะพัฒนาการของพืช (Phenology) และการพยากรณ์วันเก็บเกี่ยวอย่างแม่นยำ

Arun KC et al. (2021) ได้ทำการทบทวนและสรุปวิวัฒนาการและความก้าวหน้าของแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว (Rice Crop Models) ที่ใช้กันในระดับสากล ผลการศึกษาพบว่าดัชนีสะสมความร้อน (GDD) ถือเป็นกลไกหลักและเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่ขับเคลื่อนแบบจำลองเหล่านี้แทบทั้งหมด โดย GDD ทำหน้าที่เป็นตัวแปรสำคัญในการควบคุมและพยากรณ์ระยะพัฒนาการ (Phenology) หรือการเปลี่ยนผ่านระยะต่างๆ ของพืช ซึ่งแสดงให้เห็นว่า GDD เป็นเครื่องมือที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล

Khempet และ Jongkaewwattana (2012) ได้ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางการเกษตรของข้าวเหนียวม่วงพันธุ์พื้นเมืองในประเทศไทย โดยใช้ GDD เป็นเครื่องมือหนึ่งในการวิเคราะห์ระยะการเจริญเติบโต ผลการศึกษานี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในเชิงระเบียบวิธีวิจัย โดยได้ระบุและใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับข้าวในเขตร้อน คือ อุณหภูมิฐาน (Base Temperature, T_{base}) ที่ 10 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิเพดาน (Upper Temperature, T_{upper}) ที่ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยระดับสากลของ Grigorieva et al. (2010) ที่ศึกษาดัชนี GDD ในพื้นที่ที่มีความแปรปรวนของอุณหภูมิสูง โดยระบุว่าการกำหนดค่าจุดตัดอุณหภูมิสูง (High-temperature threshold cut-off) ที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นมาตรฐานที่ใช้ทั่วไปสำหรับพืชไร่หลายชนิด เช่น ข้าวโพดและถั่วเหลือง เพื่อป้องกันการประเมินค่าความร้อนสะสมที่เกินจริงในช่วงที่อากาศร้อนจัด การกำหนดค่าเพดานที่ 30 องศาเซลเซียส จึงเป็นแนวทางที่ช่วยให้การประเมินศักยภาพการเจริญเติบโตมีความรัดกุมและสะท้อนประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงที่แท้จริงได้ดีกว่า

Sanwong et al. (2023) ได้ประยุกต์ใช้ดัชนี AGDD (Accumulated Growing Degree Days) เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของอุณหภูมิสูงต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของข้าวสามสายพันธุ์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย ได้แก่ Pathum Thani 1 (PTT1), Suphan Buri 1 (SP1) และ Chai Nat 1 (CN1) โดยพบว่า พันธุ์ปทุมธานี 1 (PTT1) เป็นพันธุ์ที่ไวต่อความร้อนมากที่สุด โดยมีระยะการเจริญเติบโตลดลงจากประมาณ 98 วันในปีที่มีอุณหภูมิกปกติ เหลือเพียง 87 วันในปีที่มีอุณหภูมิสูง และอุณหภูมิที่สูงกว่า 35 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ขนาดของเอ็มบริโอและเอนโดสเปิร์มลดลง รวมถึงคุณภาพเมล็ดด้อยลง เช่น การงอกต่ำและเมล็ดชุ่นมากขึ้น

ศุภณัฐ ภายถวาย และคณะ (2566) ได้ศึกษาการพยากรณ์วันเก็บเกี่ยวของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และ กข-แม่โจ้ 2 โดยใช้ GDD ที่เก็บข้อมูลผ่านสถานีตรวจอากาศแบบดิจิทัล (IoT) ผลการวิจัยพบว่า ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ต้องการอุณหภูมิสะสมทั้งหมดตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเท่ากับ 1,865.50 GDD โดยใช้ $T_{base} = 10$ องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับพารามิเตอร์ที่ได้รับการยอมรับในงานวิจัยก่อนหน้า โดยมีระยะเวลาการเจริญเติบโตเฉลี่ยประมาณ 110–120 วัน การใช้สถานี IoT ช่วยให้สามารถเก็บข้อมูลอุณหภูมิรายวันได้อย่างแม่นยำและต่อเนื่อง ส่งผลให้การพยากรณ์วันเก็บเกี่ยวมีความแม่นยำสูง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการปลูกข้าวในพื้นที่ภาคกลางได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากวรรณกรรมข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า GDD เป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำและได้รับการยอมรับในการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของข้าว โดยเฉพาะพันธุ์ปทุมธานี 1 ซึ่งมีข้อมูลสนับสนุนจากหลายงานวิจัยทั้งในระดับสากล ระดับประเทศ และระดับแปลงจริง การนำ GDD มาใช้ในการศึกษาค้นคว้าจึงมีความเหมาะสมทั้งในเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ

1.5 ทฤษฎี และ/หรือแนวความคิดที่นำมาใช้ในการศึกษา

1.5.1 ทฤษฎีดัชนีสะสมความร้อน (Growing Degree Days: GDD)

ดัชนีสะสมความร้อน (Growing Degree Days: GDD) เป็นแนวคิดที่ใช้ในการวัดปริมาณความร้อนที่พืชได้รับในแต่ละวัน ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนผ่านระยะพัฒนาการของพืช (Phenology) โดยเฉพาะในพืชที่ตอบสนองต่ออุณหภูมิอย่างชัดเจน โดยทำการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิฐาน (Base Temperature) ซึ่งเป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้ หลักการของ GDD คือการสะสมพลังงานความร้อนที่พืชใช้ในการพัฒนาแต่ละระยะ เช่น จากใบแรกไปสู่ใบที่สอง หรือจากระยะเจริญทางลำต้นไปสู่ระยะสืบพันธุ์ โดยสูตรพื้นฐานในการคำนวณคือ

$$GDD = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_{base}$$

โดยที่

T_{max}	อุณหภูมิสูงสุดรายวัน (ไม่เกิน T_{upper})
T_{min}	อุณหภูมิต่ำสุดรายวัน (ไม่ต่ำกว่า T_{base})
T_{base}	อุณหภูมิฐานที่พืชเริ่มเจริญเติบโต

พืชแต่ละชนิดมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เรียกว่า cardinal temperature ซึ่งประกอบด้วยอุณหภูมิต่ำสุด (base), อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด (optimum) และอุณหภูมิสูงสุด (ceiling) สำหรับข้าวในเขตร้อน T_{base} อยู่ที่ประมาณ 8–10 องศาเซลเซียส และจะหยุดการเจริญเติบโตเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส (ทวี, 2541)

การใช้ค่าอุณหภูมิสะสมมีความแม่นยำมากกว่าการนับจำนวนวัน เนื่องจากสามารถสะท้อนผลของอุณหภูมิที่ผันแปรในแต่ละวันได้อย่างชัดเจน และสามารถใช้ในการพยากรณ์วันออกดอกหรือวันเก็บเกี่ยวได้แม้ในสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวน (เฉลิมพล, 2542)

จากข้อมูลเปรียบเทียบในตารางที่ 1.1 พบว่า การกำหนดค่า $T_{upper} = 30^{\circ}\text{C}$ มีความเหมาะสมกับการศึกษานี้ เนื่องจากเป็นเกณฑ์ที่สะท้อนช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา (Physiological Optimum) ซึ่งมักจะเริ่มคงที่เมื่ออุณหภูมิสูงเกินระดับดังกล่าว สอดคล้องกับแนวทางสากลของ Grigorieva et al. (2010) ที่ระบุว่า การใช้เพดานอุณหภูมิแบบตัดค่า (Horizontal Cut-off) ที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นวิธีมาตรฐานที่ช่วยลดความผิดพลาดจากการประเมินความร้อนสะสมที่สูงเกินจริง (Overestimation) ในช่วงฤดูร้อน การเลือกใช้เกณฑ์นี้จึงเป็นการประเมินแบบระมัดระวัง ซึ่งช่วยให้ผลการวิเคราะห์ศักยภาพการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีความรัดกุมและสะท้อนความเป็นจริงทางสรีรวิทยาได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น

ตารางที่ 1.1 การเปรียบเทียบเหตุผลในการเลือกค่า T_{upper}

การเปรียบเทียบ	$T_{upper} = 30^{\circ}\text{C}$ (Khempet & Jongkaewwattana, 2012; Grigorieva et al., 2010)	$T_{upper} = 35^{\circ}\text{C}$ (Sanwong et al., 2023)
แนวคิดทางสรีรวิทยา	สะท้อนช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสูงสุดที่พืชเจริญเติบโตได้ดีที่สุด หากเกินกว่านี้อัตราการเติบโตมักจะคงที่และไม่เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ	สะท้อนช่วงอุณหภูมิวิกฤติ หรือขีดจำกัดสูงสุดก่อนที่พืชจะหยุดชะงักหรือเสียหายจากความร้อน
ความนิยมในระดับสากล	เป็นค่ามาตรฐานที่นิยมใช้ในการคำนวณ GDD สำหรับพืชไร่เศรษฐกิจ (เช่น ข้าว, ข้าวโพด, ถั่วเหลือง) ในพื้นที่ที่มีความแปรปรวนของอากาศสูง	มักใช้ในการศึกษาวิจัยเฉพาะทางที่เน้นผลกระทบจากความเครียดเนื่องจากความร้อน
ผลต่อการคำนวณ GDD	ตัดทอนค่าความร้อนส่วนเกินในช่วงเที่ยงวันของฤดูร้อนออก เพื่อป้องกันการประเมินอัตราการเจริญเติบโตที่เร็วเกินจริง	นำอุณหภูมิที่สูงจัดมาคำนวณเป็นหน่วยความร้อน ซึ่งอาจทำให้โมเดลทำนายว่าข้าวโตเร็วมาก ในขณะที่ความเป็นจริงข้าวอาจชะงักกัน
ความเหมาะสมกับงานวิจัย	เหมาะสมที่สุด สำหรับการประเมินศักยภาพทั่วไป เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ไม่คลาดเคลื่อนไปในทางบวกมากเกินไป	เหมาะสมกับการศึกษาที่ต้องการจับสัญญาณวันที่มีคลื่นความร้อนรุนแรง มากกว่าการประเมินการเติบโตปกติ

1.5.2 คุณลักษณะของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (Pathum Thani 1: PTT1) เป็นข้าวเจ้าไม่ไวแสงที่ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี กรมการข้าว ผ่านการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ BKNA6-18-3-2 และ PTT85061-86-3-2-1 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้พันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพเมล็ดดี เหมาะสำหรับบริโภค และสามารถปลูกได้ในระบบชลประทานของภาคกลางอย่างมีประสิทธิภาพ ข้าวพันธุ์นี้มีลักษณะเด่นหลายประการ ได้แก่

- ลักษณะทางพฤกษศาสตร์: ต้นสูงประมาณ 104–133 เซนติเมตร ทรงกอตั้ง ใบสีเขียวมีขนกาบใบและปล้องสีเขียว เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง มีขนและหางเล็กน้อย
- คุณภาพเมล็ด: เมล็ดข้าวกล้องมีขนาดเฉลี่ย $7.6 \times 2.1 \times 1.7$ มิลลิเมตร มีปริมาณอมิโลสประมาณ 15–19% ข้าวสุกมีลักษณะนุ่มเหนียว มีกลิ่นหอมอ่อน เหมาะสำหรับบริโภค
- อายุเก็บเกี่ยว: เฉลี่ยประมาณ 104–126 วัน ขึ้นอยู่กับวิธีการปลูก (ปักดำหรือหว่านน้ำตม)
- ผลผลิต: เฉลี่ยประมาณ 650–774 กิโลกรัมต่อไร่ ภายใต้การจัดการที่เหมาะสม

- ความต้านทานโรคและแมลง: มีความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว โรคไหม้ และโรคขอบใบแห้งในระดับดี

- ความเหมาะสมในการปลูก: เหมาะสำหรับปลูกในฤดูนาปรังและนาปี โดยเฉพาะในพื้นที่ชลประทานของภาคกลาง

ด้วยคุณลักษณะดังกล่าวจาก กรมการข้าว (Rice Department), ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี, KUBOTA Agri Solutions ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 จึงเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาศักยภาพการเจริญเติบโตภายใต้สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะเมื่อใช้ดัชนีสะสมความร้อน (GDD) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์เชิงอุตุนิยมวิทยาและเชิงพื้นที่

1.5.3 อุตุนิยมวิทยาเกษตรและการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Agro-Climatology and Spatial Analysis)

อุตุนิยมวิทยาเกษตร (Agro-Climatology) เป็นศาสตร์ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศกับการเจริญเติบโตของพืช โดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิ ฝน ความชื้น และแสงแดด เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบต่อผลผลิตและคุณภาพของพืช การใช้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดรายวันจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ GDD และการพยากรณ์ระยะพัฒนาการของพืช

การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis) ช่วยให้สามารถประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกพืชในระดับภูมิภาค โดยการใช้ข้อมูลภูมิอากาศย้อนหลังร่วมกับข้อมูลพันธุ์พืชเป้าหมาย เช่น ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เพื่อระบุช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกในแต่ละพื้นที่ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการผลิต การจัดการทรัพยากรน้ำ และการลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ เช่น ภัยแล้ง ฝนทิ้งช่วง เป็นต้น

1.5.4 แนวคิดการประเมินศักยภาพการเจริญเติบโต (Concept of Growth Potential Assessment)

ในการศึกษาศักยภาพการเจริญเติบโต (Growth Potential) เป็นนิยามเชิงปฏิบัติการที่กำหนดขึ้นเพื่อประเมินความเหมาะสมของสภาพภูมิอากาศ โดยไม่ได้อ้างอิงจากผลผลิตจริง แต่พิจารณาจากความสามารถของสภาพอากาศในการเอื้ออำนวยต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ตามเกณฑ์ดังนี้

1.5.4.1 ความสมบูรณ์ของพลังงานความร้อน

ความสามารถของพื้นที่ในการสะสมค่าความร้อน (GDD) ได้ครบตามความต้องการของพืช (Target GDD) ภายในระยะเวลาการปลูกที่เหมาะสม (Optimal Duration) ซึ่งกำหนดไว้ที่ 110-120 วัน

1.5.4.2 ความปลอดภัยจากความเครียดเนื่องจากความร้อน

ระดับความเสี่ยงต่ำจากอุณหภูมิที่สูงเกินค่าวิกฤต ($T_{max} > 35^{\circ}C$) โดยเฉพาะในช่วงระยะออกดอก (Flowering Stage) ซึ่งส่งผลกระทบต่ออารมณ์ผสมเกสรและคุณภาพเมล็ด

1.5.5 มุมเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์ (Solar Declination Angle)

มุมเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์ คือค่ามุมที่บอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์เหนือหรือใต้เส้นศูนย์สูตรฟ้าในแต่ละวัน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปตามวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ การเปลี่ยนแปลงของมุมนี้เป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดฤดูกาล และส่งผลโดยตรงต่อความยาวของช่วงกลางวัน (Day length) รวมถึงระดับรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลกในแต่ละละติจูด (Spencer, 1971; Cooper, 1969)

ในการศึกษานี้ ค่ามุมเดคลิเนชันถูกนำมาใช้ร่วมกับข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (ละติจูด) ของสถานีตรวจอากาศทั้ง 22 แห่ง เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และปัจจัยขับเคลื่อนหลักที่มีอิทธิพลต่อปริมาณพลังงานความร้อนที่พื้นที่ได้รับ ซึ่งส่งผลต่อการกำหนดช่วงเวลาการเพาะปลูกที่เหมาะสมของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภายใต้สภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของภาคกลาง

1.6 วิธีดำเนินการศึกษาโดยสรุป

ในการศึกษาการประเมินศักยภาพการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในพื้นที่ภาคกลาง โดยใช้ดัชนีสะสมความร้อน มีขั้นตอนการดำเนินการโดยสรุปดังนี้

1.6.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประมาณค่าดัชนีดัชนีสะสมความร้อน (GDD) และ AI เพื่อช่วยในการเขียนโค้ด Python สำหรับการวิเคราะห์

1.6.2 รวบรวมข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด (T_{max}) และอุณหภูมิต่ำสุด (T_{min}) รายวัน จากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ย้อนหลัง 10 ปี (พ.ศ. 2558 – 2567) ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย

1.6.3 ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล ก่อนนำไปวิเคราะห์ค่าดัชนีสะสมความร้อน (GDD)

1.6.4 วิเคราะห์ค่าดัชนีสะสมความร้อน (GDD)

1.6.5 สรุปผลการศึกษา

1.6.6 จัดทำเอกสารเผยแพร่

โดยมีแผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการ ดังรูปที่ 1.2

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

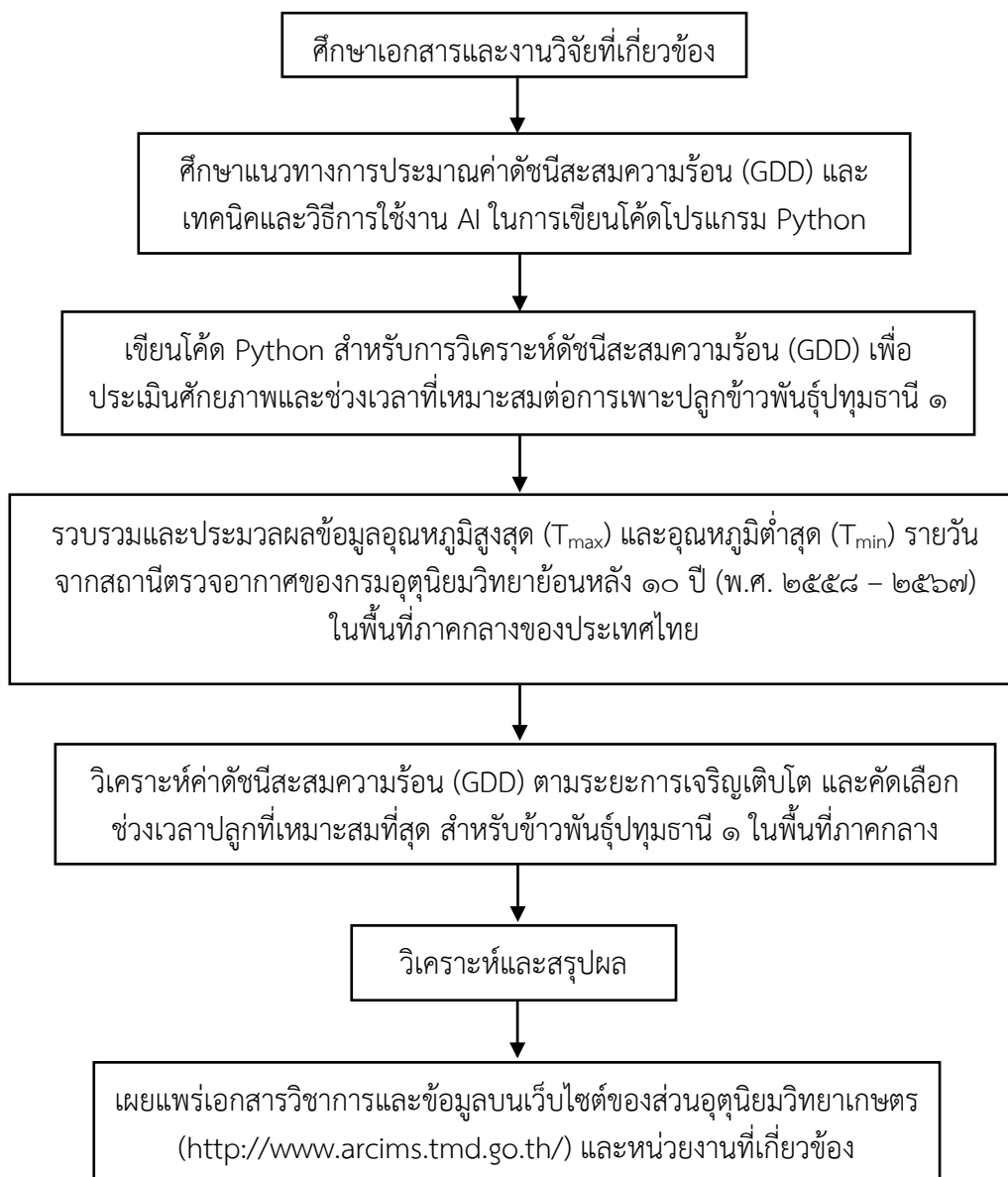
ผลการศึกษาจะให้ข้อมูลเชิงวิเคราะห์เกี่ยวกับค่าดัชนีสะสมความร้อน (GDD) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในพื้นที่ภาคกลาง ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการ

1.7.1 ได้ค่าดัชนีสะสมความร้อน (Growing Degree Days: GDD) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 สำหรับพื้นที่ภาคกลางในแต่ละช่วงฤดูกาล

1.7.2 ได้ข้อมูลเชิงพื้นที่แสดงระดับศักยภาพของการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

1.7.3 ได้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับช่วงเวลาการเพาะปลูกที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของแต่ละพื้นที่

1.7.4 ได้ฐานข้อมูลภูมิอากาศเชิงวิเคราะห์ที่สามารถนำไปใช้ในการคาดการณ์ผลผลิตหรือการวางแผนปลูกข้าวในอนาคต



รูปที่ 1.2 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการศึกษาอย่างละเอียด (Flow Chart)

2. ข้อมูลและวิธีดำเนินการ

2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลอุณหภูมิรายวันจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย โดยแบ่งเป็นสองชุดข้อมูลหลัก ได้แก่

1. ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดรายวัน (Daily Maximum Temperature)
2. ข้อมูลอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน (Daily Minimum Temperature)

ข้อมูลทั้งสองชุดครอบคลุมช่วงเวลา 10 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2558 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2567 โดยมีรูปแบบเป็นตารางรายสถานี ซึ่งประกอบด้วยรหัสสถานี ชื่อสถานี พิกัดภูมิศาสตร์ (ละติจูดและลองจิจูด) และค่าที่วัดได้ในแต่ละวัน

นอกจากนี้ ยังมีการใช้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ซึ่งมีระยะปลูกประมาณ 110–120 วัน โดยแบ่งเป็นช่วงสำคัญ ได้แก่ ระยะงอก ระยะแตกกอ ระยะออกดอก และระยะสุกแก่ เพื่อใช้ในการตีความค่าดัชนีสะสมความร้อน (GDD) ที่ได้จากการคำนวณ

2.2 วิธีการดำเนินการศึกษา

การดำเนินการศึกษาแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สะท้อนศักยภาพการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ได้อย่างแม่นยำ ดังนี้

2.2.1 การรวบรวมและจัดเตรียมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดรายวันจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย จำนวน 22 สถานี (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 แสดงพิกัดที่ตั้งและระยะเวลาข้อมูลของสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ภาคกลาง

ลำดับ	สถานีอุตุนิยมวิทยา	พิกัดที่ตั้ง		ระยะเวลาข้อมูล (พ.ศ.)
		ละติจูด	ลองจิจูด	
1	นครสวรรค์	15.671833	100.132361	2558 - 2567
2	ตากฟ้า จ.นครสวรรค์	15.349444	100.530277	2558 - 2567
3	ชัยนาท	15.150000	100.183333	2558 - 2567
4	อุทัยธานี	15.374167	100.038889	2559 - 2567
5	พระนครศรีอยุธยา	14.534722	100.725000	2558 - 2567
6	บัวชุม จ.ลพบุรี	15.266667	101.187361	2558 - 2567
7	ลพบุรี	14.799722	100.645000	2558 - 2567
8	สุพรรณบุรี	14.474444	100.138889	2558 - 2567
9	อุททอง จ.สุพรรณบุรี	14.303611	99.864722	2558 - 2567

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) แสดงพิกัดที่ตั้งและระยะเวลาข้อมูลของสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ในพื้นที่ภาคกลาง

ลำดับ	สถานีอุตุนิยมวิทยา	พิกัดที่ตั้ง		ระยะเวลาข้อมูล (พ.ศ.)
		ละติจูด	ลองจิจูด	
10	ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี	14.742222	98.636389	2558 - 2567
11	กาญจนบุรี	14.022500	99.535833	2558 - 2567
12	ราชบุรี	13.489306	99.792389	2558 - 2567
13	นครปฐม	14.011667	99.970000	2558 - 2567
14	ปทุมธานี	14.100000	100.616667	2558 - 2567
15	ดอนเมือง กรุงเทพฯ	13.919167	100.605000	2558 - 2567
16	เฉลิมพระเกียรติฯ กรุงเทพฯ	13.726389	100.560000	2558 - 2567
17	คลองเตย กรุงเทพฯ	13.706944	100.568056	2558 - 2567
18	บางนา กรุงเทพฯ	13.666389	100.606111	2558 - 2567
19	สถานีน้ำร้อน จ.สมุทรปราการ	13.377222	100.599444	2558 - 2567
20	สมุทรปราการ	13.516667	100.761667	2558 - 2567
21	สุวรรณภูมิ จ.สมุทรปราการ	13.686389	100.767500	2558 - 2567
22	สมุทรสงคราม	13.407778	100.032222	2559 - 2567

2.2.2 การตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลและการจัดการข้อมูล (Data Pre-processing)

เพื่อให้ชุดข้อมูลมีความพร้อมและเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ในลักษณะอนุกรมเวลา (Time Series) ร่วมกับแบบจำลอง GDD ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลประกอบไปด้วย

- 1) การตรวจสอบความสอดคล้องของอุณหภูมิ โดยดำเนินการลบข้อมูลของวันที่ที่มีความผิดปกติ ซึ่งคือ วันที่ค่าอุณหภูมิสูงสุดต่ำกว่าอุณหภูมิต่ำสุด ($T_{max} < T_{min}$)
- 2) การเติมเต็มข้อมูลสูญหาย ในกรณีพบข้อมูลขาดหาย จะทำการแทนค่าด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) โดยใช้ข้อมูลจากวันก่อนหน้าและวันถัดไป
- 3) การจัดการปีอธิกสุรทิน (Leap Year Adjustment) จะดำเนินการตัดข้อมูลวันที่ 29 กุมภาพันธ์ ของทุกปีออก เพื่อปรับฐานข้อมูลให้เป็นมาตรฐานปีละ 365 วัน (Standardized Year) ซึ่งช่วยลดความซับซ้อนและเพิ่มความถูกต้องในการหาค่าเฉลี่ยรายวันตลอดช่วงเวลา 10 ปี
- 4) การจัดรูปแบบข้อมูล ทำการบันทึกข้อมูลที่ผ่านการตรวจสอบแล้วให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ CSV เพื่อความสะดวกในการประมวลผล

2.2.3 การกำหนดพารามิเตอร์และการคำนวณดัชนีสะสมความร้อน (GDD Calculation)

การศึกษานี้ใช้สมการคำนวณค่า GDD รายวัน โดยมีการปรับแก้ค่าอุณหภูมิเพดาน (Cut-off Method) เพื่อให้สอดคล้องกับสรีรวิทยาของข้าวตามมาตรฐานสากล ดังนี้

2.2.3.1 สมการและพารามิเตอร์ตั้งต้น

$$GDD = \frac{T_{max_adj} + T_{min}}{2} - T_{base}$$

โดยมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ ดังนี้

- อุณหภูมิฐาน (T_{base}): กำหนดที่ 10°C
- อุณหภูมิเพดาน (T_{upper}): กำหนดที่ 30°C (สำหรับการคำนวณการสะสมชีวมวล) โดยหาก T_{max} สูงกว่า 30°C จะถูกปรับค่าเป็น 30°C ในสูตรคำนวณ GDD แต่จะยังคงบันทึกค่าอุณหภูมิจริงไว้เพื่อใช้ตรวจสอบเงื่อนไขความเครียดจากความร้อน (Heat Stress) ในขั้นตอนการคัดเลือกช่วงเวลา

2.2.3.2 เกณฑ์ดัชนีสะสมความร้อนตามระยะการเจริญเติบโต (Phenological Stages)

การศึกษานี้กำหนดค่าเป้าหมาย GDD (Target GDD) สำหรับข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (วิธีปักดำ) ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าดัชนีสะสมความร้อน (GDD) จำแนกกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้าวของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

ระยะการเจริญเติบโต (Stage)	ค่า GDD สะสมเป้าหมาย (Cumulative GDD Target)
ระยะแตกกอสูงสุด (Max Tillering)	675.0
ระยะกำเนิดช่อดอก (Panicle Initiation)	813.5
ระยะออกดอก 50% (50% Flowering)	1,308.0
ระยะสุกแก่/เก็บเกี่ยว (Maturity)	1,903.5

2.2.4 การวิเคราะห์แบบจำลองและเกณฑ์การเลือกช่วงเวลาปลูก (Simulation & Selection Criteria)

กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลนี้ดำเนินการเพื่อให้ได้ช่วงเวลาปลูกที่เหมาะสมที่สุด โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.2.4.1 การสร้างปีตัวแทน (Representative Year Calculation)

เริ่มต้นจากคำนวณค่า GDD รายวันของข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี (พ.ศ. 2558–2567) ตามสมการในหัวข้อ 2.2.3 หลังจากนั้นนำค่า GDD ที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยรายวัน (Daily Average GDD) ของทั้ง 10 ปี เพื่อสร้างชุดข้อมูลตัวแทน 1 ปี (365 วัน) สำหรับใช้ในการจำลองสถานการณ์

2.2.4.2 การจำลองวันปลูก (Moving Window Simulation)

ทำการจำลองวันปลูก โดยเริ่มตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม (Day 1) และขยับวันปลูกไปที่ละวันจนครบ 365 วัน (Day 365) สำหรับในแต่ละรอบวันปลูกจะทำการสะสมค่า GDD เฉลี่ยไปเรื่อย ๆ

จนกว่าจะครบค่าเป้าหมายที่ 1,903.5 GDD (ระยะสุกแก่) เพื่อคำนวณหา อายุการเก็บเกี่ยว (Duration) ของรอบปลูกนั้น ๆ

2.2.4.3 เกณฑ์การคัดเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุด (Selection Algorithm)

การตัดสินใจเลือกวันปลูกที่ดีที่สุด จะพิจารณาตามลำดับความสำคัญ (Priority) ของเงื่อนไข 3 ประการดังนี้

- เงื่อนไขที่ 1 หลีกเลี่ยงความเครียดจากความร้อน (Heat Stress Avoidance) จะพิจารณาช่วง ระยะออกดอก (Flowering Window) ซึ่งครอบคลุมช่วงค่า GDD สะสมตั้งแต่ 813.5 ถึง 1,308.0 โดยวันปลูกที่เหมาะสม ต้องไม่มีวันที่อุณหภูมิสูงสุด (T_{max}) เฉลี่ยเกินกว่า 35 °C ในช่วงระยะดังกล่าว หากรอบปลูกใดพบอุณหภูมิเกินเกณฑ์นี้ จะถูกตัดออกจากการพิจารณา

- เงื่อนไขที่ 2 ระยะเวลาสั้นที่สุด (Shortest Duration) โดยจากรอบปลูกที่ผ่านเงื่อนไขที่ 1 จะทำการคัดเลือกช่วงวันปลูกที่ใช้จำนวนวันในการสะสม GDD จนถึงระยะสุกแก่ (Maturity) น้อยที่สุด (เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด)

- เงื่อนไขที่ 3 ลำดับเวลา (Earliest Occurrence) หากมีรอบวันปลูกที่มีระยะเวลาสั้นที่สุดเท่ากันหลายช่วง จะเลือกช่วงเวลาที่เกิดขึ้นก่อน ในปฏิทินเป็นเกณฑ์ตัดสินหลัก

2.2.5 สรุปผลการศึกษาและการนำเสนอผลลัพธ์

เมื่อได้ผลลัพธ์จากการจำลองสถานการณ์ตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้ว การศึกษานี้จะดำเนินการสังเคราะห์และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบทั้งในมิติเชิงพื้นที่ (Spatial Analysis) ระหว่างสถานีตรวจอากาศทั้ง 22 แห่ง และมิติเชิงเวลา (Temporal Analysis) เพื่อระบุรูปแบบความเหมาะสมของการปลูกในแต่ละฤดูกาล โดยผลการศึกษาจะถูกนำเสนอผ่านการสร้างแผนภาพและกราฟทางสถิติ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกกับระยะเวลาการเจริญเติบโตและความเสี่ยงจากความร้อน รวมถึงการจัดทำปฏิทินการเพาะปลูก (Crop Calendar) ที่ระบุช่วงวันปลูกที่เหมาะสม (Optimal Window) และช่วงที่ควรหลีกเลี่ยงสำหรับแต่ละพื้นที่ เพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นข้อเสนอแนะเชิงจัดการสำหรับการวางแผนการเพาะปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ภาคกลางได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

3. ผลการดำเนินการ

จากการดำเนินงานรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิมิเทียมวิทยาเกษตรของสถานีตรวจอากาศจำนวน 22 แห่งในพื้นที่ภาคกลาง ตามกระบวนการที่ได้ระบุไว้ในบทที่ 3 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงประจักษ์ระหว่างค่าสะสมอุณหภูมิ (GDD) และช่วงเวลาการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่เหมาะสมเพื่อลดความเสี่ยงจากสภาวะอากาศแปรปรวน โดยในบทนี้จะนำเสนอผลการประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่รายสถานี การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากวิกฤตความร้อนในช่วงดอกบาน และสภาวะฝนทิ้งช่วง เพื่อระบุหน้าต่างการปลูกที่มีประสิทธิภาพที่สุดสำหรับข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในแต่ละพื้นที่ภูมิอากาศภาคกลาง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของหน้าต่างการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในพื้นที่ภาคกลาง

ในการศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์หน้าต่างการปลูก (Planting Window) สำหรับวิธีนาค่า (Transplant) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในพื้นที่ภาคกลางรวมทั้งสิ้น 22 สถานีตรวจอากาศ โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงตัวเลขเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตและการบริหารจัดการความเสี่ยงจากสภาพภูมิอากาศ การวิเคราะห์นี้กำหนดค่าอุณหภูมิฐาน (T_{base}) ที่ 10.0°C และอุณหภูมิเพดาน (T_{upper}) ที่ 30.0°C เพื่อใช้ในการคำนวณค่าสะสมอุณหภูมิตามรายวัน (GDD)

โดยเกณฑ์สะสมอุณหภูมิเป้าหมายที่ใช้ในการแบ่งระยะการเจริญเติบโต 4 ระยะหลักของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีดังนี้

- ระยะแตกกอสูงสุด (Max Tillering): 675.0 GDD
- ระยะเริ่มสร้างช่อดอก (Panicle Initiation): 813.5 GDD
- ระยะดอกบาน 50% (Flowering 50%): 1,308.0 GDD
- ระยะสุกแก่ (Maturity): 1,903.5 GDD

จากการภาพรวมการวิเคราะห์ทั้ง 22 สถานี พบว่าพื้นที่ภาคกลางมีศักยภาพในการผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 สูง เนื่องจากมีปริมาณความร้อนเพียงพอต่อการสะสมค่า GDD ให้ครบตามเกณฑ์ภายในระยะเวลาเฉลี่ย 97 - 102 วัน อย่างไรก็ตาม ความท้าทายหลักคือการบริหารจัดการช่วงเวลาการปลูกเพื่อหลีกเลี่ยง วิกฤตความร้อน (Heat Stress) ที่อุณหภูมิสูงกว่า 35.0°C ในช่วงดอกบาน ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการผสมเกสรและคุณภาพเมล็ดของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 รวมถึงความเสี่ยงจากสภาวะฝนทิ้งช่วงในเดือนพฤษภาคม

3.2 ผลการวิเคราะห์หน้าต่างการปลูกที่มีประสิทธิภาพสูงสุดรายสถานี

ภายหลังจากกำหนดเกณฑ์มาตรฐานทางสรีรวิทยาของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และภาพรวมของภูมิภาคในหัวข้อ 4.1 ผลการวิเคราะห์นี้ในลำดับถัดไปเป็นการนำเสนอรายละเอียดเชิงลึกแยกตามลักษณะภูมิอากาศเฉพาะถิ่น (Micro-climate) ของแต่ละสถานีตรวจอากาศ เพื่อระบุช่วงเวลาการเจริญเติบโตที่แม่นยำและหน้าต่างการปลูกที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยข้อมูลในแต่ละสถานีจะแสดงผ่านปฏิทินการสะสมความร้อน (GDD) ที่ระบุวันที่คาดการณ์ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตจนถึงวันเก็บเกี่ยว ร่วมกับการคัดเลือกและแสดงผลเฉพาะหน้าต่างการปลูกที่มีคะแนนความเสี่ยงจากวิกฤตความร้อนเป็นศูนย์ (Risk Score = 0) เพื่อให้มั่นใจว่าช่วงเวลาปลูกที่ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ออกดอกบาน

50% จะไม่เผชิญกับสภาวะอุณหภูมิสูงสุดที่เกิน 35.0°C ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการรักษาคุณภาพผลผลิตและลดโอกาสการเกิดเมล็ดลีบ ตลอดจนมีการพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณฝนสะสมรวมตลอดฤดูกาลปลูกเพื่อใช้ประกอบการวางแผนจัดการน้ำ โดยมีรายละเอียดตามตารางช่วงเวลาเพาะปลูกที่เหมาะสมตามดัชนีสะสมความร้อน (GDD) ทั้ง 22 แห่ง ดังนี้ ซึ่งผลการวิเคราะห์ของทุกสถานีจะถูกนำเสนอภายใต้เกณฑ์มาตรฐานและรูปแบบเดียวกัน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบและเลือกนำข้อมูลไปปรับใช้ตามลักษณะพื้นที่ที่สนใจได้โดยตรง ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ถึง 3.22

ตารางที่ 3.1 สถานีตรวจอากาศนครสวรรค์ (400201) จังหวัดนครสวรรค์

ลำดับ	ช่วงเวลาการดำเนินงาน		จำนวน วัน	ระยะการเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	25 มิ.ย. – 11 ก.ค.	29 ก.ย. – 15 ต.ค.	97	28 ก.ค. – 13 ส.ค.	4 – 20 ส.ค.	29 ส.ค. – 14 ก.ย.	29 ก.ย. – 15 ต.ค.
2	12 - 26 ก.ค.	17 – 31 ต.ค.	98	14 – 28 ส.ค.	21 ส.ค. – 5 ก.ย.	16 - 30 ก.ย.	17 – 31 ต.ค.
3	27 ก.ค. – 6 ส.ค.	2 - 12 พ.ย.	99	29 ส.ค. – 9 ก.ย.	6 – 16 ก.ย.	1 – 11 ต.ค.	2 – 11 พ.ย.
4	7 – 20 ส.ค.	14 – 27 พ.ย.	100	10 – 23 ก.ย.	17 – 30 ก.ย.	13 – 26 ต.ค.	14 – 27 พ.ย.
5	21 – 27 ส.ค.	29 พ.ย. – 5 ธ.ค.	101	24 - 30 ก.ย.	1 – 7 ต.ค.	27 ต.ค. - 3 พ.ย.	29 พ.ย. – 5 ธ.ค.

ตารางที่ 3.2 สถานีตรวจอากาศตากฟ้า (400301) จังหวัดนครสวรรค์

ลำดับ	ช่วงเวลาการดำเนินงาน		จำนวน วัน	ระยะการเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	6 – 28 พ.ค.	10 ส.ค. – 1 ก.ย.	97	8 – 30 มิ.ย.	15 มิ.ย. – 7 ก.ค.	10 ก.ค. – 2 ส.ค.	10 ส.ค. – 1 ก.ย.
2	29 พ.ค. – 14 มิ.ย.	3 – 19 ก.ย.	98	1 – 18 ก.ค.	8 – 25 ก.ค.	3 – 19 ส.ค.	3 – 19 ก.ย.
3	15 – 28 มิ.ย.	21 ก.ย. - 4 ต.ค.	99	19 ก.ค. – 1 ส.ค.	26 ก.ค. – 8 ส.ค.	20 ส.ค. – 3 ก.ย.	21 ก.ย. – 4 ต.ค.
4	29 มิ.ย. – 10 ก.ค.	6 – 17 ต.ค.	100	2 – 13 ส.ค.	9 – 20 ส.ค.	4 – 15 ก.ย.	6 – 17 ต.ค.
5	11- 23 ก.ค.	19 – 31 ต.ค.	101	14 – 26 ส.ค.	21 ส.ค. – 3 ก.ย.	16 – 29 ก.ย.	19 – 31 ต.ค.

ตารางที่ 3.3 สถานีตรวจอากาศชัยนาท (402301) จังหวัดชัยนาท

ลำดับ	ช่วงเวลาการดำเนินงาน		จำนวน วัน	ระยะการเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	19 – 30 พ.ค.	22 ส.ค. – 2 ก.ย.	96	21 มิ.ย. – 2 ก.ค.	28 มิ.ย. – 9 ก.ค.	23 ก.ค. – 3 ส.ค.	22 ส.ค. – 2 ก.ย.
2	31 พ.ค. – 25 มิ.ย.	4 - 29 ก.ย.	97	3 – 29 ก.ค.	10 ก.ค. – 5 ส.ค.	4 – 30 ส.ค.	4 – 29 ก.ย.
3	26 มิ.ย. – 13 ก.ค.	1 – 18 ต.ค.	98	30 ก.ย. - 16 ส.ค.	6 – 23 ส.ค.	31 ส.ค. – 17 ก.ย.	1 – 18 ต.ค.
4	14 – 29 ก.ค.	20 ต.ค. – 4 พ.ย.	99	17 ส.ค. – 1 ก.ย.	24 ส.ค. – 8 ก.ย.	18 ก.ย. - 4 ต.ค.	20 ต.ค. – 4 พ.ย.
5	30 ก.ค. – 13 ส.ค.	6 - 20 พ.ย.	100	2 – 16 ก.ย.	9 – 23 ก.ย.	5 – 19 ต.ค.	6 – 20 พ.ย.

ตารางที่ 3.4 สถานีตรวจอากาศอุทัยธานี (410201) จังหวัดอุทัยธานี

ลำดับ	ช่วงเวลาการดำเนินงาน		จำนวน วัน	ระยะเวลาเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	8 – 10 พ.ค.	11 – 13 ส.ค.	96	10 - 12 มิ.ย.	17 – 19 มิ.ย.	12 – 14 ก.ค.	11 – 13 ส.ค.
2	30 มิ.ย. – 10 ก.ค.	4 - 14 ต.ค.	97	2 – 12 ส.ค.	9 - 19 ส.ค.	3 – 13 ก.ย.	4 – 14 ต.ค.
3	11 - 25 ก.ค.	16 – 30 ต.ค.	98	13 – 27 ส.ค.	20 ส.ค. – 4 ก.ย.	14 – 29 ก.ย.	16 – 30 ต.ค.
4	26 ก.ค. – 4 ส.ค.	1 – 10 พ.ย.	99	28 ส.ค. – 7 ก.ย.	5 -14 ก.ย.	30 ก.ย. – 9 ต.ค.	1 – 10 พ.ย.
5	5 – 19 ส.ค.	12 – 26 พ.ย.	100	8 – 22 ก.ย.	15 – 29 ก.ย.	11 – 25 ต.ค.	12 – 16 พ.ย.

ตารางที่ 3.5 สถานีตรวจอากาศพระนครศรีอยุธยา (415301) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ลำดับ	ช่วงเวลาการดำเนินงาน		จำนวน วัน	ระยะเวลาเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	8 – 17 พ.ค.	12 – 21 ส.ค.	97	10 – 19 มิ.ย.	17 – 26 มิ.ย.	12 – 22 ก.ค.	12 – 21 ส.ค.
2	18 พ.ค. – 8 มิ.ย.	23 ส.ค. – 13 ก.ย.	98	20 มิ.ย. – 12 ก.ค.	27 มิ.ย. – 19 ก.ค.	23 ก.ค. – 13 ส.ค.	23 ส.ค. – 13 ก.ย.
3	9 – 23 มิ.ย.	15 – 29 ก.ย.	99	13 – 27 ก.ค.	20 ก.ค. – 3 ส.ค.	14 – 29 ส.ค.	15 – 29 ก.ย.
4	24 มิ.ย. – 13 ก.ค.	1 – 20 ต.ค.	100	28 มิ.ย. – 16 ส.ค.	4 – 24 ส.ค.	30 ส.ค. – 19 ก.ย.	1 – 20 ต.ค.
5	14 – 31 ก.ค.	22 ต.ค. – 8 พ.ย.	101	17 ส.ค. – 4 ก.ย.	25 ส.ค. 11 ก.ย.	20 ก.ย. – 7 ต.ค.	22 ต.ค. – 8 พ.ย.

ตารางที่ 3.6 สถานีตรวจอากาศบัวชุม (426401) จังหวัดลพบุรี

ลำดับ	ช่วงเวลาการดำเนินงาน		จำนวน วัน	ระยะเวลาเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	2 – 9 มิ.ย.	6 – 13 ก.ย.	97	5 – 12 ก.ค.	12 – 19 ก.ค.	6 – 14 ส.ค.	6 – 13 ก.ย.
2	24 – 25 มิ.ย.	29 – 30 ก.ย.	98	28 – 29 ก.ค.	4 – 5 ส.ค.	29 -30 ส.ค.	29 – 30 ก.ย.
3	26 มิ.ย. – 9 ก.ค.	2 – 15 ต.ค.	99	30 ก.ค. – 12 ส.ค.	6 – 19 ส.ค.	31 ส.ค. – 14 ก.ย.	2 – 15 ต.ค.
4	10 – 21 ก.ค.	17 – 28 ต.ค.	100	13 – 24 ส.ค.	20 – 31 ส.ค.	15 – 26 ก.ย.	17 – 28 ต.ค.
5	22 – 29 ก.ค.	30 ต.ค. – 6 พ.ย.	101	25 ส.ค. – 1 ก.ย.	1 – 8 ก.ย.	27 ก.ย. – 5 ต.ค.	30 ต.ค. – 6 พ.ย.

ตารางที่ 3.7 สถานีตรวจอากาศลพบุรี (426201) จังหวัดลพบุรี

ลำดับ	ช่วงเวลาการดำเนินงาน		จำนวน วัน	ระยะการเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	8 พ.ค. - 14 มิ.ย.	11 ส.ค. - 17 ก.ย.	96	10 มิ.ย. - 17 ก.ค.	17 มิ.ย. - 24 ก.ค.	12 ก.ค. - 18 ส.ค.	11 ส.ค. - 17 ก.ย.
2	29 มิ.ย. - 14 ก.ค.	3 - 18 ต.ค.	97	1 - 16 ส.ค.	8 - 23 ส.ค.	2 - 17 ก.ย.	3 - 18 ต.ค.
3	15 ก.ค. - 4 ส.ค.	20 ต.ค. - 9 พ.ย.	98	17 ส.ค. - 7 ก.ย.	24 ส.ค. - 14 ก.ย.	19 ก.ย. - 9 ต.ค.	20 ต.ค. - 9 พ.ย.
4	5 - 24 ส.ค.	11 - 30 พ.ย.	99	8 - 27 ก.ย.	15 ก.ย. - 4 ต.ค.	10 - 30 ต.ค.	11 - 30 พ.ย.
5	25 ส.ค. - 2 ก.ย.	2 - 10 ธ.ค.	100	28 ก.ย. - 6 ต.ค.	5 - 13 ต.ค.	31 ต.ค. - 8 พ.ย.	2 - 10 ธ.ค.

ตารางที่ 3.8 สถานีตรวจอากาศสุพรรณบุรี (425201) จังหวัดสุพรรณบุรี

ลำดับ	ช่วงเวลาการดำเนินงาน		จำนวน วัน	ระยะการเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	16 - 29 ก.ค.	20 ต.ค. - 2 พ.ย.	97	18 - 31 ส.ค.	25 ส.ค. - 7 ก.ย.	19 ก.ย. - 2 ต.ค.	20 ต.ค. - 2 พ.ย.
2	30 ก.ค. - 14 ส.ค.	4 - 19 พ.ย.	98	1 - 16 ก.ย.	8 - 23 ก.ย.	3 - 19 ต.ค.	4 - 19 พ.ย.
3	15 - 24 ส.ค.	21 - 30 พ.ย.	99	17 - 17 ก.ย.	24 ก.ย. - 4 ต.ค.	20 - 29 ต.ค.	21 - 30 พ.ย.
4	25 - 30 ส.ค.	2 - 7 ธ.ค.	100	28 ก.ย. - 3 ต.ค.	5 - 10 ต.ค.	30 ต.ค. - 5 พ.ย.	2 - 7 ธ.ค.
5	31 ส.ค. - 5 ก.ย.	9 - 14 ธ.ค.	101	4 - 9 ต.ค.	11 - 16 ต.ค.	6 - 11 พ.ย.	9 - 14 ธ.ค.

ตารางที่ 3.9 สถานีตรวจอากาศอู่ทอง (425301) จังหวัดสุพรรณบุรี

ลำดับ	ช่วงเวลาการดำเนินงาน		จำนวน วัน	ระยะการเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	8 - 30 พ.ค.	12 ส.ค. - 3 ก.ย.	97	10 มิ.ย. - 2 ก.ค.	17 มิ.ย. - 9 ก.ค.	12 ก.ค. - 4 ส.ค.	12 ส.ค. - 3 ก.ย.
2	31 พ.ค. - 8 ก.ค.	5 ก.ย. - 14 ต.ค.	98	3 ก.ค. - 11 ก.ค.	10 ก.ค. - 18 ส.ค.	5 ส.ค. - 13 ก.ย.	5 ก.ย. - 14 ต.ค.
3	9 - 27 ก.ค.	16 ต.ค. - 3 พ.ย.	100	12 - 30 ส.ค.	19 ส.ค. - 6 ก.ย.	14 ก.ย. - 2 ต.ค.	16 ต.ค. - 3 พ.ย.
4	28 ก.ค. - 10 ส.ค.	5 - 18 พ.ย.	101	31 ส.ค. - 13 ก.ย.	7 - 20 ก.ย.	4 - 17 ต.ค.	5 - 18 พ.ย.
5	11 - 19 ส.ค.	20 - 28 พ.ย.	102	14 - 22 ก.ย.	21 - 30 ก.ย.	18 - 26 ต.ค.	20 - 28 พ.ย.

ตารางที่ 3.10 สถานีตรวจอากาศทองผาภูมิ (450401) จังหวัดกาญจนบุรี

ลำดับ	ช่วงเวลาการดำเนินงาน		จำนวน วัน	ระยะการเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	9 – 14 เม.ย.	16 – 21 ก.ค.	99	12 – 17 พ.ค.	19 – 24 พ.ค.	14 – 19 มิ.ย.	16 – 21 ก.ค.
2	15 – 22 เม.ย.	23 – 30 ก.ค.	100	18 – 25 พ.ค.	25 พ.ค. – 1 มิ.ย.	20 – 28 มิ.ย.	23 – 30 ก.ค.
3	23 – 29 เม.ย.	1 – 7 ส.ค.	101	26 พ.ค. – 1 มิ.ย.	2 – 9 มิ.ย.	29 มิ.ย. – 5 ก.ค.	1 – 7 ส.ค.
4	30 เม.ย. – 8 พ.ค.	9 – 17 ส.ค.	102	2 – 11 มิ.ย.	10 – 18 มิ.ย.	6 – 15 ก.ค.	9 – 17 ส.ค.
5	9 – 19 พ.ค.	19 – 29 ส.ค.	103	12 – 23 มิ.ย.	19 – 30 มิ.ย.	16 – 27 ก.ค.	19 – 29 ส.ค.

ตารางที่ 3.11 สถานีตรวจอากาศกาญจนบุรี (450401) จังหวัดกาญจนบุรี

ลำดับ	ช่วงเวลาการดำเนินงาน		จำนวน วัน	ระยะการเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	14 พ.ค. – 9 มิ.ย.	19 ส.ค. – 14 ก.ย.	98	16 มิ.ย. – 13 ก.ค.	23 มิ.ย. – 20 ก.ค.	19 ก.ค. – 15 ส.ค.	19 ส.ค. – 14 ก.ย.
2	1 – 10 ก.ค.	8 – 17 ต.ค.	100	4 – 14 ส.ค.	12 – 21 ส.ค.	6 – 15 ก.ย.	8 – 17 ต.ค.
3	11 – 22 ก.ค.	19 – 30 ต.ค.	101	15 – 25 ส.ค.	22 ส.ค. – 2 ก.ย.	16 – 28 ก.ย.	19 – 30 ต.ค.
4	23 – 31 ก.ค.	1 – 9 พ.ย.	102	26 ส.ค. – 3 ก.ย.	3 – 11 ก.ย.	29 ก.ย. – 7 ต.ค.	1 – 9 พ.ย.
5	1 – 13 ส.ค.	11 – 23 พ.ย.	103	4 – 16 ก.ย.	12 – 24 ก.ย.	8 – 21 ต.ค.	11 – 23 พ.ย.

ตารางที่ 3.12 สถานีตรวจอากาศราชบุรี (424301) จังหวัดราชบุรี

ลำดับ	ช่วงเวลาการดำเนินงาน		จำนวน วัน	ระยะการเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	11 เม.ย.	15 ก.ค.	96	14 พ.ค.	21 พ.ค.	15 มิ.ย.	15 ก.ค.
2	27 เม.ย. – 23 พ.ค.	1 – 27 ส.ค.	97	30 พ.ค. – 25 มิ.ย.	6 มิ.ย. – 2 ก.ค.	1 – 28 ก.ค.	1 – 27 ส.ค.
3	24 พ.ค. – 21 มิ.ย.	29 ส.ค. – 26 ก.ย.	98	26 มิ.ย. – 25 ก.ค.	4 ก.ค. – 1 ส.ค.	26 มิ.ย. – 27 ส.ค.	29 ส.ค. – 26 ก.ย.
4	22 มิ.ย. – 12 ก.ค.	28 ก.ย. – 18 ต.ค.	99	26 ก.ค. – 15 ส.ค.	2 – 22 ส.ค.	28 ส.ค. – 17 ก.ย.	28 ก.ย. – 18 ต.ค.
5	13 – 28 ก.ค.	20 ต.ค. – 4 พ.ย.	100	16 – 31 ส.ค.	23 ส.ค. – 7 ก.ย.	18 ก.ย. – 3 ต.ค.	20 ต.ค. – 4 พ.ย.

ตารางที่ 3.13 สถานีตรวจอากาศกำแพงแสน (451301) จังหวัดนครปฐม

ลำดับ	ช่วงเวลาการการณ์		จำนวน วัน	ระยะการเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	8 – 26 พ.ค.	11 – 29 ส.ค.	96	10 – 28 มิ.ย.	17 มิ.ย. – 5 ก.ค.	12 – 30 ก.ค.	11 – 29 ส.ค.
2	27 – 31 พ.ค.	31 ส.ค. – 4 ก.ย.	97	29 มิ.ย. – 3 ก.ค.	6 – 10 ก.ค.	31 ก.ค. – 4 ส.ค.	31 ส.ค. – 4 ก.ย.
3	30 มิ.ย. – 10 ก.ค.	5 – 15 ต.ค.	98	3 – 13 ส.ค.	10 – 20 ส.ค.	4 – 14 ก.ย.	5 – 15 ต.ค.
4	11 – 22 ก.ค.	17 – 28 ต.ค.	99	14 – 25 ส.ค.	21 ส.ค. – 1 ก.ย.	15 – 26 ก.ย.	17 – 28 ต.ค.
5	23 – 31 ก.ค.	30 ต.ค. – 7 พ.ย.	100	26 ส.ค. – 3 ก.ย.	2 – 10 ก.ย.	27 ก.ย. – 6 ต.ค.	30 ต.ค. – 7 พ.ย.

ตารางที่ 3.14 สถานีตรวจอากาศปทุมธานี (419301) จังหวัดปทุมธานี

ลำดับ	ช่วงเวลาการการณ์		จำนวน วัน	ระยะการเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	13 – 23 ก.ค.	16 – 26 ต.ค.	96	15 – 25 ส.ค.	22 ส.ค. – 1 ก.ย.	16 – 26 ก.ย.	16 – 26 ต.ค.
2	30 ส.ค. – 6 ก.ย.	5 – 12 ธ.ค.	98	3 – 10 ต.ค.	10 – 17 ต.ค.	4 – 11 พ.ย.	5 – 12 ธ.ค.
3	7 ก.ย.	14 ธ.ค.	99	11 ต.ค.	18 ต.ค.	12 พ.ย.	14 ธ.ค.
4	25 ก.ย. – 1 ต.ค.	3 – 9 ม.ค.	101	29 ต.ค. – 4 พ.ย.	5 – 11 พ.ย.	30 พ.ย. – 7 ธ.ค.	3 – 9 ม.ค.
5	2 – 12 ต.ค.	11 – 21 ม.ค.	102	5 – 15 พ.ย.	12 – 22 พ.ย.	8 – 19 ธ.ค.	11 – 21 ธ.ค.

ตารางที่ 3.15 สถานีตรวจอากาศท่าอากาศยานกรุงเทพฯ (455601) กรุงเทพมหานคร

ลำดับ	ช่วงเวลาการการณ์		จำนวน วัน	ระยะการเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	26 เม.ย. – 13 มิ.ย.	30 ก.ค. – 16 ก.ย.	96	29 พ.ค. – 16 ก.ค.	5 มิ.ย. – 23 ก.ค.	30 มิ.ย. – 17 ส.ค.	30 ก.ค. – 16 ก.ย.
2	14 มิ.ย. – 6 ก.ค.	18 ก.ย. – 10 ต.ค.	97	17 ก.ค. – 8 ส.ค.	24 ก.ค. – 15 ส.ค.	18 ส.ค. – 9 ก.ย.	18 ก.ย. – 10 ต.ค.
3	7 – 27 ก.ค.	12 ต.ค. – 1 พ.ย.	98	9 – 30 ส.ค.	16 ส.ค. – 6 ก.ย.	10 ก.ย. – 1 ต.ค.	12 ต.ค. – 1 พ.ย.
4	28 ก.ย. – 16 ส.ค.	3 – 22 พ.ย.	99	31 ส.ค. – 19 ก.ย.	7 – 26 ก.ย.	2 – 22 ต.ค.	3 – 22 พ.ย.
5	17 – 27 ส.ค.	24 พ.ย. – 4 ธ.ค.	100	20 – 30 ก.ย.	27 ก.ย. – 8 ต.ค.	23 ต.ค. – 2 พ.ย.	24 พ.ย. – 4 ธ.ค.

ตารางที่ 3.16 สถานีตรวจอากาศเฉลิมพระเกียรติ (455201) กรุงเทพมหานคร

ลำดับ	ช่วงเวลาการดำเนินงาน		จำนวน วัน	ระยะการเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	4 พ.ค. - 12 ก.ค.	7 ส.ค. - 15 ต.ค.	96	6 มิ.ย. - 14 ส.ค.	13 มิ.ย. - 21 ส.ค.	8 ก.ค. - 15 ก.ย.	7 ส.ค. - 15 ต.ค.
2	13 ก.ค. - 2 ก.ย.	17 ต.ค. - 7 ธ.ค.	97	15 ส.ค. - 6 ต.ค.	22 ส.ค. - 13 ต.ค.	16 ก.ย. - 7 พ.ย.	17 ต.ค. - 7 ธ.ค.
3	3 - 15 ก.ย.	9 - 21 ธ.ค.	98	7 - 19 ต.ค.	14 - 26 ต.ค.	8 - 20 พ.ย.	9 - 21 ธ.ค.
4	16 ก.ย. - 21 ธ.ค.	23 ธ.ค. - 29 มี.ค.	99	20 ต.ค. - 26 ม.ค.	27 ต.ค. - 2 ก.พ.	21 พ.ย. - 27 ก.พ.	23 ธ.ค. - 29 มี.ค.
-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 3.17 สถานีตรวจอากาศท่าเรือกรุงเทพฯ (455203) กรุงเทพมหานคร

ลำดับ	ช่วงเวลาการดำเนินงาน		จำนวน วัน	ระยะการเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	29 เม.ย. - 29 มิ.ย.	2 ส.ค. - 2 ต.ค.	96	1 มิ.ย. - 1 ส.ค.	8 มิ.ย. - 8 ส.ค.	3 ก.ค. - 2 ก.ย.	2 ส.ค. - 2 ต.ค.
2	30 มิ.ย. - 31 ก.ค.	4 ต.ค. - 4 พ.ย.	97	2 ส.ค. - 2 ก.ย.	9 ส.ค. - 9 ก.ย.	3 ก.ย. - 5 ต.ค.	4 ต.ค. - 4 พ.ย.
3	1 ส.ค. - 3 ก.ย.	6 พ.ย. - 9 ธ.ค.	98	3 ก.ย. - 7 ต.ค.	10 ก.ย. - 14 ต.ค.	6 ต.ค. - 9 พ.ย.	6 พ.ย. - 9 ธ.ค.
4	4 ก.ย. - 31 ธ.ค.	11 ธ.ค. - 8 เม.ย.	99	8 ต.ค. - 5 ก.พ.	15 ต.ค. - 12 ก.พ.	10 พ.ย. - 9 มี.ค.	11 ธ.ค. - 8 เม.ย.
-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 3.18 สถานีตรวจอากาศบางนา (455301) กรุงเทพมหานคร

ลำดับ	ช่วงเวลาการดำเนินงาน		จำนวน วัน	ระยะการเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	28 เม.ย. - 25 มิ.ย.	1 ส.ค. - 28 ก.ย.	96	31 พ.ค. - 28 ก.ค.	7 มิ.ย. - 4 ส.ค.	2 ก.ค. - 29 ส.ค.	1 ส.ค. - 28 ก.ย.
2	26 มิ.ย. - 23 ก.ค.	30 ก.ย. - 27 ต.ค.	97	29 ก.ค. - 25 ส.ค.	5 ส.ค. - 1 ก.ย.	30 ส.ค. - 27 ก.ย.	30 ก.ย. - 27 ต.ค.
3	24 ก.ค. - 18 ส.ค.	29 ต.ค. - 23 พ.ย.	98	26 ส.ค. - 21 ก.ย.	2 - 28 ก.ย.	28 ก.ย. - 24 ต.ค.	29 ต.ค. - 23 พ.ย.
4	19 - 31 ส.ค.	25 พ.ย. - 7 ธ.ค.	99	22 ก.ย. - 4 ต.ค.	29 ก.ย. - 11 ต.ค.	25 ต.ค. - 6 พ.ย.	25 พ.ย. - 7 ธ.ค.
5	1 - 10 ก.ย.	9 - 18 ธ.ค.	100	5 - 14 ต.ค.	12 - 22 ต.ค.	7 16 พ.ย.	9 - 18 ธ.ค.

ตารางที่ 3.19 สถานีตรวจอากาศน้ำร่อง (429201) จังหวัดสมุทรปราการ

ลำดับ	ช่วงเวลาการการณ์		จำนวน วัน	ระยะการเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	21 มี.ค. - 20 เม.ย.	24 มิ.ย. - 24 ก.ค.	96	24 เม.ย. - 23 พ.ค.	1 - 30 พ.ค.	26 พ.ค. - 24 มิ.ย.	24 มิ.ย. - 24 ก.ค.
2	21 เม.ย. - 27 พ.ค.	26 ก.ค. - 31 ส.ค.	97	24 พ.ค. - 29 มิ.ย.	31 พ.ค. - 6 ก.ค.	25 มิ.ย. - 1 ส.ค.	26 ก.ค. - 31 ส.ค.
3	28 พ.ค. - 17 มิ.ย.	2 - 22 ก.ย.	98	30 มิ.ย. - 21 ก.ค.	7 - 28 ก.ค.	2 - 22 ส.ค.	2 - 22 ก.ย.
4	18 มิ.ย. - 5 ก.ค.	24 ก.ย. - 11 ต.ค.	99	22 ก.ค. - 8 ส.ค.	29 ก.ค. - 15 ส.ค.	23 ส.ค. - 10 ก.ย.	24 ก.ย. - 11 ต.ค.
5	6 ก.ค. - 9 ส.ค.	13 ต.ค. - 16 พ.ย.	100	9 ส.ค. - 12 ก.ย.	16 ส.ค. - 20 ก.ย.	11 ก.ย. - 16 ต.ค.	13 ต.ค. - 16 พ.ย.

ตารางที่ 3.20 สถานีตรวจอากาศสมุทรปราการ (429301) จังหวัดสมุทรปราการ

ลำดับ	ช่วงเวลาการการณ์		จำนวน วัน	ระยะการเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	25 มี.ค. - 23 เม.ย.	30 มิ.ย. - 29 ก.ค.	98	28 เม.ย. - 27 พ.ค.	6 พ.ค. - 3 มิ.ย.	31 พ.ค. - 28 มิ.ย.	30 มิ.ย. - 29 ก.ค.
2	24 เม.ย. - 10 มิ.ย.	31 ก.ค. - 16 ก.ย.	99	28 พ.ค. - 14 ก.ค.	4 มิ.ย. - 22 ก.ค.	30 มิ.ย. - 16 ส.ค.	31 ก.ค. - 16 ก.ย.
3	11 - 28 มิ.ย.	18 ก.ย. - 5 ต.ค.	100	15 ก.ค. - 2 ส.ค.	23 ก.ค. - 9 ส.ค.	17 ส.ค. - 4 ก.ย.	18 ก.ย. - 5 ต.ค.
4	29 มิ.ย. - 12 ก.ค.	7 - 20 ต.ค.	101	3 - 16 ส.ค.	10 - 23 ส.ค.	5 - 18 ก.ย.	7 - 20 ต.ค.
5	13 - 25 ก.ค.	22 ต.ค. - 3 พ.ย.	102	17 - 28 ส.ค.	24 ส.ค. - 5 ก.ย.	19 ก.ย. - 1 ต.ค.	22 ต.ค. - 3 พ.ย.

ตารางที่ 3.21 สถานีตรวจอากาศท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ (429601) จังหวัดสมุทรปราการ

ลำดับ	ช่วงเวลาการการณ์		จำนวน วัน	ระยะการเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	27 มี.ค. - 16 เม.ย.	30 มิ.ย. - 20 ก.ค.	96	29 เม.ย. - 19 พ.ค.	6 - 26 พ.ค.	31 พ.ค. - 20 มิ.ย.	30 มิ.ย. - 20 ก.ค.
2	17 เม.ย. - 25 พ.ย.	22 ก.ค. - 29 ส.ค.	97	20 พ.ค. - 27 มิ.ย.	27 พ.ค. - 5 ก.ค.	21 มิ.ย. - 30 ก.ค.	22 ก.ค. - 29 ส.ค.
3	26 พ.ค. - 19 มิ.ย.	31 ส.ค. - 24 ก.ย.	98	28 มิ.ย. - 23 ก.ค.	6 - 30 ก.ค.	31 ก.ค. - 24 ส.ค.	31 ส.ค. - 24 ก.ย.
4	20 มิ.ย. - 14 ก.ค.	26 ก.ย. - 20 ต.ค.	99	24 ก.ค. - 17 ส.ค.	31 ก.ค. - 24 ส.ค.	25 ส.ค. - 19 ก.ย.	26 ก.ย. - 20 ต.ค.
5	15 ก.ค. - 12 ส.ค.	22 ต.ค. - 19 พ.ย.	100	18 ส.ค. - 15 ก.ย.	25 ส.ค. - 23 ก.ย.	20 ก.ย. - 19 ต.ค.	22 ต.ค. - 19 พ.ย.

ตารางที่ 3.22 สถานีตรวจอากาศสมุทรสงคราม(438201) จังหวัดสมุทรสงคราม

ลำดับ	ช่วงเวลาการการณ์		จำนวน วัน	ระยะการเจริญเติบโต (GDD)			
	เริ่มเพาะปลูก	วันเก็บเกี่ยว		แตกกอ (GDD=675.0)	กำเนิดช่อดอก (GDD=813.0)	ออกดอก (GDD=1308.0)	สุกแก่ (GDD=1903.5)
1	25 มี.ค. - 23 เม.ย.	30 มี.ย. - 29 ก.ค.	98	28 เม.ย. - 27 พ.ค.	6 พ.ค. - 3 มิ.ย.	31 พ.ค. - 28 มิ.ย.	30 มิ.ย. - 29 ก.ค.
2	24 เม.ย. - 10 มิ.ย.	31 ก.ค. - 16 ก.ย.	99	28 พ.ค. - 14 ก.ค.	4 มิ.ย. - 22 ก.ค.	30 มิ.ย. - 16 ส.ค.	31 ก.ค. - 16 ก.ย.
3	11 - 28 มิ.ย.	18 ก.ย. - 5 ต.ค.	100	15 ก.ค. - 2 ส.ค.	23 ก.ค. - 9 ส.ค.	17 ส.ค. - 4 ก.ย.	18 ก.ย. - 5 ต.ค.
4	29 มิ.ย. - 12 ก.ค.	7 - 20 ต.ค.	101	3 - 16 ส.ค.	10 - 23 ส.ค.	5 - 18 ก.ย.	7 - 20 ต.ค.
5	13 - 25 ก.ค.	22 ต.ค. - 3 พ.ย.	102	17 - 28 ส.ค.	24 ส.ค. - 5 ก.ย.	19 ก.ย. - 1 ต.ค.	22 ต.ค. - 3 พ.ย.

จากการวิเคราะห์รายละเอียดเชิงลึกแยกตามลักษณะภูมิอากาศเฉพาะถิ่น (Micro-climate) ของสถานีตรวจอากาศทั้ง 22 แห่งในพื้นที่ภาคกลาง พบว่าการใช้ดัชนีสะสมความร้อน (GDD) เป็นเครื่องมือกำหนดวันปลูก ช่วยให้สามารถระบุช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดเพื่อเลี่ยงวิกฤตความร้อนและจัดการทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อให้เห็นภาพการนำไปใช้งานจริง สามารถแบ่งกลุ่มสถานีตามลักษณะหน้าตาต่างการปลูกได้ ดังนี้

1. กลุ่มพื้นที่ที่เริ่มปลูกได้เร็ว (Early Planting Window) ได้แก่ พื้นที่บริเวณจังหวัดกาญจนบุรี (สถานีทองผาภูมิ) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเริ่มรอบการปลูกได้เร็วที่สุดในกลุ่ม โดยเริ่มได้ตั้งแต่วันที่ 9 เมษายน และเก็บเกี่ยวได้ในช่วงกลางเดือนกรกฎาคม (ใช้เวลาประมาณ 99 วัน)

2. กลุ่มพื้นที่ที่มีรอบการเจริญเติบโตสั้น (High Efficiency) ได้แก่ พื้นที่บริเวณจังหวัดชัยนาท (สถานีชัยนาท) และนครปฐม (สถานีกำแพงแสน) พบว่ามีหน้าตาต่างการปลูกที่ข้าวเติบโตได้เร็วที่สุด โดยใช้เวลาเพียง 96 วัน หากเริ่มปลูกในช่วงปลายเดือนพฤษภาคม ซึ่งช่วยให้เกษตรกรสามารถบริหารจัดการน้ำหรือเตรียมพื้นที่สำหรับรอบถัดไปได้เร็วขึ้น

3. กลุ่มพื้นที่ที่มีหน้าตาต่างการปลูกช่วงปลายปี (Late Planting Window) จะอยู่บริเวณพื้นที่จังหวัดปทุมธานี (สถานีปทุมธานี) มีลักษณะเด่นคือหน้าตาต่างการปลูกที่มีประสิทธิภาพจะค่อนข้างไปทางครึ่งหลังของปี โดยสามารถเริ่มปลูกได้จนถึงเดือนตุลาคม และไปเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนมกราคมของปีถัดไป ซึ่งเป็นช่วงที่อากาศเย็นลงและช่วยเลี่ยงวิกฤตความร้อนได้อย่างสมบูรณ์

4. กลุ่มพื้นที่ลุ่มน้ำและชายฝั่ง (Coastal and Lowland) ได้แก่ บริเวณจังหวัดสมุทรปราการ (สถานีน้ำร่ง) ความต่อเนื่องของหน้าตาต่างการปลูกสูง สามารถเริ่มรอบการปลูกได้ตั้งแต่เดือนมีนาคมจนถึงเดือนสิงหาคม โดยระยะเวลากการเจริญเติบโตค่อนข้างคงที่อยู่ที่ 96-100 วัน

ดังนั้น แม้ว่าพื้นที่ภาคกลางจะมีศักยภาพสูงในการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 แต่เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เกษตรกรในแต่ละพื้นที่จำเป็นต้องปรับแผนการปลูกให้สอดคล้องกับข้อมูลดัชนีสะสมความร้อน (GDD) ของสถานีตรวจอากาศในพื้นที่หรือที่ใกล้ที่สุด เพื่อให้มั่นใจว่าช่วงดอกบานจะปลอดภัยจากคลื่นความร้อน และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตที่มีคุณภาพได้ตามกำหนด

3.3 การวิเคราะห์รูปแบบเชิงพื้นที่ของช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสมในพื้นที่ภาคกลาง

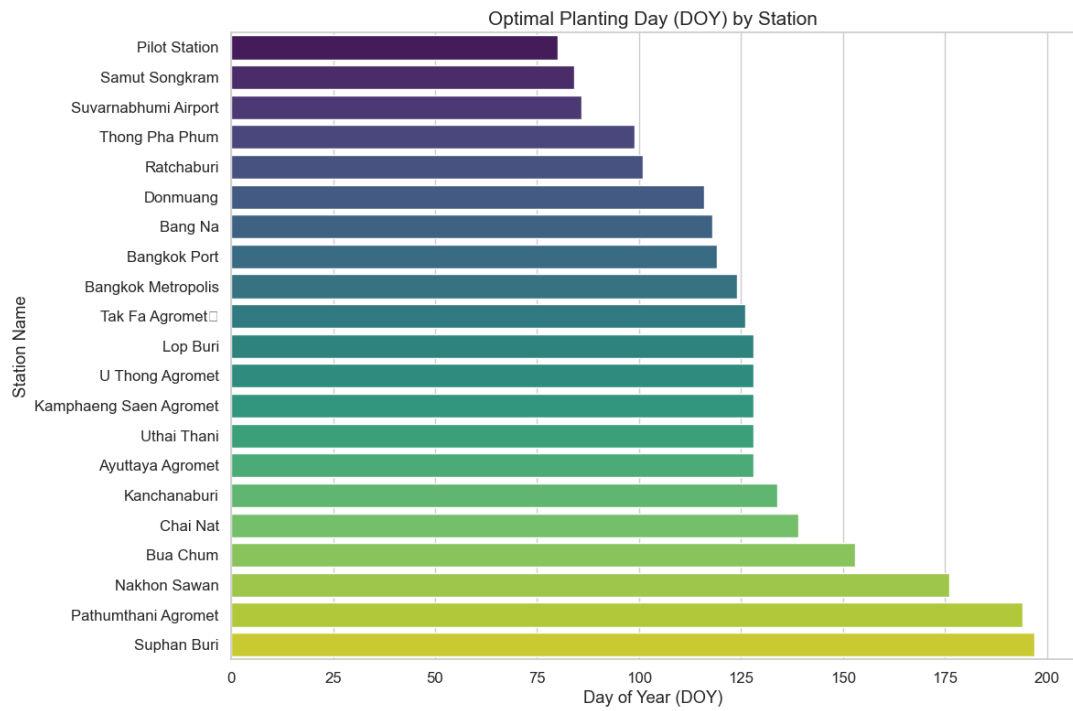
หลังจากการวิเคราะห์หน้าตาต่างการปลูกที่เหมาะสมของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในระดับรายสถานีตามที่นำเสนอในหัวข้อ 3.2 ในลำดับถัดไปเป็นการวิเคราะห์รูปแบบเชิงพื้นที่ของช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสม (Optimal Planting Day of Year: DOY) เพื่อสร้างความเข้าใจเชิงบูรณาการเกี่ยวกับแนวโน้มการกระจายตัวของช่วงเวลาการปลูกในภูมิภาคภาคกลาง

การวิเคราะห์นี้อาศัยตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของสถานีตรวจอากาศทั้ง 22 แห่ง โดยพิจารณาค่าละติจูด (Latitude) ร่วมกับปัจจัยทางดาราศาสตร์ด้านมุมเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์ (Solar Declination Angle) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และปัจจัยขับเคลื่อนหลักที่มีอิทธิพลต่อช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสม นอกจากนี้ ยังได้ทำการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual Analysis) จากแบบจำลองถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) เพื่อประเมินสมรรถนะของแนวโน้มเชิงภูมิภาค ซึ่งการวิเคราะห์ดังกล่าวช่วยให้สามารถระบุได้ว่าช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสมมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงตามตำแหน่งภูมิศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ รวมถึงช่วยในการตรวจสอบพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิอากาศเฉพาะถิ่น (Micro-climate) ซึ่งส่งผลให้ช่วงเวลาการปลูกเบี่ยงเบนไปจากแนวโน้มทั่วไปของภูมิภาค ดังรายละเอียดที่ปรากฏในหัวข้อย่อยต่อไปนี้

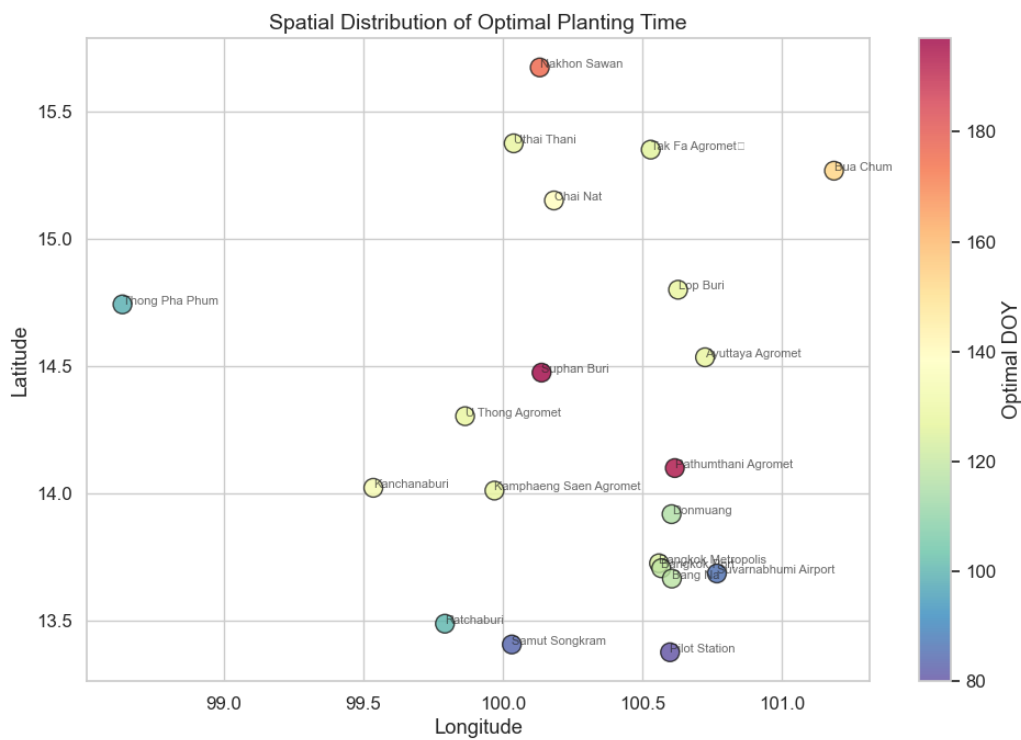
3.3.1 ความแปรปรวนเชิงพื้นที่และหน้าตาต่างการปลูกหลักของภูมิภาค

จากการพิจารณาวันปลูกที่เหมาะสม (Optimal DOY) ในกราฟแท่งแสดงวันปลูกที่เหมาะสมรายสถานี (Optimal Planting Day by Station) ดังรูปที่ 3.1 พบว่ามีความแปรปรวนเชิงพื้นที่ค่อนข้างสูง โดยมีค่าครอบคลุมตั้งแต่วันที่ 80 (สถานี Pilot Station) จนถึงวันที่ 197 (สถานี อุตุนิยมวิทยาจังหวัดสุพรรณบุรี และปทุมธานี) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของข้อมูลพบว่า สถานีส่วนใหญ่มีการกระจายตัวของหน้าตาต่างการปลูกในช่วง DOY 120–150 หรือสอดคล้องกับช่วงปลายเดือนเมษายนถึงกลางเดือนพฤษภาคม

นอกจากนี้ แผนภาพการกระจายตัวเชิงพื้นที่ (Spatial Distribution of Optimal Planting Time) ดังแสดงในรูปที่ 3.2 แสดงให้เห็นรูปแบบการไล่ระดับสี (Color Gradient) จากโทนเข้มในพื้นที่ตอนล่างขยับไปสู่โทนสว่างในพื้นที่ตอนเหนือ บ่งชี้ว่าพื้นที่ตอนล่างของภาคกลางมีศักยภาพในการเริ่มต้นการปลูกได้เร็วกว่าพื้นที่ตอนเหนือ ซึ่งรูปแบบดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึง "หน้าตาเวลาปลูกหลัก" ของภูมิภาคที่มีความชัดเจน แม้จะมีบางสถานีที่เบี่ยงเบนออกไปเนื่องจากอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศระดับจุลภาค (Micro-climate)



รูปที่ 3.1 การเปรียบเทียบวันปลูกที่เหมาะสม (Optimal DOY) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 จำแนกตามสถานีตรวจอากาศในพื้นที่ภาคกลาง



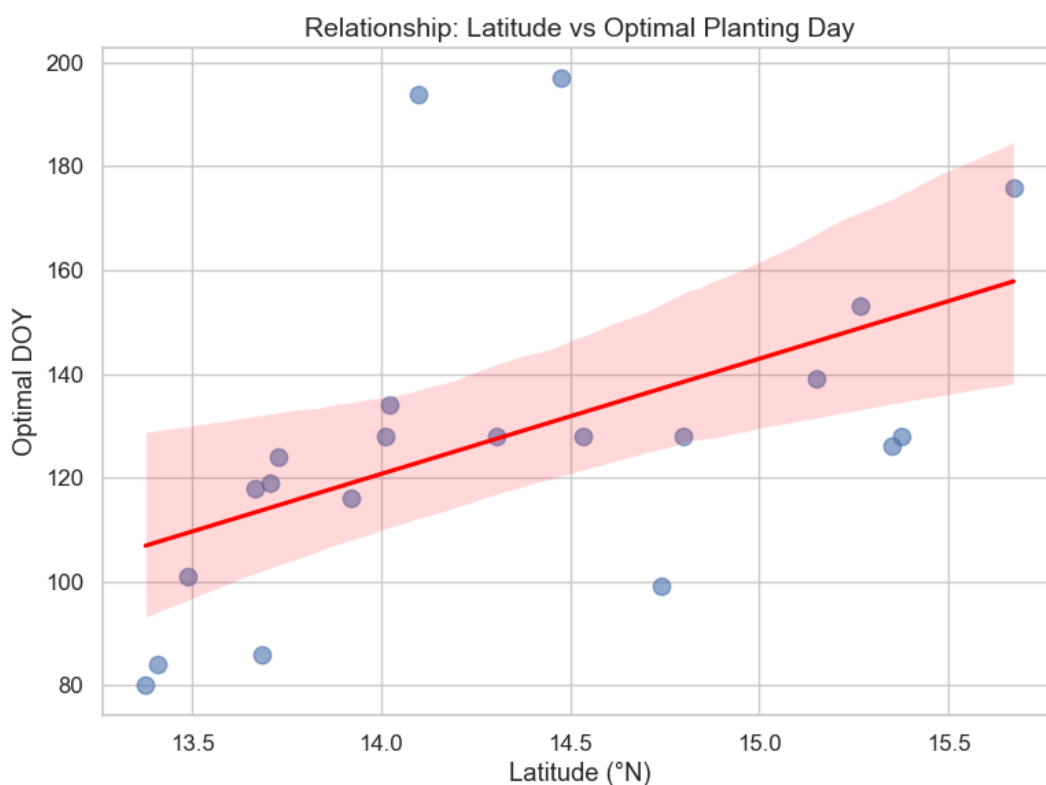
รูปที่ 3.2 การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของวันปลูกที่เหมาะสม (Optimal DOY) สำหรับพื้นที่ภาคกลาง

3.3.2 อิทธิพลของละติจูดและตำแหน่งของดวงอาทิตย์ต่อความต้องการความร้อนสะสม

จากการวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อหาปัจจัยขับเคลื่อนที่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนของช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสม ผลการศึกษาชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางด้านพิกัดภูมิศาสตร์และปัจจัยทางดาราศาสตร์กับค่าวันปลูกที่เหมาะสม (Optimal DOY) ดังนี้

3.3.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างละติจูดและวันปลูกที่เหมาะสม

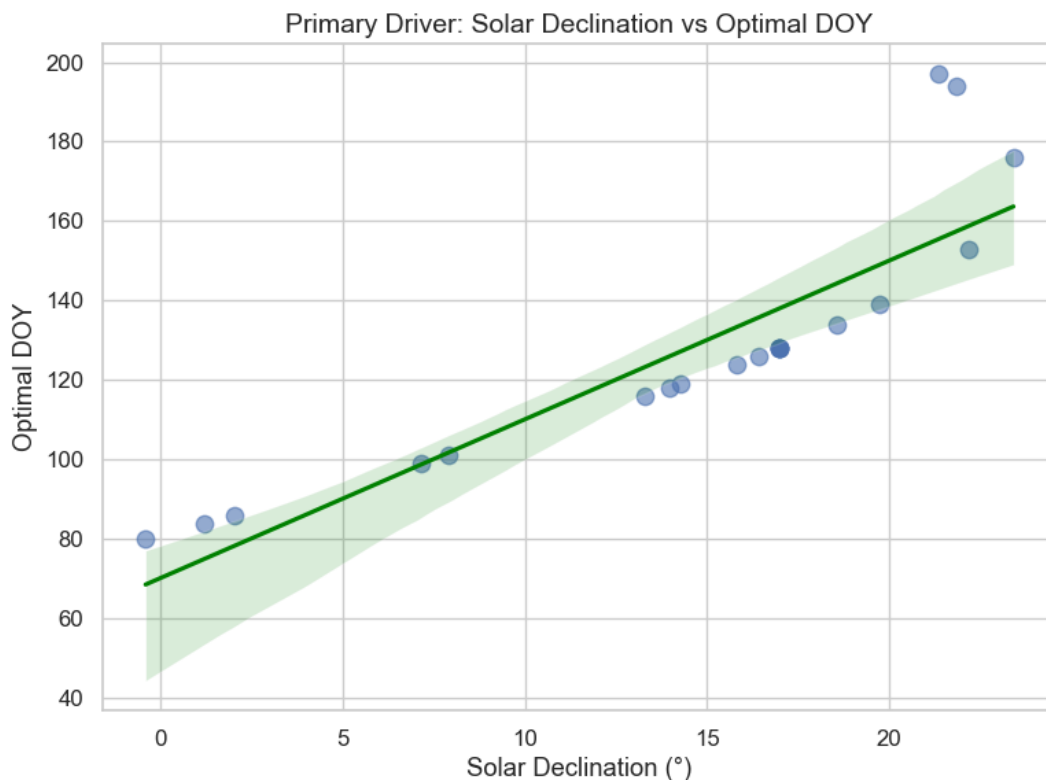
จากรูปที่ 3.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างละติจูดกับวันปลูกที่เหมาะสม (Latitude vs Optimal DOY) แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลาง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.51 เส้นแนวโน้ม (Regression Line) ระบุชัดเจนว่าเมื่อละติจูดเพิ่มสูงขึ้น วันปลูกที่เหมาะสมจะมีแนวโน้มล่าช้าออกไปตามลำดับ



รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าละติจูด (Latitude) และวันปลูกที่เหมาะสม (Optimal DOY)

3.3.2.2 อิทธิพลของมุมเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์ (Solar Declination)

ในทางตรงกันข้าม กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์กับวันปลูกที่เหมาะสม (Declination vs Optimal DOY) แสดงความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมาก (ดังรูปที่ 3.4) มีค่า r สูงถึง 0.88 ซึ่งถือเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุด โดยช่วงที่เหมาะสมที่สุดสัมพันธ์กับช่วงที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนเข้าใกล้จุดเหนือศีรษะของพื้นที่ (Declination 15–20 องศาเหนือ) ผลการศึกษานี้ยืนยันว่ากลไกฤดูกาลของดวงอาทิตย์ (Seasonal Solar Forcing) เป็นตัวกำหนดจังหวะการสะสม GDD ที่สำคัญที่สุด



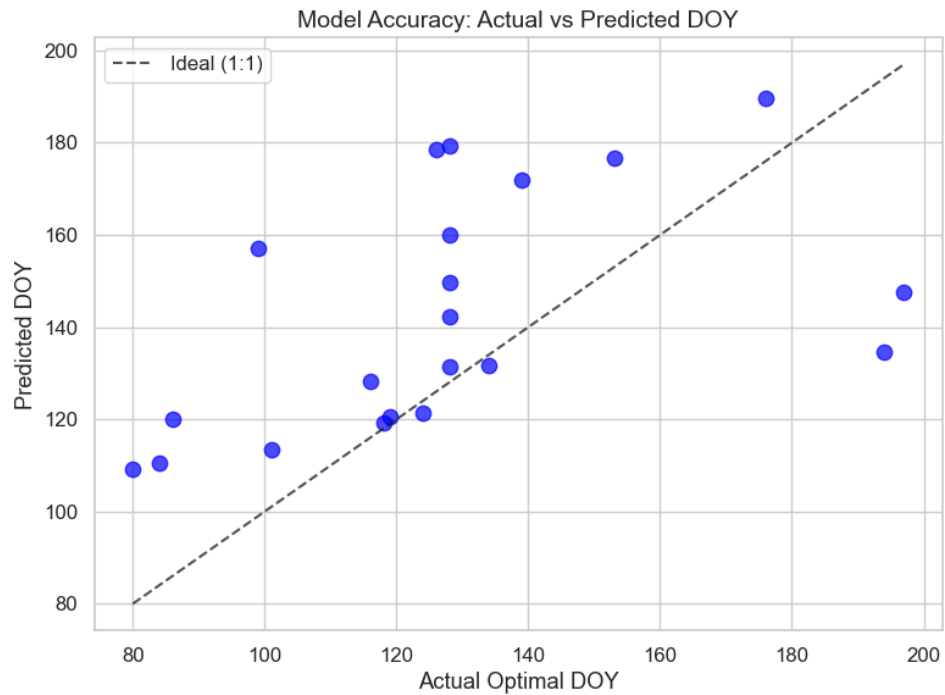
รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์ (Solar Declination) และวันปลูกที่เหมาะสม (Optimal DOY)

3.3.3 การประเมินสมรรถนะของแบบจำลองและการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน

ส่วนสุดท้ายของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ เป็นการประเมินความแม่นยำของแบบจำลองที่ใช้พยากรณ์วันปลูกที่เหมาะสม โดยการพิจารณาความแตกต่างระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณจริง (Actual) และค่าที่แบบจำลองคาดการณ์ (Predicted) รวมถึงการวิเคราะห์ลักษณะการกระจายตัวของความคลาดเคลื่อน (Residuals) ดังนี้

3.3.3.1 การเปรียบเทียบค่าจริงและค่าคาดการณ์ (Actual vs. Predicted)

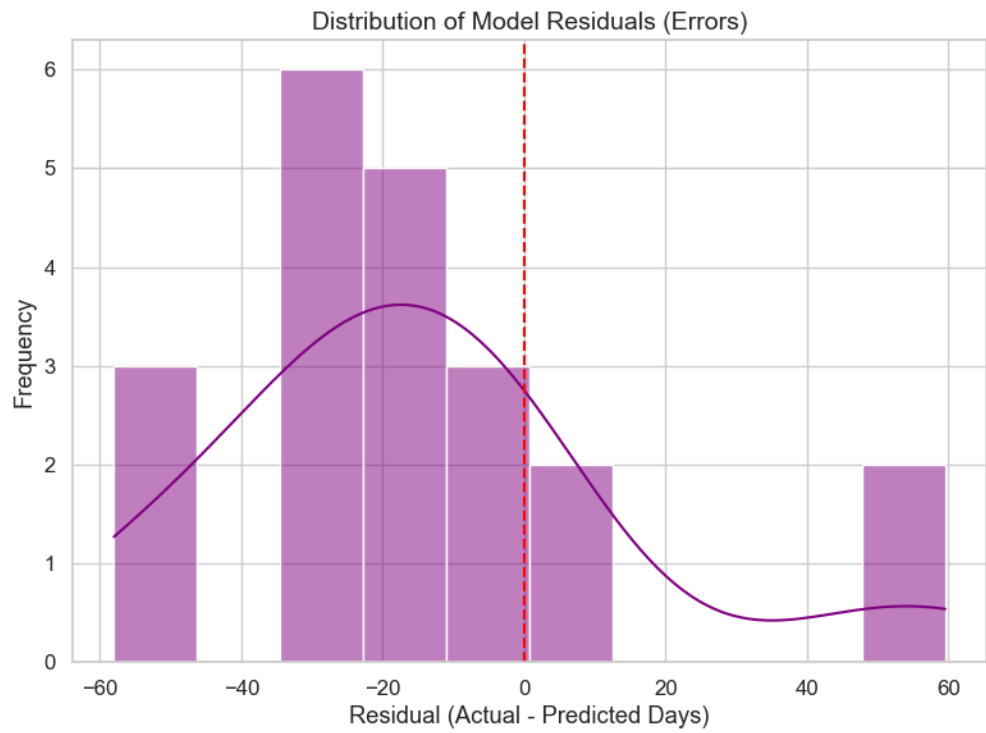
จากการพิจารณารูปความสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกที่เหมาะสมจากการคำนวณจริง และค่าที่พยากรณ์จากแบบจำลอง ดังรูปที่ 3.5 พบว่าข้อมูลส่วนใหญ่มีการกระจายตัวเกาะกลุ่มตามแนวเส้นสมมาตร (1:1 Line) อย่างชัดเจน ซึ่งแสดงถึงยืนยันถึงประสิทธิภาพของแบบจำลอง GDD ในภาพรวม



รูปที่ 3.5 การเปรียบเทียบระหว่างวันปลูกที่เหมาะสมจากการคำนวณจริง (Actual) และค่าที่ได้จากแบบจำลองพยากรณ์ (Predicted)

3.3.3.2 การวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual Analysis)

จากการวิเคราะห์การกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อน (Residuals) ดังรูปที่ 3.6 พบว่ามีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (Mean Error) อยู่ที่ประมาณ -14.6 วัน สะท้อนถึงแนวโน้มการพยากรณ์ที่ล่าช้ากว่าความเป็นจริงเล็กน้อยเพื่อความปลอดภัยจากความร้อน ลักษณะการกระจายตัวที่เป็นรูปโค้งปกติ (Normal Distribution) รอบค่าศูนย์บ่งชี้ว่าแบบจำลองไม่มีอคติเชิงระบบ แต่ความแปรปรวนที่ปรากฏยืนยันถึงอิทธิพลของปัจจัยเฉพาะถิ่นในแต่ละฟักัดสถานี



รูปที่ 3.6 ลักษณะการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อน (Residuals) ของแบบจำลองพยากรณ์วันปลูกที่เหมาะสม

4. สรุปการดำเนินการ

การศึกษาการประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อหาช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสมของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยใช้ดัชนีสะสมความร้อน (Growing Degree Days: GDD) ในพื้นที่ภาคกลาง โดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดย้อนหลังจากสถานีตรวจอากาศจำนวน 22 แห่งของกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นฐานข้อมูลหลัก วัตถุประสงค์สำคัญของการวิจัย คือ (1) การคำนวณค่าดัชนีสะสมความร้อน (GDD) รายวันในพื้นที่ภาคกลางเพื่อทำความเข้าใจรูปแบบการสะสมพลังงานความร้อนในแต่ละพิกัดสถานี และ (2) การประเมินศักยภาพของการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 บนพื้นฐานข้อมูล GDD ที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงอุตุนิยมวิทยา พร้อมทั้ง (3) การระบุช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดต่อการเพาะปลูกภายใต้สภาวะภูมิอากาศปัจจุบัน เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจด้านการจัดการเกษตรและวางแผนการผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในระดับพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ผลการดำเนินงานสามารถสรุป วิเคราะห์ และอภิปรายในเชิงวิชาการได้อย่างเป็นระบบ พร้อมทั้งข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาและการประยุกต์ใช้ในอนาคต ดังต่อไปนี้

4.1 สรุปผลการดำเนินการ

จากการดำเนินงานวิจัย สามารถสรุปประเด็นสำคัญที่ตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้ดังนี้

4.1.1 หน้าต่างการปลูกที่มีประสิทธิภาพ

พื้นที่ภาคกลางมีช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเริ่มต้นเพาะปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในช่วงปลายเดือนเมษายนถึงกลางเดือนพฤษภาคม (DOY 120–150) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่พืชสามารถสะสมอุณหภูมิได้ครบตามเกณฑ์สรีรวิทยาภายในระยะเวลาเฉลี่ย 97–102 วัน และสอดคล้องกับศักยภาพเชิงพื้นที่ที่พบว่า พื้นที่ตอนล่างของภูมิภาคมีแนวโน้มเริ่มต้นการปลูกได้เร็วกว่าพื้นที่ตอนเหนือ

4.1.2 ปัจจัยขับเคลื่อนหลักของการสะสมความร้อน

ผลการวิเคราะห์ชี้ชัดว่า มุมเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์ (Solar Declination) เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อวันปลูกที่เหมาะสม ($r = 0.88$) โดยช่วงเวลาที่มียุทธศาสตร์ประสิทธิภาพสูงสุดสัมพันธ์กับช่วงที่ค่า Declination อยู่ระหว่าง 15–20 องศาเหนือ ซึ่งเป็นช่วงที่ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดในพื้นที่ภาคกลาง ขณะที่ปัจจัยด้านละติจูดมีความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง ($r = 0.51$)

4.1.3 การบริหารจัดการความเสี่ยงเชิงอุตุนิยมวิทยาเกษตร

หน้าต่างการปลูกที่ระบุให้ผลการประเมินความเสี่ยงจากวิกฤตความร้อนเป็นศูนย์ (Risk Score = 0) ซึ่งช่วยรับประกันว่าในช่วงระยะดอกบาน 50% ข้าวจะไม่เผชิญกับอุณหภูมิสูงสุดที่เกินกว่า 35 องศาเซลเซียส อันเป็นขีดจำกัดวิกฤตที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพเมล็ดและการผสมเกสร

4.1.4 ความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

แบบจำลองถดถอยเชิงเส้นบนพื้นฐานค่า GDD แสดงสมรรถนะในการพยากรณ์ที่ดีเยี่ยมในระดับภูมิภาค แม้จะพบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยประมาณ -14.6 วัน ซึ่งสะท้อนถึงอิทธิพลจากสภาพภูมิอากาศระดับจุลภาค (Micro-climate) ที่อาจส่งผลให้วันปลูกในบางพื้นที่เบี่ยงเบนไปจากแนวโน้มหลักของภูมิภาค

4.2 วิจัยผลการดำเนินการ

จากผลการศึกษาข้างต้นสามารถนำมาอภิปรายผลร่วมกับแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

4.2.1 ความสอดคล้องของพารามิเตอร์ทางสรีรวิทยา

การเลือกใช้ $T_{base} = 10^{\circ}\text{C}$ และ $T_{upper} = 30^{\circ}\text{C}$ ในการศึกษาทำให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำสูง ซึ่ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khempet และ Jongkaewwattana (2012) รวมถึง Grigorieva et al. (2010) ที่ระบุว่า การกำหนดเพดานอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเกณฑ์มาตรฐานที่ช่วยลดความคลาดเคลื่อนจากการประเมินค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจริงในช่วงอากาศร้อนจัด

4.2.2 บทบาทของรังสีดวงอาทิตย์ต่อพัฒนาการพืช

ความสัมพันธ์ที่สูงมากระหว่างวันปลูกกับค่า Solar Declination สนับสนุนงานวิจัยของ Arun KC et al. (2021) ที่ระบุว่า GDD เป็นกลไกพื้นฐานในการขับเคลื่อนระยะพัฒนาการ (Phenology) โดยเฉพาะในช่วงที่ดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นที่ภาคกลาง ซึ่งส่งผลให้พืชได้รับพลังงานความร้อนในระดับสูงสุดและกระตุ้นการเปลี่ยนผ่านระยะการเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว

4.2.3 การประยุกต์ใช้เกณฑ์ความเสี่ยงเพื่อรักษาคุณภาพเมล็ด

การระบุหน้าต่างการปลูกเพื่อหลีกเลี่ยงอุณหภูมิเกิน 35 องศาเซลเซียส ถือเป็น การนำผลการศึกษาของ Sanwong et al. (2023) มาปรับใช้ในเชิงปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม เนื่องด้วยข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีความไวต่อความร้อนสูง การเลือกช่วงเวลาปลูกตามงานวิจัยนี้จึงเป็นกลยุทธ์สำคัญในการป้องกันความเสียหายของเอ็มบริโอและเอนโดสเปิร์มจากความเครียดเนื่องจากความร้อน (Heat Stress)

4.2.4 นัยสำคัญของความแปรปรวนเชิงพื้นที่

ความแปรปรวนของค่า Residual ที่พบสอดคล้องกับข้อสังเกตของ ศุภณัฐ กายถวาย และคณะ (2566) ที่ว่าการนำปัจจัยระดับมหภาคมาใช้ต้องคำนึงถึงลักษณะภูมิอากาศระดับจุลภาคในพื้นที่จริง การที่แบบจำลองแสดงผลคลาดเคลื่อนในบางพื้นที่จึงเป็นเครื่องยืนยันว่าปัจจัยเสริม เช่น ระบบชลประทานและทิศทางลมมรสุม มีส่วนสำคัญในการกำหนดหน้าต่างการปลูกระดับแปลงนา

4.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาให้การดำเนินงานมีความสมบูรณ์ และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในอนาคต ดังนี้

4.3.1 ด้านการประยุกต์ใช้งาน

ควรนำผลการศึกษานี้ไปพัฒนาเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System) ในรูปแบบปฏิทินการปลูกอัจฉริยะสำหรับเกษตรกรในพื้นที่ภาคกลาง เพื่อลดความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

4.3.2 ด้านนโยบายการจัดการเกษตร

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถใช้แผนที่การกระจายตัวของวันปลูกที่เหมาะสมนี้ ในการวางแผนการส่งมอบน้ำชลประทานและการกระจายเมล็ดพันธุ์ให้สอดคล้องกับศักยภาพความร้อนสะสมในแต่ละพื้นที่

4.3.3 ด้านการศึกษาต่อยอด

ควรมีการบูรณาการข้อมูลปริมาณน้ำฝนสะสมและความชื้นสัมพัทธ์รายวันเข้ากับแบบจำลอง GDD เพื่อพัฒนาเป็นดัชนีความเหมาะสมแบบองค์รวมที่ครอบคลุมทั้งปัจจัยด้านพลังงานความร้อนและความต้องการน้ำของพืชอย่างสมบูรณ์

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- ศุภณัฐ ภายถวาย, กนิษฐ์ศร สานวงศ์, กัลยาณี สุจิตฺติ และ ฌนวรรณ มะชิโกวา. (2566). อิทธิพลของอุณหภูมิอากาศต่อดัชนีสะสมความร้อนและการพัฒนาทางฟีโนโลยีของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1. วารสารเกษตรศาสตร์ (สาขาวิทยาศาสตร์).
- เฉลิมพล แซมเพชร. (2542). สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่. เชียงใหม่: นพบุรีการพิมพ์.
- Arun, K. C., Cheng, P., Li, G., Cao, W., & Zhu, Y. (2022). Rice (*Oryza sativa* L.) Growth Modeling Based on Growth Degree Day (GDD) and Artificial Intelligence Algorithms. *Agriculture*, 12(1), 59. <https://doi.org/10.3390/agriculture12010059>
- Cooper, P. I. (1969). The absorption of solar radiation in solar stills. *Solar Energy*, 12(3), 333-346. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(69\)90047-4](https://doi.org/10.1016/0038-092X(69)90047-4)
- Grigorieva, E. A., Matzarakis, A., & de Freitas, C. R. (2010). Analysis of growing degree-days as a climate impact indicator in a region with extreme annual air temperature amplitude. *Climate Research*, 42(2), 143-154. <https://doi.org/10.3354/cr00888>
- Khempet, P., & Jongkaewwattana, S. (2012). Estimation of Rice Development Duration using Growing Degree Days Model. *Journal of Agriculture*, 28(3), 251-260.
- Sanwong, K., Kaithawai, S., Sujipuli, K., & Machikowa, T. (2023). High Temperature Alters Phenology, Seed Development and Yield in Three Rice Varieties. *Plants*, 12(3), 666. <https://doi.org/10.3390/plants12030666>
- Spencer, J. W. (1971). Fourier series representation of the position of the sun. *Search*, 2(5), 172.