

การศึกษาและออกแบบสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวสภาพฤดูหนาวสำหรับ
รถดำนา และการทำงานวันเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และ กข - แม่โจ้ 2 อย่าง
แม่นยำจากค่าอุณหภูมิสะสม (GDD)



ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2567

การศึกษาและออกแบบสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวสภาพฤดูหนาวสำหรับ
รถดำนา และการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และ กข - แม่โจ้ 2 อย่าง
แม่นยำจากค่าอุณหภูมิสะสม (GDD)



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การศึกษาและออกแบบสถานะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวสภาพฤดูหนาว
สำหรับรดน้ำ และการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และ กข - แม่โจ้
2 อย่างแม่นยำจากค่าอุณหภูมิสะสม (GDD)

ศุภณัฐ กายถาย

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชติพงศ์ กาญจนประโชติ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สืบคำ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารวี กาญจนประโชติ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สืบคำ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยศ สัมฤทธิ์สกุล)

รักษาการแทนรองอธิการบดี

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ชื่อเรื่อง	การศึกษาและออกแบบสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวสภาพฤดูหนาวสำหรับรดน้ำ และการทำงานวันเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และ กข - แม่โจ้ 2 อย่างแม่นยำจากค่าอุณหภูมิสะสม (GDD)
ชื่อผู้เขียน	นายศุภณัฐ ภายถวาย
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชติพงศ์ กาญจนประโชติ

บทคัดย่อ

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์กข-แม่โจ้ 2 โดยวิธีการเพาะกล้าในโรงเรือนแบบเปิดให้น้ำอุณหภูมิห้องในเดือนตุลาคม 2565 เปรียบเทียบกับการเพาะกล้าในโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองสภาพฤดูหนาวแก่กล้าข้าวในน้ำอุณหภูมิ 16 - 20 องศาเซลเซียส ให้แสง 7 ชั่วโมงต่อวัน และการเพาะกล้าในโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองสภาพฤดูหนาวแก่กล้าข้าวในน้ำอุณหภูมิ 25 - 30 องศาเซลเซียส ให้แสง 10 ชั่วโมงต่อวัน โดยมีอัตราการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ด้านความสูงต้นกล้าเท่ากับ 7.36, 2.34, และ 7.10 มิลลิเมตรต่อวัน ด้านความยาวรากเท่ากับ 5.45, 2.49, และ 5.93 มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับวิธีการเพาะ ส่วนอัตราการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ด้านความสูงต้นกล้าเท่ากับ 7.41, 2.42, และ 6.76 มิลลิเมตรต่อวัน ด้านความยาวรากเท่ากับ 6.08, 2.53, และ 6.14 มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับวิธีการเพาะ การแก่กล้าข้าวในน้ำอุณหภูมิ 25 - 30 องศาเซลเซียส ให้แสง 10 ชั่วโมงต่อวัน โดยใช้อุปกรณ์ที่มีราคาประหยัดง่ายต่อการเข้าถึงได้ของเกษตรกร สามารถเพาะกล้าข้าวที่มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับการเพาะในโรงเรือนแบบเปิด

การทำงานวันเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์กข-แม่โจ้ 2 โดยใช้สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ (Weather station) บันทึกข้อมูลอุณหภูมิตามระบบฐานข้อมูล เพื่อคำนวณค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) ร่วมกับการตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพ ปริมาณและคุณภาพของข้าว ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีค่าอุณหภูมิสะสม 1,865.50 GDD โดยมีร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด (ต้นข้าว) สูงที่สุดเท่ากับ 55.18 ตรงกับจำนวนวันเก็บเกี่ยว 110 วัน หลังวันปักดำ สำหรับข้าวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 มีค่าอุณหภูมิสะสม 1,862.00 GDD โดยมีร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด (ต้นข้าว) เท่ากับ 62.36 ตรงกับจำนวนวันเก็บเกี่ยว 110 วันหลังปักดำ ค่าอุณหภูมิสะสมตั้งแต่วันปักดำจนถึงวันเก็บเกี่ยวสามารถนำมาสร้างสมการสำหรับเป็นโมเดลการทำงานวันเก็บเกี่ยวข้าวทั้ง 2 พันธุ์ได้อย่างแม่นยำ โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีค่าสัมประสิทธิ์การเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.065 และข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 มีค่าสัมประสิทธิ์การเก็บ

เกี่ยวข้องกับ 0.066 องค์ความรู้ี้สามารถนำไปพัฒนาระบบฐานข้อมูลสำหรับทำนายและแนะนำ
ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์ช-แม่โจ้ 2 ให้กับเกษตรกร

คำสำคัญ : การเพาะกล้าข้าวในฤดูหนาว, การทำนายวันเก็บเกี่ยว, ค่าอุณหภูมิสะสม, อุปกรณ์เก็บ
ข้อมูลสภาพอากาศแบบดิจิทัล, ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1, ข้าวพันธุ์ช - แม่โจ้ 2



Title	STUDY AND DESIGN OF OPTIMUM CONDITION FOR WINTER RICE SEEDLING CULTIVATION AND ACCURATE PREDICTION OF RICE HARVEST DATES FOR PATHUMTHANI 1 AND RD - MAEJO 2 RICE CULTIVARS USING GROWING DEGREE-DAY (GDD)
Author	Mr. Supanut Kaythaway
Degree	Master of Engineering in Agricultural Engineering
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. Choatpong Kanjanaphachaoat

ABSTRACT

Study of suitable conditions for planting rice seedlings of Pathumthani 1 and RD - Maejo 2 varieties. By planting seedlings in an open greenhouse with room temperature water in October 2022. Planting seedlings in a controlled greenhouse to simulate winter conditions. Soak rice seedlings in water with a temperature of 16 - 20 degrees Celsius and provide light for 7 hours per day. Planting seedlings in a controlled greenhouse to simulate winter conditions. Soak rice seedlings in water with a temperature of 25 - 30 degrees Celsius and provide light for 10 hours per day. The growth rate of Pathumthani 1 rice in terms of seedling height was 7.36, 2.34, and 7.10 millimeters per day. Root lengths were 4.51, 2.49, and 4.73 millimeters per day. In order of planting method. Growth rate of rice varieties RD - Maejo 2, the seedling heights were 7.41, 2.42, and 6.76 millimeters per day. Root lengths were 4.81, 2.53, and 4.69 millimeters per day. In order of cultivation method. By using inexpensive equipment that is easily accessible to farmers, rice seedlings can be grown that have similar growth to those grown in open greenhouses.

Prediction of harvest dates for Pathumthani 1 and RD - Maejo 2 rice varieties using weather station data collection equipment to record temperature data, which was utilized to calculate growing degree-day (GDD). Additionally, we

conducted physical property assessments to determine the quantity and quality of rice grains. Our findings revealed that the Pathumthani 1 rice variety required an accumulated temperature of 1,865.50 GDD to reach maximum ripeness (55.18% developed whole kernels), corresponding to 110 days after sowing. For the RD - Maejo 2 rice variety, 1,862.00 GDD was needed for maximum growth (62.36% developed whole kernels), resulting in harvest after 110 days post-sowing. The GDD data accumulated from the sowing date until the harvest date allowed us to develop precise harvest date prediction models. Pathumthani 1 rice variety has a harvest coefficient of 0.065 and the RD - Maejo 2 rice variety has a harvest coefficient of 0.066. These insights can be applied to enhance database systems for predicting and recommending optimal rice harvest times for Pathumthani 1 and RD - Maejo 2 rice varieties, benefitting local farmers.

Keywords : Planting rice seedlings in winter, harvest date prediction, growing degree-day (GDD), digital weather station, Pathumthani 1 rice, RD - Maejo 2 rice

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่องการศึกษาและออกแบบสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวสภาพฤดูหนาว สำหรับรถดำนา และการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และกข - แม่โจ้ 2 ด้วยเทคนิคผลรวมอุณหภูมิความร้อนเฉลี่ยสะสม เป็นงานวิจัยที่ผู้จัดทำทุ่มเททั้งร่างกายและแรงใจในการทำงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบริษัทสยามคูโบต้าคอร์ปอเรชั่น จำกัด ที่ให้ทุนอุดหนุนในการวิจัยประจำปี 2565 และบุคคลกลุ่มต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการและด้านการดำเนินงาน ได้แก่

- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชติพงศ์ กาญจนประโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่คอยให้คำปรึกษา และแนะนำอุปกรณ์เก็บข้อมูลสภาพอากาศในระหว่างการทดลอง และสถานที่ในการทดลองที่ส่งผลให้ผลการทดลองเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ รวมไปถึงช่วยตรวจสอบ แกไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

- รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สืบคำ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรที่กรุณาสละเวลา ให้คำปรึกษา ให้ความรู้ คำแนะนำ และแนะนำแนวทางในการปฏิบัติและศึกษาตลอดจนดูแลเอาใจใส่สม่ำเสมอ และช่วยตรวจสอบ แกไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารวี กาญจนประโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่คอยให้คำปรึกษา และแนะนำแนวทางในการปฏิบัติและช่วยตรวจสอบ แกไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ ช่างเรือ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้ข้อเสนอแนะเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ แสงทอง หน่วยความเป็นเลิศด้านการวิจัยและพัฒนา ปรับปรุงพันธุ์ข้าว มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่สนับสนุนเมล็ดพันธุ์ข้าวและสถานที่สำหรับการวิจัย

ขอขอบคุณ คณาจารย์ ข้าราชการ และเจ้าหน้าที่ของสาขาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่มีส่วนช่วยทั้งให้คำปรึกษาและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการจัดทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ บิดา และมารดา ที่ให้การอบรมเลี้ยงดูและส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดีมาโดยตลอด จนทำให้ผู้จัดทำทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จตามความมุ่งหวัง

ศุภณัฐ ภายถาย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....ค	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....ช	ช
สารบัญ.....ช	ช
สารบัญตาราง.....ฉ	ฉ
สารบัญภาพ.....ฐ	ฐ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....ฒ	ฒ
บทที่ 1 บทนำ.....1	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....1	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2	2
การทดลองที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนควบคุมสภาวะ.....2	2
การทดลองที่ 2 การพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวด้วยค่า GDD.....2	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....3	3
การทดลองที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนควบคุมสภาวะ.....3	3
การทดลองที่ 2 การพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวด้วยค่า GDD.....3	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3	3
การทดลองที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนควบคุมสภาวะ.....3	3
การทดลองที่ 2 การพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวด้วยค่า GDD.....3	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร.....4	4
2.1 สถิติการปลูกข้าว.....4	4
2.2 สายพันธุ์ข้าวไทย.....4	4

2.2.1	ข้าวแบ่งตามการตอบสนองต่อแสงช่วงแสง	4
2.2.2	ข้าวแบ่งตามชนิดของแป้งหรืออะไมโลส.....	5
2.2.3	ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 (Pathumthani 1).....	5
2.2.4	ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวเหนียวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 (RD-MAEJO 2).....	5
2.3	ขั้นตอนการปลูกข้าว	6
2.3.1	ขั้นตอนการเตรียมแปลง	7
2.3.2	ขั้นตอนการเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าว.....	7
2.4	วิธีการปลูกข้าว.....	7
2.4.1	การปลูกแบบหว่าน.....	7
2.4.2	การปลูกแบบดำ.....	7
2.4.3	การปลูกแบบข้าวไร่.....	8
2.4.4	การปลูกแบบนาขั้นบันได	8
2.5	สภาพแวดล้อมกับการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช	8
2.5.1	แสงกับการเจริญเติบโตของพืช.....	8
2.5.2	อุณหภูมิกับการเจริญเติบโตของพืช.....	9
2.6	ปริมาณรงควัตถุ (Chlorophyll content).....	9
2.7	อุปกรณ์และระบบในการเก็บข้อมูลแบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง	10
2.7.1	เซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศ (Weather station).....	11
2.7.2	ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	11
2.7.3	เครื่องช่วยกระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ต (Pocket WiFi).....	12
2.7.4	ซิมการ์ดโทรศัพท์ (Sim card).....	12
2.8	การวัดสมบัติทางกายภาพ.....	13
2.8.1	ปริมาณความชื้นในวัสดุ (Moisture content).....	13
2.8.2	ความหนาแน่นกอง (Bulk density).....	13

2.9	มาตรฐานข้าวไทย.....	13
2.9.1	การตรวจสอบคุณภาพการขัดสี (Milling)	14
2.10	การวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis).....	16
2.10.1	การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเชิงเดียว (Simple linear regression analysis)...	16
2.10.2	การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple linear regression analysis).....	16
2.11	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
2.12	สมมติฐานงานวิจัย	20
บทที่ 3	อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	21
3.1	วัสดุพันธุ์พืช.....	21
3.2	อุปกรณ์.....	21
3.2.1	อุปกรณ์ IoT	21
3.2.2	อุปกรณ์อื่นๆ.....	23
3.3	วิธีการทดลอง.....	26
3.3.1	การทดลองที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนควบคุมสภาวะ.....	26
3.3.2	การทดลองที่ 2 การพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวด้วยค่า GDD.....	33
บทที่ 4	ผลและการวิจารณ์ผล	37
4.1	ผลการทดลอง	37
	การทดลองที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนควบคุมสภาวะ	37
	การทดลองที่ 2 การพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวด้วยค่า GDD.....	48
บทที่ 5	สรุปผลการทดลอง.....	56
	การทดลองที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนควบคุมสภาวะ.....	56
	การทดลองที่ 2 การพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวด้วยค่า GDD	57
	บรรณานุกรม	58

ภาคผนวก ก. เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง.....62

ภาคผนวก ข. ผลการทดลอง70

ประวัติผู้วิจัย 131



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 มาตรฐานข้าวเหนียวของไทย.....	14
ตารางที่ 2 มาตรฐานข้าวขาวของไทย.....	15
ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์การงอกและระยะเวลาหลังจากการบ่มเมล็ดของข้าวสภาวะต่าง ๆ	40
ตารางที่ 4 แสดงอัตราการเจริญเติบโตทางด้านความสูงต้นและความยาวรากของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และกข - แม่โจ้ 2 ในระยะต้นกล้าวันที่ 1 - 15 วัน.....	43
ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่เพาะในสภาวะต่างๆ	45
ตารางที่ 6 การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ที่เพาะในสภาวะต่างๆ.....	46
ตารางที่ 7 อุณหภูมิและค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) ของแต่ละเดือนในช่วงการปลูกปี 2565	49
ตารางที่ 8 ค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) สมบัติทางกายภาพ และอัตราการสีของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1...50	
ตารางที่ 9 ค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) สมบัติทางกายภาพ และอัตราการสีของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 53	

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 พัฒนาการในระยะงอกของเมล็ดข้าว (Germination)	6
ภาพที่ 2 เซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศ (Weather station).....	11
ภาพที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266.....	11
ภาพที่ 4 เครื่องช่วยกระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ต (Pocket WiFi).....	12
ภาพที่ 5 ซิมการ์ดโทรศัพท์ (Sim card).....	12
ภาพที่ 6 แผนภูมิการทดลองที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าว ในโรงเรือนควบคุมสภาวะ	27
ภาพที่ 7 เมล็ดพันธุ์ข้าว พันธุ์ปทุมธานี 1.....	28
ภาพที่ 8 โรงเรือนควบคุมสภาวะ.....	28
ภาพที่ 9 โรงเรือนเพาะกล้าแบบเปิด	29
ภาพที่ 10 สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ (Weather station).....	29
ภาพที่ 11 การทำงานของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ.....	30
ภาพที่ 12 การต่อวงจรของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ.....	30
ภาพที่ 13 การเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวในการทดลองที่ 1.....	31
ภาพที่ 14 การเพาะกล้าข้าว.....	32
ภาพที่ 15 การเตรียมกล้าข้าว.....	33
ภาพที่ 16 แผนภูมิการทดลองที่ 2 การพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวด้วยค่า GDD	34
ภาพที่ 17 การเตรียมแปลงปลูก ที่สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้...35	
ภาพที่ 18 การปักดำกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้	35
ภาพที่ 19 โรงเรือนเพาะกล้าแบบเปิด	37
ภาพที่ 20 โรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพฤดูหนาว.....	38

ภาพที่ 21 การติดตั้งฮีสเตอร์ ป้อนน้ำ และหลอด LED Glow light เพิ่มในโรงเรือนควบคุมสภาวะ	....38
ภาพที่ 22 การวัดอัตราการงอกและอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าว	.....39
ภาพที่ 23 ความสูงของต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในระยะต้นกล้าวันที่ 1-15 เมื่อเพาะในสภาวะต่าง ๆ	.....41
ภาพที่ 24 ความยาวรากของต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในระยะต้นกล้าวันที่ 1 - 15 เมื่อเพาะในสภาวะต่าง ๆ	.....41
ภาพที่ 25 ความสูงของต้นกล้าข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ในระยะต้นกล้าวันที่ 1 - 15 เมื่อเพาะในสภาวะต่าง ๆ	.....42
ภาพที่ 26 ความยาวของต้นกล้าข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ในระยะต้นกล้าวันที่ 1 - 15 เมื่อเพาะในสภาวะต่าง ๆ	.....43
ภาพที่ 27 ต้นกล้าข้าวที่เพาะในโรงเรือนแบบเปิดและในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลอง สภาพฤดูหนาว	.....44
ภาพที่ 28 แปลงปลูกข้าวสำหรับการทดลอง ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ปลูกที่แปลงทดลองเกษตรอินทรีย์ สาขาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้	.....48
ภาพที่ 29 แปลงปลูกข้าวสำหรับการทดลอง ข้าวพันธุ์ กข-แม่โจ้2 ปลูกที่แปลงทดลองของหน่วยความ เป็นเลิศด้านการปรับปรุงพันธุ์ข้าวมหาวิทยาลัยแม่โจ้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้	.....48
ภาพที่ 30 ผลผลิตต่อไร่ และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เทียบกับค่า อุณหภูมิสะสม (GDD)	.....51
ภาพที่ 31 จำนวนวันเก็บเกี่ยวหลังปักดำกับ ค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1	.....52
ภาพที่ 32 ผลผลิตต่อไร่ และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวของข้าวพันธุ์กข-แม่โจ้ 2 เทียบกับค่า อุณหภูมิสะสม (GDD)	.....54
ภาพที่ 33 จำนวนวันเก็บเกี่ยวหลังปักดำกับ ค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) ข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2	.....55

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

A_{470}	=	ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่สกัดได้ ที่ความยาวคลื่น 470 nm
A_{645}	=	ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่สกัดได้ ที่ความยาวคลื่น 645 nm
A_{663}	=	ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่สกัดได้ ที่ความยาวคลื่น 663 nm
c	=	จุดตัดบนแกน y
C_a	=	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ($\mu\text{g/ml}$)
C_b	=	ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ($\mu\text{g/ml}$)
Day_{hv}	=	จำนวนวันเก็บเกี่ยวหลังจากวันปักดำ
DF	=	Dilution factor (จำนวนเท่าของการเจือจาง)
GDD	=	อุณหภูมิสะสมหรือ Growing degree - day ($^{\circ}\text{C}$)
IoT	=	ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หรือ Internet of Thing
K	=	จำนวนตัวแปรอิสระในสมการถดถอย
m	=	ความชันของกราฟ (Slope) หรืออัตราการเจริญเติบโต (mm/day)
m	=	มวลของวัสดุ (kg)
MC	=	ปริมาณความชื้นฐานเปียก (% w.b.)
T_{base}	=	ค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่พืชจะเจริญเติบโตได้ ($^{\circ}\text{C}$)
T_{max}	=	ค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวัน ($^{\circ}\text{C}$)
T_{min}	=	ค่าอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน ($^{\circ}\text{C}$)
v	=	ปริมาตรของภาชนะรวมอากาศ (m^3)
W_d	=	มวลของวัสดุแห้ง (Dry matter) (g)
W_m	=	มวลของน้ำ (g)
X	=	ค่าของตัวแปรอิสระ
x	=	วันที่ทำการเพาะ (day)
X_i	=	ค่าของตัวแปรอิสระแต่ละตัว
y	=	ความสูงต้นกล้าและความยาวราก (mm)
Y	=	ค่าของตัวแปรตาม
α	=	ค่าคงที่ (Constant) ของสมการถดถอย
ϵ	=	ค่าความคลาดเคลื่อน (Error or residual)
β	=	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression coefficient)

- β_0 = ค่าคงที่ (Constant) ของสมการถดถอย
- β_1 = ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression coefficient)
- ρ_B = ความหนาแน่นทอง (kg/m^3)



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยถือเป็นประเทศการเกษตรและข้าวถือเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย โดยมูลค่าการผลิตทางการเกษตรของข้าวเปลือกในปี 2563 สูงเป็นอันดับ 9 ของโลก (FAOSTAT, 2022) และข้อมูลทางสถิติในประเทศไทยปี 2563 - 2564 จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2566) ประเทศไทยมีการเพาะปลูกข้าวทั้งหมดในประเทศ โดยแบ่งออกเป็นข้าวนาปีหมายถึงข้าวที่ปลูกในฤดูกาลเพาะปลูก ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม มีเนื้อที่เพาะปลูก 62,437,542 ไร่ เนื้อที่เก็บเกี่ยว 60,093,788 ไร่ และปริมาณผลผลิต 26,423,822 ตัน และการเพาะปลูกข้าวนาปรังหมายถึงการปลูกข้าวนอกฤดูเพาะปลูก มีเนื้อที่เพาะปลูก 8,342,709 ไร่ เนื้อที่เก็บเกี่ยว 8,307,141 ไร่ และปริมาณผลผลิต 5,310,446 ตัน โดยการปลูกที่นิยมในประเทศไทยมี 2 วิธีคือการปลูกแบบนาหว่านและการปลูกแบบนาดำ การปลูกด้วยวิธีการหว่านนั้นจะมีขั้นตอนการปลูกที่น้อยกว่าแต่ต้องมีการดูแลภายหลังการปลูกที่ดีและต่อเนื่อง ส่วนการปลูกด้วยวิธีการปักดำนั้นจะมีขั้นตอนที่มากกว่าและจะต้องใช้เวลาในการเตรียมต้นกล้า แต่ขั้นตอนการดูแลภายหลังการปลูกนั้นจะสะดวกและง่ายกว่า โดยวิธีการในการปักดำนั้นจะแบ่งออกได้อีกเป็น 2 วิธีคือการปักดำโดยใช้เครื่องปักดำวิธีนี้จะต้องใช้เวลาเตรียมกล้าประมาณ 15-25 วัน และการปักดำโดยใช้คนวิธีนี้จะใช้เวลาในการเตรียมกล้าประมาณ 30-45 วัน

กระบวนการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืชขึ้นอยู่กับอิทธิพลของหลายปัจจัย ซึ่งอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ปัจจัยหลักคือ ปัจจัยภายในที่เกี่ยวข้องกับตัวพืชซึ่งเป็นเรื่องของพันธุกรรม และปัจจัยภายนอกเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมที่พืชนั้นขึ้นอยู่ รวมถึงสภาพอากาศและฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลง เช่นการเพาะกล้าข้าวในฤดูหนาว ปัญหาที่เกษตรกรพบคือต้นกล้าไม่แข็งแรงเจริญเติบโตช้ากว่าในฤดูเพาะปลูก เมวิกา (2554) ศึกษาการตอบสนองต่อสภาวะแล้งของข้าวสายพันธุ์ *Oryza sativa* L. ในขณะที่สุชาดา และคณะ (2555) ศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาและผลผลิตของข้าวภายใต้สภาพขาดน้ำโดยใช้สารโคโตซานเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโต และสุชาดา และคณะ (2561) ศึกษาการปลูกข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ โดยใช้สารโคโตซาน เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตและผลผลิต จากการตรวจสอบเอกสารทั้งหมดพบว่ายังไม่มีการศึกษาการเพาะกล้าข้าวเจ้าพันธุ์พุ่มธานี 1 และข้าวเหนียวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ที่สภาวะต่าง ๆ งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาและปรับปรุงวิธีการเพาะกล้าข้าวในสภาพฤดูหนาวสำหรับบรรณานา โดยใช้อุปกรณ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด เพื่อให้เกษตรกรสามารถนำไปปรับใช้ได้

การกำหนดวันเก็บเกี่ยวข้าวในปัจจุบันเกษตรกรจะใช้วิธีการนับวันหลังจากข้าวออกดอก ประมาณ 30 วัน หรือวิธีการสังเกตจากสีของเมล็ดข้าวทั้งรวงที่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ประมาณ 80% แต่เนื่องจากปัจจัยภายนอกเช่นอุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ และฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงมีผลต่อเจริญเติบโตของพืชส่งผลให้การกำหนดวันเก็บเกี่ยวไม่มีความแม่นยำ เฉลิมพล (2542) ศึกษาการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืชจากระยะหนึ่งไปจนถึงอีกระยะหนึ่ง พืชจะมีการสะสมอุณหภูมิหรือ Growing degree - days (GDD) ให้ได้จำนวนนั้นๆ Saibua (2012) ศึกษาการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของข้าวเหนียวเก่าและการสร้างแบบจำลองการเจริญเติบโตโดยมีการศึกษา ค่าอุณหภูมิสะสมกับอายุของต้นข้าว การใช้อุณหภูมิสะสมมาทำนายวันเก็บเกี่ยวนั้นมีการศึกษามาอย่างต่อเนื่อง และนำไปปรับใช้กับพืชชนิดต่าง ๆ เช่น สายชล และสุกัตรา (2532) ศึกษาการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และดัชนีการเก็บเกี่ยวของถั่วลิสง โดยใช้อุณหภูมิสะสม และธงไชย (2556) ทดสอบดัชนีการเก็บเกี่ยวลำไยนอกฤดูโดยใช้ค่าอุณหภูมิสะสมกำหนดวันเก็บเกี่ยว ในงานวิจัยนี้เป็นการออกแบบสถานีตรวจวัดสภาพอากาศเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์เก็บข้อมูลระยะไกลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตในการเก็บข้อมูลสภาพอากาศสำหรับนำมาวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิสะสม เพื่อทำนายวันเก็บเกี่ยวของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ซึ่งยังไม่มีรายงานมาก่อน ค่าอุณหภูมิสะสมที่ใช้ทำนายวันเก็บเกี่ยวของข้าวทั้งสองพันธุ์นี้จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรที่ทำการปลูกข้าว นอกฤดูเพาะปลูก และในพื้นที่ที่แตกต่างกันในประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การทดลองที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนควบคุมสภาวะ

1. เพื่อจำลองการเพาะกล้าข้าวในฤดูหนาวในโรงเรือนควบคุมสภาวะเทียบกับการเพาะกล้าข้าวในฤดูเพาะปลูก
2. เพื่อศึกษาการเพาะกล้าข้าวในฤดูหนาวรวมกับการให้น้ำอุ่นภายในโรงเรือนควบคุมสภาวะเทียบกับการเพาะกล้าข้าวในฤดูเพาะปลูก

การทดลองที่ 2 การพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวด้วยค่า GDD

1. เพื่อคำนวณอุณหภูมิความร้อนสะสมของการปลูกข้าวตั้งแต่วันแรกถึงวันเก็บเกี่ยว
2. เพื่อตรวจวัดสมบัติทางกายภาพและอัตราการสีของเมล็ดข้าว ณ อายุการเก็บเกี่ยวต่าง ๆ
3. เพื่อพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวจากความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิความร้อนสะสมกับสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว และคุณภาพการขัดสี

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การทดลองที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนควบคุมสภาวะ

1. ศึกษาวิจัยการเพาะกล้าข้าวสภาพฤดูหนาวสำหรับรดำนา
2. ศึกษาวิจัยโดยใช้ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 และข้าวเหนียวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2
3. ศึกษาวิจัยในฤดูกาลเพาะปลูก ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม 2565
4. ศึกษาและทำการเก็บข้อมูลโดยสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ (Weather station) เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดค่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมตลอดการทดลอง

การทดลองที่ 2 การพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวด้วยค่า GDD

1. ศึกษาพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวที่เป็นการปลูกแบบนาดำโดยใช้คน
2. ศึกษาวิจัยโดยใช้ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 และข้าวเหนียวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2
3. ศึกษาวิจัยในฤดูกาลเพาะปลูก ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม 2565
4. ศึกษาและทำการเก็บข้อมูลโดยสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดค่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมตลอดการทดลอง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การทดลองที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนควบคุมสภาวะ

1. สามารถเพาะกล้าข้าวในสภาพฤดูหนาวสำหรับรดำนา ให้มีความแข็งแรงและเจริญเติบโตไม่ต่างกับการเพาะกล้าข้าวในฤดูเพาะปลูก โดยใช้อุปกรณ์ที่มีราคาประหยัดง่ายต่อการเข้าถึงได้ของเกษตรกร

การทดลองที่ 2 การพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวด้วยค่า GDD

1. สามารถพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวของข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 และข้าวเหนียวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ได้โดยการใช้อุณหภูมิความร้อนเฉลี่ยสะสม
2. เกษตรกรสามารถนำอุปกรณ์ สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดค่าปัจจัยสิ่งแวดล้อม ไปใช้ในการเกษตรเพื่อวางแผนการเพาะปลูกตลอดจนถึงเก็บเกี่ยวได้

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 สถิติการปลูกข้าว

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมและข้าวจัดเป็นพืชเศรษฐกิจหลัก ในปี 2563 ประเทศไทยมีมูลค่าของผลผลิตข้าวเปลือกสูงเป็นอันดับ 9 ของโลก (FAOSTAT, 2022) และข้อมูลทางสถิติในประเทศไทยจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2566) การผลิตข้าวในปีเพาะปลูก 2564 - 2565 จากจำนวนคร้าวเรือน 4,581,603 คร้าวเรือน มีพื้นที่เพาะปลูก 63.01 ล้านไร่ มีผลผลิตข้าวเปลือก 26.81 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตต่อไร่ 425 กิโลกรัมต่อไร่ที่ความชื้น 15% โดยแหล่งเพาะปลูกข้าว 5 อันดับแรกของประเทศไทย ได้แก่ อุบลราชธานี นครราชสีมา สุรินทร์ ร้อยเอ็ด และศรีสะเกษ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) ในขณะที่การผลิตข้าวนาปรังในปีเพาะปลูก 2564 - 2565 จากจำนวนคร้าวเรือน 527,016 คร้าวเรือน พื้นที่เพาะปลูก 9,547,390 ไร่ ได้ผลผลิตข้าวเปลือก 6,171,197 ตัน คิดเป็นผลผลิตต่อไร่ 646 กิโลกรัมต่อไร่ที่ความชื้น 15% และแหล่งเพาะปลูก 5 อันดับแรก ได้แก่ สุพรรณบุรี พระนครศรีอยุธยา พิษณุโลก พิจิตร และนครสวรรค์ ปีเพาะปลูก 2564 - 2565 ประเทศไทยมีการส่งออกข้าว 6.29 ล้านตันข้าวสาร คิดเป็นมูลค่า 109,771 ล้านบาท โดยส่งออกข้าวคุณภาพดี 3.78 ล้านตันข้าวสาร แบ่งเป็นข้าวหอมมะลิ 1.43 ล้านตัน ข้าว 100% - 5% 2.35 ล้านตันข้าวสาร และข้าวคุณภาพปานกลาง - ต่ำ 0.68 ล้านตันข้าวสาร นอกจากนี้ยังมีการส่งออกข้าวหนึ่ง 1.52 ล้านตันข้าวสาร และข้าวเหนียว 0.31 ล้านตันข้าวสาร แสดงให้เห็นว่า ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนประเทศ กระบวนการเก็บเกี่ยวข้าวเป็นกระบวนการที่สำคัญในการกำหนดคุณภาพของผลผลิตข้าว หากมีการเก็บเกี่ยวอย่างแม่นยำในช่วงเวลาที่เหมาะสมจะทำให้ได้ข้าวคุณภาพดี เกิดความเชื่อมั่นกับผู้บริโภค สามารถขยายตลาดการส่งข้าวคุณภาพดีและสร้างรายได้ให้กับประเทศเพิ่มขึ้น

2.2 สายพันธุ์ข้าวไทย

2.2.1 ข้าวแบ่งตามการตอบสนองต่อแสงช่วงแสง

1) ข้าวไวต่อช่วงแสง (Photoperiod sensitivity rice)

ข้าวสายพันธุ์นี้เป็นข้าวที่ออกดอกเฉพาะเมื่อช่วงเวลากลางวันสั้นกว่า 12 ชั่วโมง โดยพบว่าข้าวไวต่อช่วงแสงในประเทศไทยมักจะออกดอกในเดือนที่มีความยาวของกลางวันประมาณ 11 ชั่วโมง 40 นาที หรือสั้นกว่านี้ ดังนั้นข้าวที่ออกดอกได้ในเดือนที่มีความยาวของกลางวัน 11 ชั่วโมง 40-50 นาที จึงได้ชื่อว่าเป็นข้าวที่มีความไวต่อช่วงแสงน้อย (Less sensitive to photoperiod) และพันธุ์ที่ออกดอกเฉพาะในเดือนที่มีความยาวของกลางวันประมาณ 11 ชั่วโมง 10-20 นาทีก็ได้ชื่อว่า เป็นพันธุ์ที่มีความไวต่อช่วงแสงมาก (Strongly sensitive to photoperiod) พันธุ์ข้าวประเภทนี้จึง

ปลูกและให้ผลผลิตได้ปีละหนึ่งครั้ง หรือปลูกได้เฉพาะในฤดูนาปี บางครั้งจึงเรียกว่า ข้าวนาปี พันธุ์ข้าวในประเทศไทยที่เป็นพันธุ์พื้นเมืองส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่มีความไวต่อช่วงแสง

2) ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง (Non-photoperiod sensitivity rice)

ข้าวสายพันธุ์นี้เป็นข้าวที่ออกดอกเมื่อข้าวมีระยะเวลาการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตตามอายุ จึงใช้ปลูกและให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี หรือปลูกได้ในฤดูนาปรัง บางครั้งจึงเรียกว่า ข้าวนาปรัง

2.2.2 ข้าวแบ่งตามชนิดของแป้งหรืออะไมโลส

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2560) ข้าวไทยแบ่งตามปริมาณอะไมโลสเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1) กลุ่มข้าวเจ้านุ่ม แป้งของข้าวขาวมีปริมาณอะไมโลสต่ำ (ตั้งแต่ 13.0% ถึง 20.0% โดยน้ำหนักที่ระดับความชื้น 14% โดยน้ำหนัก) และข้าวมีค่าการสลายเมล็ดในต่างระดับ 6 ถึงระดับ 7 เมื่อหุงสุกเป็นข้าวสวยแล้วเมล็ดจะอ่อนนุ่ม ค่อนข้างเหนียว

2) กลุ่มข้าวเจ้าร่วน แป้งของข้าวขาวมีปริมาณอะไมโลสปานกลาง (มากกว่า 20.0% ถึง 25.0% โดยน้ำหนัก ที่ระดับความชื้น 14% โดยน้ำหนัก) เมื่อหุงสุกเป็นข้าวสวยแล้วเมล็ดข้าว จะร่วน ค่อนข้างนุ่ม

3) กลุ่มข้าวเจ้าแข็ง แป้งของข้าวขาวมีปริมาณอะไมโลสสูง (มากกว่า 25.0% ขึ้นไปโดยน้ำหนักที่ระดับความชื้น 14% โดยน้ำหนัก) เมื่อหุงสุกเป็นข้าวสวยแล้วเมล็ดข้าวจะร่วนและแข็ง

4) กลุ่มข้าวเหนียว แป้งของข้าวเหนียวขาวมีปริมาณอะไมโลสต่ำมากหรือไม่มีเลย ข้าวมีค่าการสลายเมล็ดในต่างระดับ 6 ถึงระดับ 7 เมื่อนึ่งสุกเมล็ดข้าวจะเหนียวและจับติดกัน

2.2.3 ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 (Pathumthani 1)

ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (Pathumthani 1) มีลักษณะประจำพันธุ์เป็นข้าวเจ้า ไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 104-126 วัน ลักษณะทรงกอตั้ง สูงประมาณ 104-133 เซนติเมตร ใบสีเขียวมีขน กาบใบและปล้องสีเขียว ใบธงยาว ทามุม 45 องศา ก้านคอรวง รวงอยู่ใต้ใบธงเมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง มีขน มีหางเล็กน้อย ความยาวเฉลี่ยประมาณ 10.5 มิลลิเมตร กว้าง 2.4 มิลลิเมตร และหนา 1.9 มิลลิเมตร เมล็ดข้าวกล้องยาวเฉลี่ย 7.6 มิลลิเมตร กว้าง 2.1 มิลลิเมตร และหนา 1.7 มิลลิเมตร ปริมาณอะไมโลส 15 - 19 % คุณภาพข้าวสุก นุ่มเหนียว มีกลิ่นหอมอ่อน ผลผลิตต่อไร่ประมาณ 650 - 774 กิโลกรัม เหมาะสำหรับการปลูกในเขตชลประทานในภาคกลาง (กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2559ก)

2.2.4 ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวเหนียวพันธุ์ข - แม่โจ้ 2 (RD-MAEJO 2)

ข้าวพันธุ์ข - แม่โจ้ 2 (RD-MAEJO 2) มีลักษณะประจำพันธุ์เป็นข้าวเหนียว ไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 135 - 146 วัน ลักษณะกอแบะ ความสูงประมาณ 110 เซนติเมตร ลำต้นแข็งปานกลาง ใบสีเขียว มุมปลายใบตั้งตรง การแก่ของใบแก่ช้า ใบธงยาว 32.16 เซนติเมตร กว้าง 1.20

เซนติเมตร มุมใบตรงตั้งตรง รวงยาว 29.75 เซนติเมตร จำนวนเมล็ดดีต่อรวง 113 เมล็ด เมล็ดร่วงง่าย ข้าวเปลือกสีฟาง มีหางบ้าง มีความยาวเฉลี่ย 10.65 มิลลิเมตร กว้าง 2.47 มิลลิเมตรหนา 1.95 มิลลิเมตร ข้าวกล้องสีขาวยาวเฉลี่ย 7.50 มิลลิเมตร กว้าง 2.16 มิลลิเมตรหนา 1.79 มิลลิเมตร จัดเป็นข้าวรูปปร่างเมล็ดเรียวย ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวกล้อง 8.50 เปอร์เซ็นต์ มีกลิ่นหอมอ่อนเหมือนข้าวเจ้าหอมพันธุ์ปทุมธานี 1 ผลิตต่อไร่ประมาณ 865 กิโลกรัม เหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี (กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2559ข)

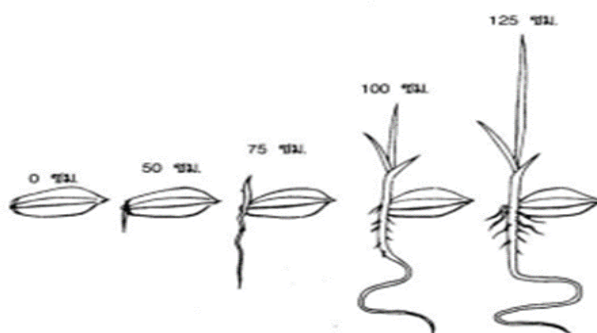
2.3 ขั้นตอนการปลูกข้าว

พัฒนาการและการเจริญเติบโตของข้าวแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วงคือ

1) ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น (Vegetative stage) การเจริญเติบโตในระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 55-60 วัน ซึ่งช่วงนี้แบ่งออกเป็น 4 ระยะ คือ 1) ระยะงอก (Germination) ในภาพที่ 1 2) ระยะกล้า (Seedling emergence) 3) ระยะแตกกอ (Tillering stage) และ 4) ระยะยืดปล้อง (Stem elongation stage)

2) ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ (Reproductive stage) เริ่มตั้งแต่ข้าวเริ่มสร้างช่อดอกถึงดอกบาน ช่วงนี้ใช้เวลาประมาณ 35 วัน แบ่งออกเป็น 4 ระยะ คือ 1) ระยะกำเนิดช่อดอก (Panicle initiation) 2) ระยะตั้งท้อง (Booting) 3) ระยะออกรวง (Heading) และ 4) ระยะดอกข้าวบาน (Flowering หรือ Anthesis)

3) ช่วงสุกแก่ (Ripening stage) เริ่มหลังจากการผสมเกสรถึงการสุกแก่ของเมล็ด ช่วงนี้ใช้เวลาประมาณ 25 – 35 วัน แบ่งได้เป็น 3 ระยะคือ 1) ระยะเมล็ดน้านม (Milk grain stage) 2) ระยะแบ่งในเมล็ดแข็งตัว (Dough grain stage) และ 3) ระยะเมล็ดสุกแก่ (Mature grain stage)



ภาพที่ 1 พัฒนาการในระยะงอกของเมล็ดข้าว (Germination)

ที่มา: บุญพริ้ง (2526)

2.3.1 ขั้นตอนการเตรียมแปลง

ขั้นตอนการเตรียมแปลงเป็นหนึ่งในขั้นตอนการปลูกข้าวที่สำคัญมาก เนื่องจากถ้ามีการเตรียมแปลงที่ดี จะสะดวกต่อการกำจัดวัชพืชและระบบการให้น้ำในแปลงปลูกข้าว โดยมีขั้นตอนการเตรียมแปลงดังนี้

- 1) ทดน้ำเข้าแปลง ไถเปิดหน้าดิน
- 2) ย่อยดิน หรือป่นดิน
- 3) ทำเทือก หรือร่องน้ำในแปลง
- 4) ระบายน้ำออกจากแปลง

2.3.2 ขั้นตอนการเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าว

การเตรียมเมล็ดพันธุ์นั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะว่าการที่ข้าวจะแข็งแรง ไม่เป็นโรค และเจริญเติบโตได้ดีนั้นส่วนหนึ่งมาจากการขั้นตอนคัดเลือกพันธุ์ที่ โดยการนำเมล็ดข้าวไปแช่ในน้ำเมล็ดข้าวที่เสีย ريب และไม่สมบูรณ์จะลอยอยู่บริเวณผิวน้ำ ส่วนเมล็ดที่สมบูรณ์นั้นจะจมน้ำ และมีขั้นตอนการเตรียมต่อไปดังนี้ (กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2559ค)

- 1) นำเมล็ดข้าวที่เตรียมไว้ ไปแช่ในน้ำสะอาดนาน ประมาณ 12-24 ชั่วโมง
- 2) นำเมล็ดข้าวหลังจากการแช่น้ำ มาทำการบ่มโดยใช้พลาสติกคลุม ประมาณ 30-38 ชั่วโมง

2.4 วิธีการปลูกข้าว

2.4.1 การปลูกแบบหว่าน

การปลูกข้าวนาหว่าน หมายถึง การปลูกข้าวนาสวนในสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำขัง โดยใช้เมล็ดพันธุ์ข้าว หว่านในพื้นที่แปลงนา ในการปลูกข้าวนาหว่านจะมีอยู่ 2 แบบ คือ การหว่านข้าวหน้าน้ำตมและการหว่านข้าวนาแห้ง ซึ่งทั้ง 2 แบบขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่

1) การหว่านน้ำตม เป็นการหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าวในพื้นที่ที่มีน้ำหรือในเขตชลประทาน ซึ่งจะต้องมีการเตรียมพื้นที่ทำนาให้เป็นตมเสียก่อนที่จะทำการหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เพาะในถุงออกเล็กน้อยลงไป

2) การหว่านข้าวแห้งหรือเรียกว่า หว่านสำรวย เป็นการหว่านข้าวในพื้นที่ที่ไม่มีน้ำหรือหว่านเพื่อรอฝนตก ซึ่งจะต้องมีการเตรียมพื้นที่ในลักษณะการไถพลิกหน้าดินก่อนรอบแรกเพื่อทำการตากหน้าดิน จากนั้นจึงใช้พรวนจานอีกครั้งเพื่อทำการย่อยดินให้ละเอียดมากขึ้น แล้วจึงค่อยทำการหว่านข้าวหรือทำพร้อมกับการพรวนดินรอบสองก็ได้

2.4.2 การปลูกแบบดำ

การปลูกข้าวนาดำ หมายถึง การปลูกข้าวนาสวนในสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำขัง โดยใช้ต้นกล้าข้าวทำการปักดำลงไปดินแปลงนา ซึ่งจะมีขั้นตอนของการปลูกข้าวแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะต้นกล้าและระยะปักดำ

2.4.3 การปลูกแบบข้าวไร่

การปลูกข้าวไร่ หมายถึง การปลูกข้าวในสภาพที่ไม่มีน้ำขัง และจะต้องใช้น้ำฝนเท่านั้น โดยส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่สูงเชิงเขา ที่ดอนหรือบนดอยสูง ซึ่งการปลูกข้าวจะใช้วิธีการหยอดเป็นหลุมหรือการโรยเป็นแถว ในการใช้เครื่องจักรกลเกษตรส่วนใหญ่จะใช้เครื่องจักรกลเกษตรขนาดเล็กเท่านั้น ไม่สามารถใช้เครื่องจักรกลเกษตรขนาดใหญ่ได้เนื่องจากสภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง

2.4.4 การปลูกแบบนาขั้นบันได

การปลูกข้าวแบบนาขั้นบันได หมายถึง การปลูกข้าวในพื้นที่สูงหรือบนดอย โดยมีการปรับพื้นที่ตามไหล่เขาให้เป็นขั้นบันไดและมีคันนาที่ความกว้างเพียงพอที่จะสามารถขังน้ำได้ วิธีการปลูกข้าวส่วนใหญ่จะใช้วิธีการปลูกแบบหยอดข้าวแห้งเช่นเดียวกับข้าวไร่ แบบปักดำเหมือนกับทางพื้นราบ และมีคลองขนาดเล็ก หรือท่อส่งน้ำเข้าแปลงนาได้

2.5 สภาพแวดล้อมกับการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืช

การเจริญเติบโตและการพัฒนาเป็นกระบวนการที่จำเป็นเพื่อการดำรงชีพ และการแพร่ขยายพันธุ์ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะดำเนินต่อเนื่องกันตลอดอายุขัยของพืช กระบวนการเจริญเติบโตและการพัฒนานี้ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของหลายปัจจัย ซึ่งอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ปัจจัยหลักคือ ปัจจัยภายในได้แก่ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวพืชซึ่งเป็นเรื่องของพันธุกรรม และปัจจัยภายนอกได้แก่ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมที่พืชนั้นขึ้นอยู่

2.5.1 แสงกับการเจริญเติบโตของพืช

พลังงานแสงมีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งพืชจะมีการสังเคราะห์แสง หรือกลไกที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงไปเป็นพลังงานทางเคมีและเก็บสะสมไว้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน

1) ความเข้มของแสง (Light intensity) คือ ปริมาณโฟตอนของแสงทั้งหมดที่พืชได้รับ ซึ่งความเข้มของแสงจะแตกต่างกันตามพื้นที่ เวลา ฤดูกาล โดยพืชแต่ละชนิดมีระดับความเข้มแสงที่เหมาะสมต่อพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน ความเข้มของแสงมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อพืชได้รับความเข้มแสงน้อยจะทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเกิดขึ้นน้อยกว่ากระบวนการหายใจระดับเซลล์ ทำให้น้ำตาลที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงถูกใช้จนหมดไปทำให้มีผลกระทบต่อพืช ในขณะที่ถ้าพืชได้รับความเข้มแสงสูง อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงก็จะเพิ่มขึ้น โดยมีปัจจัยเรื่องอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มขึ้นได้เรื่อย ๆ จนถึงระดับหนึ่งและลดลง ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเข้มของแสงที่เพิ่มขึ้นและยังขึ้นอยู่กับชนิดของพืชอีกด้วย

2) คุณภาพของแสง (Light quality) หมายถึง ความยาวของคลื่นแสง มีหน่วยเป็นนาโนเมตร (nm) โดยช่วงแสงที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ ช่วงแสงที่ตามองเห็น (Visible light) หรือแสงขาว (White light) มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 400-700 นาโนเมตร โดยแต่ละช่วงความยาว

คลื่นจะมีสีต่างกัน ประกอบด้วยแสงสีต่างๆ ได้แก่ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด และแดง พืชสามารถดูดกลืนแสงได้มากในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 400-500 นาโนเมตร เป็นช่วงความยาวคลื่นของแสงสีม่วงและน้ำเงิน และช่วงความยาวคลื่นที่ 625-700 นาโนเมตร เป็นช่วงความยาวคลื่นของแสงสีแดง โดยแสงสีแดงนี้มีผลต่อการออกดอกของพืชด้วย

2.5.2 อุณหภูมิกับการเจริญเติบโตของพืช

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่ง ที่มีผลกระทบต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต และพัฒนาการของพืช อุณหภูมิเมื่อเบี่ยงเบนไปจากอุณหภูมิที่เหมาะสม จะส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง พืชแต่ละชนิดต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและพัฒนาแตกต่างกัน แม้ในพืชชนิดเดียวกันแต่มีอายุการ เจริญต่างกัน ก็ต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมไม่เท่ากัน นอกจากนี้พืชยังมีการสนองตอบต่อ อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปไม่เหมือนกัน เช่น การงอกของเมล็ด และการเจริญของใบ มีความอ่อนไหวต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนไป

1) การพัฒนาของพืชกับอุณหภูมิสะสมหรือ Growing degree - day (GDD) การที่พืชจะเจริญเติบโต พัฒนาจากระยะหนึ่งไปจนถึงอีกระยะหนึ่ง จะต้องมียุณหภูมิสะสม (GDD) ถึงจำนวนที่พืชต้องการในระยะนั้น ๆ ถ้าทำการปลูกพืชในช่วงที่มีอากาศหนาวเย็นหรือมีอุณหภูมิต่ำ พืชก็จะต้องใช้เวลานานขึ้นในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ซึ่งในทางตรงกันข้าม ถ้าช่วงนั้นมีอุณหภูมิที่สูง พืชก็จะใช้เวลาน้อยกว่าในการเจริญเติบโตที่ระยะเดียวกัน เนื่องจากพืชมีการสะสมอุณหภูมิให้ได้จำนวนที่พืชต้องการเพียงอย่างเดียว (เฉลิมพล, 2542)

$$GDD = \frac{(T_{\max} + T_{\min})}{2} - T_{\text{base}} \quad (1)$$

โดยที่

T_{\max} = ค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวัน (°C)

T_{\min} = ค่าอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน (°C)

T_{base} = ค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่พืชจะเจริญเติบโตได้โดยมีค่าเท่ากับ 10 °C

(Sié *et al*, 1998)

2.6 ปริมาณรงควัตถุ (Chlorophyll content)

คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) เป็นสารประกอบที่พบได้ในส่วนที่มีสีเขียวของพืช และในสาหร่ายเกือบทุกชนิด นอกจากนี้ยังพบได้ในแบคทีเรียที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ คลอโรฟิลล์ทำหน้าที่เป็นโมเลกุลรับพลังงานจากแสง และนำพลังงานดังกล่าวไปใช้ในการสร้างพลังงานเคมีโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อสร้างสารอินทรีย์ เช่น น้ำตาล และนำไปใช้เพื่อการดำรงชีวิตของพืชและสิ่งมีชีวิตบางชนิด (วงษ์จันทร์, 2535)

แคโรทีนอยด์ (Carotenoid) หรือ เตตระเทอร์พีนอยด์ (Tetraterpenoid) เป็นสารประกอบอินทรีย์สีเหลือง ส้มและแดงที่ผลิตโดยพืชและสาหร่าย รวมถึงแบคทีเรีย เห็ดรา และสัตว์บางชนิดหน้าที่หลักของแคโรทีนอยด์ในพืช ได้แก่ ดูดกลืนแสงเพื่อใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง และป้องกันคลอโรฟิลล์จากการถูกทำลายจากแสงที่มีความเข้มสูง นอกจากนี้ยังมีส่วนในการส่งสัญญาณให้เซลล์ผลิตกรดแอบไซซิก ฮอริโมนที่ควบคุมการงอกของเมล็ด การแบ่งเซลล์ และการเจริญเติบโตของพืช (Moran and Jarvik, 2010)

วัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ ใช้วิธีสกัดของ Dere *et al.* (1998) และ Sumanta *et al.* (2014) ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 470, 645 และ 663 นาโนเมตร ดังนี้

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)} = (12.25 \times A_{663} - 2.79 \times A_{645}) \times DF \quad (2)$$

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)} = (21.50 \times A_{645} - 5.10 \times A_{663}) \times DF \quad (3)$$

$$\text{ปริมาณแคโรทีนอยด์ (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)} = \frac{(1000 \times A_{470} - 1.43 \times C_a - 35.87 \times C_b) \times DF}{205} \quad (4)$$

205

เปลี่ยนหน่วยจาก ไมโครกรัม/มิลลิลิตร เป็น ไมโครกรัม/กรัม นน.สด โดยนำแต่ละค่าที่คำนวณได้จากสมการ (2), (3) และ (4) คูณด้วย 100

โดยที่ A_{470} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่สกัดได้ ที่ความยาวคลื่น 470 nm

A_{645} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่สกัดได้ ที่ความยาวคลื่น 645 nm

A_{663} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่สกัดได้ ที่ความยาวคลื่น 663 nm

DF = Dilution factor (จำนวนเท่าของการเจือจาง)

C_a = ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ($\mu\text{g/ml}$)

C_b = ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ($\mu\text{g/ml}$)

2.7 อุปกรณ์และระบบในการเก็บข้อมูลแบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ในปัจจุบันมีระบบการเก็บข้อมูลออนไลน์และรายงานผลแบบเรียลไทม์ โดยใช้อุปกรณ์ที่สามารถทำการเก็บข้อมูลและส่งผลการวัด ซึ่งสามารถทราบผลการวัดทันทีในพื้นที่ที่มีเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทำให้สะดวกต่อการเก็บข้อมูลและนำมาวิเคราะห์ ซึ่งเรียกว่าระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Thing, IoT)

ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ สามารถเชื่อมโยงหรือส่งข้อมูลถึงกันด้วยอินเทอร์เน็ต โดยไม่ต้องป้อนข้อมูล ซึ่งสามารถเชื่อมโยงการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเข้ากับการใช้งานอื่น ๆ ระบบ IoT สามารถเชื่อมโยงอุปกรณ์อัจฉริยะทั้งหลายผ่านอินเทอร์เน็ต เช่น แอปพลิเคชัน แว่นตาอิเล็กทรอนิกส์ รองเท้าวิ่งที่

สามารถเชื่อมต่อข้อมูลการวิ่ง ทั้งความเร็ว ระยะทาง สถานที่ และสถิติได้ นอกจากนั้น Cloud Storage หรือ บริการรับฝากไฟล์และประมวลผลข้อมูลผ่านทางออนไลน์ ระบบ IoT สามารถป้องกันข้อมูลสูญหายหรือถูกโจรกรรม เข้าถึงข้อมูลได้ทุกที่ทุกเวลาด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ ๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ระบบ IoT และอุปกรณ์ ประกอบด้วย

2.7.1 เซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศ (Weather station)

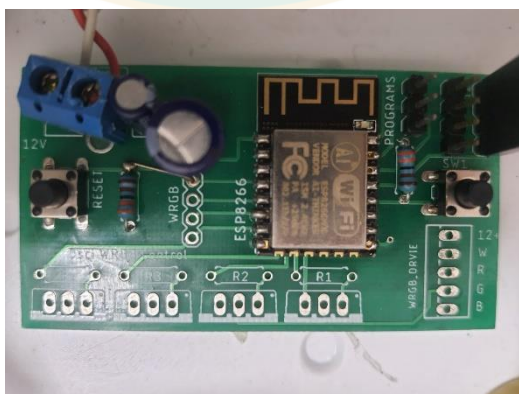
เซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศ (ภาพที่ 2) เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดค่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมในแปลงนา ประกอบไปด้วย ค่าอุณหภูมิ/ความชื้นอากาศ ค่าความเร็ว/ทิศทางลม ค่าปริมาณน้ำฝน ค่าความเข้มแสง/ชั่วโมงแสงแดด



ภาพที่ 2 เซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศ (Weather station)

2.7.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (ภาพที่ 3) คืออุปกรณ์สมองกลฝังตัวขนาดเล็กซึ่งมีความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยรวบรวมเอาซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ตซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักที่สำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน หรือจะเรียกอีกอย่างคือระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก หลักการทำงานหลัก ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์คือจะนำมาใช้ในการควบคุมระบบหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้อย่างหลากหลาย โดยผ่านการออกแบบวงจรให้เหมาะสมกับลักษณะงาน และสามารถรับโปรแกรมคำสั่งภาษาซี เพื่อควบคุมการสั่งงานไปควบคุมระบบหรืออุปกรณ์นั้น ๆ



ภาพที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266

2.7.3 เครื่องช่วยกระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ต (Pocket WiFi)

เครื่องช่วยกระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ต (ภาพที่ 4) ทำหน้าที่เป็น field server รับข้อมูลของเซิร์ฟเวอร์ต่าง ๆ และทำหน้าที่ Gate way ทำการส่งข้อมูลขึ้นไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ต



ภาพที่ 4 เครื่องช่วยกระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ต (Pocket WiFi)

2.7.4 ซิมการ์ดโทรศัพท์ (Sim card)

ซิมการ์ดโทรศัพท์ (ภาพที่ 5) คือ แผงวงจรรวมสำหรับผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ นอกจากนี้ซิมการ์ดยังสามารถใส่ไว้ในกล่องถ้ำรูปและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นได้



ภาพที่ 5 ซิมการ์ดโทรศัพท์ (Sim card)

2.8 การวัดสมบัติทางกายภาพ

2.8.1 ปริมาณความชื้นในวัสดุ (Moisture content)

โดยทั่วไปข้าวที่เก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสมจะมีความชื้น (Moisture content, MC) ประมาณ 20 - 25% หลังจากการเก็บเกี่ยวใหม่ ๆ เนื่องจากเมล็ดมีการหายใจทำให้ข้าวมีอุณหภูมิสูงขึ้นเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่าง ๆ มีผลทำให้ข้าวเสื่อมคุณภาพ เช่น เกิดข้าวเน่า ข้าวบูด ข้าวเหลือง ข้าวมีคุณภาพการสีต่ำ จึงต้องทำการลดความชื้นของเมล็ดข้าวให้เหลือประมาณ 14% (กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2559) ความชื้นในวัสดุจะบอกปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ เมื่อเทียบกับมวลวัสดุขึ้นหรือแห้งสามารถหาได้จากสมการ (5) (สุนทร, 2559)

$$MC = \frac{W_m}{(W_m + W_d)} \times 100 \quad (5)$$

โดยที่

MC = ปริมาณความชื้นฐานเปียก (% w.b.)

W_m = มวลของน้ำ (g)

W_d = มวลของวัสดุแห้ง (Dry matter) (g)

2.8.2 ความหนาแน่นกอง (Bulk density)

ความหนาแน่นกอง คือปริมาณของมวลวัสดุต่อปริมาตรของภาชนะที่ใส่วัสดุโดยรวมปริมาตรของอากาศด้วย การหาความหนาแน่นกองนั้น สามารถทำได้โดยการปล่อยให้วัสดุตกอย่างอิสระในภาชนะที่ทราบปริมาตร โดยให้มีความสูงของระยะการปล่อยในช่วง 13.9 - 17.2 cm หาได้จากสมการ (6) (สุนทร, 2559)

$$\rho_B = \frac{m}{v} \quad (6)$$

โดยที่

ρ_B = ความหนาแน่นกอง (kg/m³)

m = มวลของวัสดุ (kg)

v = ปริมาตรของภาชนะรวมอากาศ (m³)

2.9 มาตรฐานข้าวไทย

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2560) กำหนดมาตรฐานเลขที่ มกษ. 4004-2560 ไว้เป็นมาตรฐานทั่วไป มาตรฐานสินค้าเกษตรนี้ใช้กับข้าวไทย ซึ่งได้มาจากพืชที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. วงศ์ Gramineae หรือ Poaceae พันธุ์ที่ผลิตเป็นการค้า มาตรฐานนี้รวมข้าวเจ้าและข้าวเหนียวที่อยู่ใน รูปของข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าว

ขาวที่บรรจุหีบห่อ ยกเว้นข้าวเปลือกอาจไม่บรรจุหีบห่อก็ได้ ซึ่งมาตรฐานสินค้าเกษตรนี้ไม่ครอบคลุมถึงมาตรฐาน มกษ.4000 และ มกษ.4001 มาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย และข้าวหอมไทย รวมไปถึงข้าวที่เติมสารอาหาร เช่นวิตามิน เกลือแร่ ข้าวหนึ่ง ข้าวสีต่าง ๆ มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 4004-2560 จะแบ่งคุณภาพข้าว ด้วยการใส่เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของข้าวเมล็ดเต็ม ข้าวหัก สิ่งเจือปนต่างๆ และบอกถึงระดับการขัดสีของข้าวดังแสดงในตารางที่ 1 มาตรฐานข้าวเหนียวของไทย และตารางที่ 2 มาตรฐานข้าวขาวของไทย

2.9.1 การตรวจสอบคุณภาพการขัดสี (Milling)

การตรวจสอบคุณภาพการขัดสี เมล็ดข้าวเปลือกที่นำไปสีต้องมีความชื้นไม่เกิน 15% หลังจากการสีแยกข้าวเต็มเมล็ด (ต้นข้าว) และข้าวหัก โดยร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 7 (Sieve No.7) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู 1.75 mm แล้วนำน้ำหนักข้าวเปลือก น้ำหนักข้าวเต็มเมล็ด น้ำหนักข้าวหัก และน้ำหนักแกลบรำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของค่าต่าง ๆ ที่จะบอกถึงระดับการขัดสี (Milling degree) แสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 โดยแบ่งระดับการขัดสีออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

- 1) สีสดีพิเศษ (Extra well milled)
- 2) สีสดี (Well milled)
- 3) สีสดีปานกลาง (Reasonably well milled)
- 4) สีธรรมดา (Ordinarily milled)

ตารางที่ 1 มาตรฐานข้าวเหนียวของไทย

ชั้นคุณภาพ	ส่วนผสม (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)			ส่วนของข้าวหัก	ข้าวและสิ่งเจือปน(เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)				ระดับการขัดสี
	ข้าวเต็มเมล็ด	ต้นข้าว	รวม		ข้าวเจ้า	ข้าวเมล็ดแดง	ข้าวเมล็ดเหลือง	เมล็ดเสีย		เมล็ดพืชชนิดอื่น ๆ
10%	≥55.0	≤12.0	≥3.5 ถึง <7.0	≤15.0	≤2.0	≤1.5	≤0.5	≤0.5	สีดี
25%	≥40.0	≤28.0	≤5.0	≤15.0	≤6.0	≤4.0	≤2.0	≤3.0	สีธรรมดา

ที่มา: ดัดแปลงจากสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2560)

ตารางที่ 2 มาตรฐานข้าวขาวของไทย

ชั้น	พื้นขาว (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)				ส่วนผสม (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)				ข้าวหักและปลายข้าว C1					ข้าวและสิ่งที่ยาจมีปนได้ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)									
	เมล็ดยาว		เมล็ดสั้น (ไม่เกิน 6.6 มม)		ต้นข้าว		รวม		ข้าวหักที่มี		ปลายข้าว		ของต้นข้าว		ข้าวเม่น		เมล็ดที่เลื่อง		เมล็ดที่งอก		ข้าวเปลือก (เมล็ด/กก.)		ระดับการขัดสี
	ชั้น 1 (เกิน 7.0 มม)	ชั้น 2 (เกิน 6.6 มม)	ชั้น 3 (เกิน 6.2 มม)	อื่น	เกิน 6.6 มม	6.2-7.0 มม	ส่วนที่เหนือ	ส่วนที่เหลือ	รวม	ต่ำกว่ากำหนด	ความยาว	ความกว้าง	หัก	ส่วนของข้าว	ข้าวเม่น	เมล็ดที่งอก	เมล็ดที่เลื่อง	เมล็ดที่งอก	เมล็ดที่งอก	เมล็ดที่งอก	เมล็ดที่งอก	เมล็ดที่งอก	
100% ชั้น 1	>70.0	>5.0	>60.0	0	>60.0	ส่วนที่เหนือ	ส่วนที่เหลือ	≤4.0	≤0.1	≤0.1	≥8.0	≥5.0 ถึง ≤8.0	≤0.5	≤0.1	≤3.0	≤0.2	≤1.5	≤0.1	≤3	≤0.1	≤0.1	≤3	สีตีพิเศษ
100% ชั้น 2	>40.0	ส่วนที่เหนือ	≥60.0	≤5.0	≥60.0	ส่วนที่เหนือ	ส่วนที่เหลือ	≤4.5	≤0.5	≤0.5	≥8.0	≥5.0 ถึง ≤8.0	≤0.5	≤0.2	≤6.0	≤0.25	≤1.5	≤0.2	≤5	≤0.2	≤0.2	≤5	สีตีพิเศษ
100% ชั้น 3	>30.0	ส่วนที่เหนือ	≥60.0	≤5.0	≥60.0	ส่วนที่เหนือ	ส่วนที่เหลือ	≤5.0	≤0.5	≤0.5	≥8.0	≥5.0 ถึง ≤8.0	≤0.5	≤0.2	≤6.0	≤0.25	≤1.5	≤0.2	≤5	≤0.2	≤0.2	≤5	สีตีพิเศษ
5%	>20.0	ส่วนที่เหนือ	≥60.0	≤10.0	≥60.0	ส่วนที่เหนือ	ส่วนที่เหลือ	≤7.0	≤0.5	≤0.5	≥7.5	≥3.5 ถึง ≤7.5	≤2.0	≤0.5	≤6.0	≤0.25	≤1.5	≤0.3	≤8	≤0.3	≤0.3	≤8	สีตี
10%	>10.0	ส่วนที่เหนือ	≥55.0	≤15.0	≥55.0	ส่วนที่เหนือ	ส่วนที่เหลือ	≤12.0	≤0.7	≤0.7	≥7.0	≥3.5 ถึง ≤7.0	≤2.0	≤1.0	≤7.0	≤0.5	≤1.5	≤0.4	≤13	≤0.4	≤0.4	≤13	สีตี
15%	>5.0	ส่วนที่เหนือ	≥55.0	≤30.0	≥55.0	ส่วนที่เหนือ	ส่วนที่เหลือ	≤17.0	≤2.0	≤2.0	≥6.5	≥3.0 ถึง ≤6.5	≤5.0	≤1.0	≤7.0	≤1.0	≤2.0	≤0.4	≤13	≤0.4	≤0.4	≤13	สีตีปานกลาง
25% เล็ด	>50.0	ส่วนที่เหนือ	≥40.0	≤50.0	≥40.0	ส่วนที่เหนือ	ส่วนที่เหลือ	≤28.0	ส่วนที่เหนือ	≤1.0	≥5.0	≤5.0	≤5.0	≤1.0	≤7.0	≤1.0	≤2.0	≤1.0	≤15	≤1.0	≤1.0	≤15	สีตีปานกลาง
25%	>50.0	ส่วนที่เหนือ	≥40.0	≤50.0	≥40.0	ส่วนที่เหนือ	ส่วนที่เหลือ	≤28.0	ส่วนที่เหนือ	≤2.0	≥5.0	≤5.0	≤7.0	≤1.0	≤8.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤20	≤2.0	≤2.0	≤20	สีธรรมดา
35%	>50.0	ส่วนที่เหนือ	≥32.0	≤50.0	≥32.0	ส่วนที่เหนือ	ส่วนที่เหลือ	≤40.0	ส่วนที่เหนือ	≤2.0	≥5.0	≤5.0	≤7.0	≤1.0	≤10.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤20	≤2.0	≤2.0	≤20	สีธรรมดา
45%	>50.0	ส่วนที่เหนือ	≥28.0	≤50.0	≥28.0	ส่วนที่เหนือ	ส่วนที่เหลือ	≤50.0	ส่วนที่เหนือ	≤3.0	≥5.0	≤5.0	≤7.0	≤1.0	≤10.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤20	≤2.0	≤2.0	≤20	สีธรรมดา

ที่มา: ดัดแปลงจากสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2560)

2.10 การวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent variable) กับตัวแปรตาม (Dependent variable) จะเป็นการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) ถ้าศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหนึ่งตัวกับตัวแปรตามหนึ่งตัว เรียกว่าการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเชิงเดี่ยวหรือการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple linear regression analysis) ถ้าตัวแปรอิสระมีมากกว่าหนึ่งตัวกับตัวแปรตามหนึ่งตัว เรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple linear regression) (Madsen, 2011)

2.10.1 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเชิงเดี่ยว (Simple linear regression analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเชิงเดี่ยวเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ 1 ตัว กับ ตัวแปรตาม 1 ตัว โดยเขียนความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการ ดังนี้

$$\text{สมการในรูปของประชากร} \quad Y = \alpha + \beta X + \varepsilon \quad (7)$$

$$\text{สมการในรูปของตัวอย่าง} \quad y = a + bx + e \quad (8)$$

$$\text{สมการทำนายผล} \quad \hat{y} = a + bx \quad (9)$$

โดยที่ Y คือ ค่าของตัวแปรตาม (จะใช้ y สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง และใช้ \hat{y} สำหรับค่าประมาณหรือตัวทำนาย)

X คือ ค่าของตัวแปรอิสระ (จะ x สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง และค่าประมาณหรือตัวทำนาย)

α คือ ค่าคงที่ (Constant) ของสมการถดถอย (จะ a สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง และค่าประมาณหรือตัวทำนาย) โดยที่จะเป็นจุดตัด (Intercept) แกน y ของสมการ

β คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression coefficient) ของตัวแปรอิสระ X (จะ b สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง และค่าประมาณหรือตัวทำนาย) โดยที่ค่า β จะแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า x ต่อค่า y

ε คือ ค่าความคลาดเคลื่อน (Error or residual)

2.10.2 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple linear regression analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหลายตัว กับตัวแปรตาม 1 ตัว โดยเขียนความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการ ดังนี้

$$\text{สมการในรูปของประชากร} \quad Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (10)$$

$$\text{สมการในรูปของตัวอย่าง} \quad y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k + e \quad (11)$$

$$\text{สมการทำนายผล} \quad \hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k \quad (12)$$

โดยที่ X_i คือ ค่าของตัวแปรอิสระแต่ละตัว (จะใช้ x_i สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง และค่าประมาณหรือตัวทำนาย)

Y คือ ค่าของตัวแปรตาม (จะใช้ y สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง และใช้ค่า \hat{y} สำหรับค่าประมาณหรือตัวทำนาย)

k คือ จำนวนตัวแปรอิสระในสมการถดถอย

β_0 คือ ค่าคงที่ (Constant) ของสมการถดถอย (จะใช้ b_0 สำหรับค่าที่ได้จาก ตัวอย่าง และค่าประมาณหรือตัวทำนาย) โดยจะเป็นจุดตัด (Intercept) แกน y ของสมการ

β_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression coefficient) ของตัวแปรอิสระ X_i แต่ละตัว (จะใช้ b_i สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง และค่าประมาณหรือตัวทำนาย) โดยที่ค่า β_i หรือ b_i จะแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า x_i ต่อค่า y

ε คือ ค่าความคลาดเคลื่อน (Error or residual)

2.11 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรมอุตุนิยมวิทยา (ม.ป.ป.) กำหนดระดับสภาพอากาศ โดยกำหนดอากาศร้อน ได้แก่ อากาศร้อน (Hot) อุณหภูมิตั้งแต่ 35.0 - 39.9 องศาเซลเซียส และอากาศร้อนจัด (Very hot) อุณหภูมิตั้งแต่ 40.0 องศาเซลเซียสขึ้นไป เกณฑ์การกำหนดอากาศหนาว ได้แก่ อากาศเย็น (Cool) อุณหภูมิตั้งแต่ 18.0 - 22.9 องศาเซลเซียส อากาศค่อนข้างหนาว (Moderately cold) อุณหภูมิตั้งแต่ 16.0 - 17.9 องศาเซลเซียส อากาศหนาว (Cold) อุณหภูมิตั้งแต่ 8.0 - 15.9 องศาเซลเซียส และอากาศหนาวจัด (Very cold) อุณหภูมิตั้งแต่ 7.9 องศาเซลเซียสลงไป

Tao *et al.* (2015) ศึกษาผลกระทบจากความเครียดและความร้อนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวสาลีลดลงในพื้นที่ราบ Huang-Huai-Hai ของจีน โดยการใช้การสังเกตการณ์จากสถานีอุตุนิยมวิทยาการเกษตรแห่งชาติ 34 แห่งของจีน ตั้งแต่ปี 1981 ถึง 2009 พบว่าการเพิ่มขึ้นของค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) และการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ หรือ Solar radiation (SRD) มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตของข้าวสาลี

Sié *et al.* (1998) ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและกำเนิดใบของข้าวที่มีต่อความแปรผันของอุณหภูมิและสภาพแวดล้อม ในประเทศเซเนกัล โดยใช้ข้าว 3 พันธุ์ คือ Jaya, IKP และ IR64 ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโตของข้าวเท่ากับ 23 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดที่ข้าวจะสามารถเจริญเติบโตได้ อย่างปกติเท่ากับ 10 องศาเซลเซียส

จงไชย (2556) ทำการทดสอบดัชนีการเก็บเกี่ยวลำไยนอกฤดูพันธุ์อีดอ โดยใช้ปริมาณความร้อนสะสมเป็น เกณฑ์ ดำเนินการศึกษากับต้นลำไยอายุ 5 ปี จำนวนรวม 10 ต้น ที่แปลงทดลองสาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ แบ่งเป็น 2 การทดลอง คือการชักนำให้ลำไยออกดอกในเดือนมิถุนายน และในเดือนกรกฎาคม ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อผลผลิตได้รับปริมาณความร้อนสะสม 1,950, 2,000, 2,050, 2,100, 2,150, 2,200, 2,250 และ 2,300 GDD การชักนำให้ออกดอกในเดือนกรกฎาคม เก็บเกี่ยวเมื่อผลผลิตได้รับปริมาณ ความร้อนสะสม 2,350, 2,400 และ 2,450 GDD ด้วย ปริมาณความร้อนสะสมที่ใช้หาได้จากสูตรผลรวมของ อุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละวัน - อุณหภูมิพื้นฐาน โดยอุณหภูมิพื้นฐานที่ใช้เท่ากับ 10.76 องศาเซลเซียส ผลการทดลอง พบว่า ลำไยที่ชักนำให้ออกดอกในเดือนมิถุนายน เมื่อเก็บเกี่ยวที่ความร้อนสะสม 2,100-2,150 GDD มีคุณภาพดีตามเกณฑ์การเก็บเกี่ยวมาตรฐานทั่วไป หรือเมื่อผลมีอายุ 152.6-156.6 วันหลังดอกบาน ในขณะที่ลำไย ที่ชักนำให้ออกดอกในเดือนกรกฎาคม เก็บเกี่ยวได้เมื่อได้รับความร้อนสะสม 2,400-2,450 GDD หรือเมื่อผล อายุ 181.5-184.4 วันหลังดอกบาน

ทรงศักดิ์ และเจริญกิจ (2562) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะพัฒนาการของผลและปริมาณความร้อนสะสม สำหรับเก็บเกี่ยวลำไยพันธุ์อีดอนอกฤดูในเดือนมกราคม 2552 ดำเนินการโดยการเก็บข้อมูลพัฒนาการของผลระยะต่างๆ 11 ระยะ โดยเริ่มตั้งแต่ 144-179 วันหลังดอกบาน ผลการศึกษาพบว่าระยะที่เหมาะสมสำหรับเก็บเกี่ยวลำไยพันธุ์อีดอนอกฤดูคือช่วงอายุ 172-176 วันหลังดอกบาน โดยมีปริมาณความร้อนสะสมที่คำนวณได้อยู่ในช่วง 2,330-2,366 GDD

จุฑามาศ และธีรนุช (2565) ศึกษาการเจริญเติบโต คุณภาพผล และปริมาณความร้อนสะสม ในระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของฝรั่ง 3 พันธุ์ ได้แก่พันธุ์กิมจู พันธุ์แดงโม และพันธุ์นิโกร ที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่พบว่า พันธุ์กิมจูมีระยะเก็บเกี่ยวที่ช่วงอายุ 108-116 วันหลังดอกบาน มีปริมาณความร้อนสะสมอยู่ในช่วง 2,204-2,346 GDD พันธุ์แดงโมมีระยะเก็บเกี่ยวที่ช่วงอายุ 104-110 วันหลังดอกบาน มีปริมาณความร้อนสะสมอยู่ในช่วง 2,238-2,351 GDD และพันธุ์นิโกรมีระยะเก็บเกี่ยวที่ช่วงอายุ 99-101 วันหลังดอกบาน มีปริมาณความร้อนสะสมอยู่ในช่วง 2,142-2,176 GDD ตามลำดับ

รุ่งนภา และโสระยา (2552) ศึกษาผลของอุณหภูมิกลางวันกลางคืนต่อการเติบโต และการออกดอกของปทุมมา ปลูกพืชไว้ในตู้ควบคุมที่ระดับอุณหภูมิกลางวัน/กลางคืน 4 ระดับ ได้แก่ 24/18, 30/18, 30/24 และ 36/24 องศาเซลเซียส โดยให้ทุกกรรมวิธีได้รับความเข้มแสง $270 \frac{\mu\text{mol}}{\text{m}^2} / \text{s}$

ความชื้น 70 – 80% และความยาววัน 12 ชั่วโมงต่อวัน ผลการทดสอบพบว่า ต้นไต้ที่ปลูกในอุณหภูมิกกลางวัน/กลางคืน 36/24 องศาเซลเซียส มีความสูง จำนวนใบต่อต้น พื้นที่ใบ จำนวนกลีบ ความยาว ก้านดอก น้ำหนักแห้งใบ ราก และก้านดอก มากที่สุด

จักรพงษ์ (2551) ศึกษาความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมที่สัมพันธ์กับคุณภาพการสีและคุณภาพความหอมของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยทำการติดตั้งสถานีบันทึกอากาศอัตโนมัติ จำนวน 15 จุดครอบคลุมพื้นที่ในเขตจังหวัดร้อยเอ็ด มหาสารคาม ยโสธร ศรีสะเกษและจังหวัดสุรินทร์ และยังศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำและวิธีการปลูกที่มีผลต่อคุณภาพความหอมและคุณภาพการสี ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ภายใต้การใช้สารโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่เป็นที่นาลุ่ม มีวิธีการปลูกแบบหว่านและมีชนิดดินเป็นดินทราย และผลจากการทดลองยังพบว่าอุณหภูมิสะสมที่ทำให้ทั้งปริมาณสารหอม 2-AP (5.47 ppm) และเปอร์เซ็นต์ข้าวตันสูงสุด (58.3%) ในช่วง 3,200 – 3,300 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำและวิธีการปลูกต่อความหอมและคุณภาพการสีของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ภายใต้การใช้สารโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่แตกต่างกันพบว่าวิธีการปลูกแบบหว่านมีปริมาณสารหอม 2-AP สูงกว่าวิธีการปลูกแบบปักดำ และการใช้สารโพแทสเซียมไอโอไดด์เพื่อชักนำให้ข้าวเกิดความเครียดนั้นไม่มีผลต่อปริมาณสารหอม 2-AP แต่มีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวตันสูงกว่าข้าวที่ไม่ได้ใช้สารโพแทสเซียมไอโอไดด์

นันทิยา (2562) ศึกษาผลของคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวต่ออายุการเก็บเกี่ยว ทำการทดลองที่จังหวัดพัทลุง โดยใช้ข้าวพันธุ์เฉื่อยพัทลุงเป็นข้าวไวต่อช่วงแสง และข้าวพันธุ์ข 55 เป็นข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง สุ่มเก็บตัวอย่าง 4 ระยะ ได้แก่ 28, 30, 33 และ 35 วันหลังดอกบาน พบว่าข้าวพันธุ์เฉื่อยพัทลุง มีคุณภาพได้แก่ เวลาในการงอก ความเร็วในการงอก และอัตราการงอก สูงสุดในวันที่ 33 หลังดอกบาน และข้าวพันธุ์ข 55 มีคุณภาพ เวลาในการงอก ความเร็วในการงอก และอัตราการงอก สูงสุดในวันที่ 28 หลังดอกบาน

ชาติชาย (2545) ศึกษาอิทธิพลของวิธีการปลูกข้าว และการเพิ่มอินทรีวัตถุในดิน ทำการทดลองในจังหวัดสุพรรณบุรี โดยปลูกข้าวด้วยวิธีปักดำ และวิธีการหว่าน พันธุ์ข้าวที่ใช้ทดลองคือ ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี พบว่าวิธีการปลูกข้าวไม่มีผลต่ออินทรีวัตถุในดิน แต่มีผลต่อการปล่อยก๊าซมีเทน และความสูงของส่วนยอดข้าว โดยที่การปลูกด้วยวิธีปักดำจะสูงกว่าการปลูกด้วยวิธีการหว่าน

2.12 สมมติฐานงานวิจัย

เนื่องจากวิทยานิพนธ์มี 2 การทดลองที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนควบคุมสภาวะ และการทดลองที่ 2 การพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวด้วยค่า GDD ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และกข - แม่โจ้ 2 ที่ปลูกแบบปักดำ ดังนั้นการเขียนสมมติฐานงานวิจัยจึงเขียนแยกตามการทดลองที่จะดำเนินการดังนี้

การทดลองที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนควบคุมสภาวะ ในการทดลองนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนการทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1.1: สมมติฐานงานวิจัยสำหรับการทดลองที่ 1.1 คือการเจริญเติบโตของกล้าข้าวที่เพาะในโรงเรือนควบคุมสภาวะโดยการจำลองฤดูหนาวมีการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่าการเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนแบบเปิดในฤดูแล้ง และมีวิธีการดำเนินงานทดลองดังนี้

- 1). การเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนควบคุมสภาวะโดยการจำลองฤดูหนาวซึ่งปัญหาการวิจัยที่เกษตรกรพบ
- 2). การเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนควบคุมสภาวะในฤดูแล้ง (Dry season)

การทดลองที่ 1.2: สมมติฐานงานวิจัยสำหรับการทดลองที่ 1.2 คือการเจริญเติบโตของกล้าข้าวที่เพาะในโรงเรือนควบคุมสภาวะโดยการจำลองฤดูหนาวร่วมกับให้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงการให้แสงมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกับการเพาะกล้าข้าวโรงเรือนแบบเปิดในฤดูแล้ง และมีวิธีการดำเนินงานทดลองดังนี้

- 1). การเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนควบคุมสภาวะโดยการจำลองฤดูหนาว ร่วมกับให้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงแสงในการเพาะกล้า
- 2). การเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนควบคุมสภาวะในฤดูแล้ง

การทดลองที่ 2: การพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวด้วยค่า GDD

สมมติฐานงานวิจัยสำหรับการทดลองที่ 2 คือสมบัติทางกายภาพ และคุณภาพการขัดสีของเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และกข - แม่โจ้ 2 จะมีความสัมพันธ์กับค่าอุณหภูมิความร้อนสะสม (GDD)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการการทดลอง

3.1 วัสดุพันธุ์พืช

ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 และข้าวเหนียวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 เป็นข้าวสปีชีส์ *Oryza sativa* ในกลุ่ม *Indica* ที่เหมาะแก่การปลูกในพื้นที่เขตร้อน ทำการปลูกแบบปักดำและเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ IoT

1). เซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศ (Weather station)

ข้อมูลจำเพาะของเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศ มีรายละเอียดดังนี้

ชื่อ	: Module Environment Sensor
ยี่ห้อ	: Misol
รุ่น	: WS2320
ผลิตในประเทศ	: จีน
ลักษณะการใช้งาน	: วัดค่าสภาพอากาศ
อุณหภูมิที่สามารถวัดได้ (°C)	: -40 – 60
ความชื้น (%)	: 10 – 99
ปริมาณน้ำฝน (mm)	: 0 – 9999
แสง (k Lux)	: 0 – 200
ความเร็วลม (m/s)	: 0 - 50
ขนาดของเครื่อง (กว้าง x ยาว x สูง) (m)	: 120 X 460 X 200
น้ำหนักเครื่อง (kg)	: 2.5

2). ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ข้อมูลจำเพาะของไมโครคอนโทรลเลอร์ มีรายละเอียดดังนี้

ชื่อ	: ไมโครคอนโทรลเลอร์
รุ่น	: ESP 8266
ลักษณะการใช้งาน	: เชื่อมต่อ WiFi และสามารถเขียนโปรแกรมลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้
ขนาดของไมโครคอนโทรลเลอร์ (กว้าง X ยาว X สูง) (mm)	: 51 X 23 X 8
พื้นที่จัดเก็บโปรแกรม (MB)	: 4

3). แผงโซลาเซลล์ (Solar part)

ข้อมูลจำเพาะของแผงโซลาเซลล์ มีรายละเอียดดังนี้

ชื่อ	: แผงโซลาเซลล์
ยี่ห้อ	: Full Solar
รุ่น	: F – 30 P
ผลิตในประเทศไทย	: ไทย
ลักษณะการใช้งาน	: ผลิตกระแสไฟ
ขนาดของไมโครคอนโทรลเลอร์ (กว้าง X ยาว X สูง) (cm)	: 47 X 54 X 2.5

4). เครื่องควบคุมกระแสไฟ (Solar charger)

ข้อมูลจำเพาะของเครื่องควบคุมกระแสไฟ มีรายละเอียดดังนี้

ชื่อ	: โซล่าชาร์จเจอร์
ยี่ห้อ	: SKU
รุ่น	: PWM 30A/20A/10A
ผลิตในประเทศไทย	: ไทย
ลักษณะการใช้งาน	: แปลงกระแสไฟ

5). แบตเตอรี่ (Battery)

ข้อมูลจำเพาะของแบตเตอรี่ มีรายละเอียดดังนี้

ชื่อ	: แบตเตอรี่
ยี่ห้อ	: Leoch
รุ่น	: DJW12-18 12V 18AH
ผลิตในประเทศ	: ไทย
ลักษณะการใช้งาน	: เก็บพลังงานไฟฟ้า
กำลังไฟ (V)	: 13.5 - 15
กระแสไฟ (A)	: 5.4
ขนาดของแบตเตอรี่ (กว้าง x ยาว x สูง) (cm)	: 6 x 15 x 15
น้ำหนักเครื่อง (kg)	: 2.5
น้ำหนักเครื่อง (kg)	: 2.5
อายุรับประกัน (เดือน)	: 20

3.2.2 อุปกรณ์อื่นๆ

1). โรงเรือนเพาะกล้าแบบเปิด

ข้อมูลจำเพาะของโรงเรือนเพาะกล้าแบบเปิด มีรายละเอียดดังนี้

ชื่อ	: โรงเรือนเพาะกล้า
รุ่น	: -
ผลิตในประเทศ	: ไทย
ลักษณะการใช้งาน	: เพาะกล้า
วิธีการรับความร้อน	: แสงอาทิตย์
วิธีการพาความร้อน	: แผ่ความร้อน
ขนาดของโรงเรือนเพาะกล้า (กว้าง x ยาว x สูง) (m)	: 2.5 X 2.5 X 2.5

2) โรงเรือนเพาะกล้าแบบควบคุมสภาวะ

ข้อมูลจำเพาะของโรงเรือนเพาะกล้าแบบควบคุมสภาวะ มีรายละเอียดดังนี้

ชื่อ	: โรงเรือนเพาะกล้า
รุ่น	: -
ผลิตในประเทศ	: ไทย
ลักษณะการใช้งาน	: เพาะกล้า
วิธีการรับความร้อน	: แสงหลอดไฟ
วิธีการพาความร้อน	: แผ่ความร้อน
อุณหภูมิที่ควบคุมได้ (°C)	: 16 - 30
ความชื้น (%)	: 55 - 85
เวลาการเปิดไฟ (ชั่วโมง)	: 0 - 24
คาร์บอนไดออกไซด์ (ppm)	: 400 - 2000
ขนาดของเรือนเพาะกล้า (กว้าง x ยาว x สูง) (m)	: 2 X 3 X 3

3). เครื่องชั่งดิจิตอล

ข้อมูลจำเพาะของเครื่องชั่งดิจิตอล มีรายละเอียดดังนี้

ชื่อ	: เครื่องชั่งดิจิตอล
ยี่ห้อ	: Sartorius
รุ่น	: CP3202S
ผลิตในประเทศ	: เยอรมนี
ลักษณะการใช้งาน	: ชั่งน้ำหนัก
ความละเอียดการแสดงผล (g)	: 0.01
น้ำหนักที่ชั่งได้สูงสุด (g)	: 3,200
ขนาดของเครื่องชั่งดิจิตอล (กว้าง x ยาว x สูง) (m)	: 0.213 x 0.34 x 0.08
น้ำหนักเครื่อง (kg)	: 4

4). ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

ข้อมูลจำเพาะของตู้อบลมร้อน มีรายละเอียดดังนี้

ชื่อ	: เตาอบลมร้อน
ยี่ห้อ	: Binder
รุ่น	: FD260
ผลิตในประเทศ	: เยอรมนี
ลักษณะการใช้งาน	: ให้ความร้อน
วิธีการทำความร้อน	: ฮีตเตอร์ (Heater)
วิธีการพาความร้อน	: แบบบังคับ (Forced Convection)
อุณหภูมิสูงสุด (°C)	: 300
ขนาดของตู้อบลมร้อน (กว้าง x ยาว x สูง) (m)	: 0.825 x 0.81 x 0.965
ขนาดภายในของตู้อบลมร้อน (กว้าง x ยาว x สูง) (m)	: 0.65 x 0.515 x 0.78
ขนาดการบรรจุ (kg)	: 259
น้ำหนักสูงสุดที่ได้รับได้ต่อชั้น (kg)	: 40

5). เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorption spectrophotometer)

ข้อมูลจำเพาะของเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง มีรายละเอียดดังนี้

ชื่อ	: เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง
ยี่ห้อ	: LCI
รุ่น	: LCI-SD
ผลิตในประเทศ	: ไทย
ลักษณะการใช้งาน	: วัดค่าแสง
น้ำหนักของเครื่อง (kg)	: 3

6). เครื่องสีข้าว (Rice milling machine)

ข้อมูลจำเพาะของเครื่องสีข้าว มีรายละเอียดดังนี้

ชื่อ	: เครื่องสีข้าว
ยี่ห้อ	: CLP
รุ่น	: CR-80 N1
ผลิตในประเทศ	: ไทย
ลักษณะการใช้งาน	: สีข้าว
ขนาดของเครื่องสีข้าว (กว้าง x ยาว x สูง) (m)	: 0.8 x 0.9 x 0.8
น้ำหนักของเครื่อง (kg)	: 120

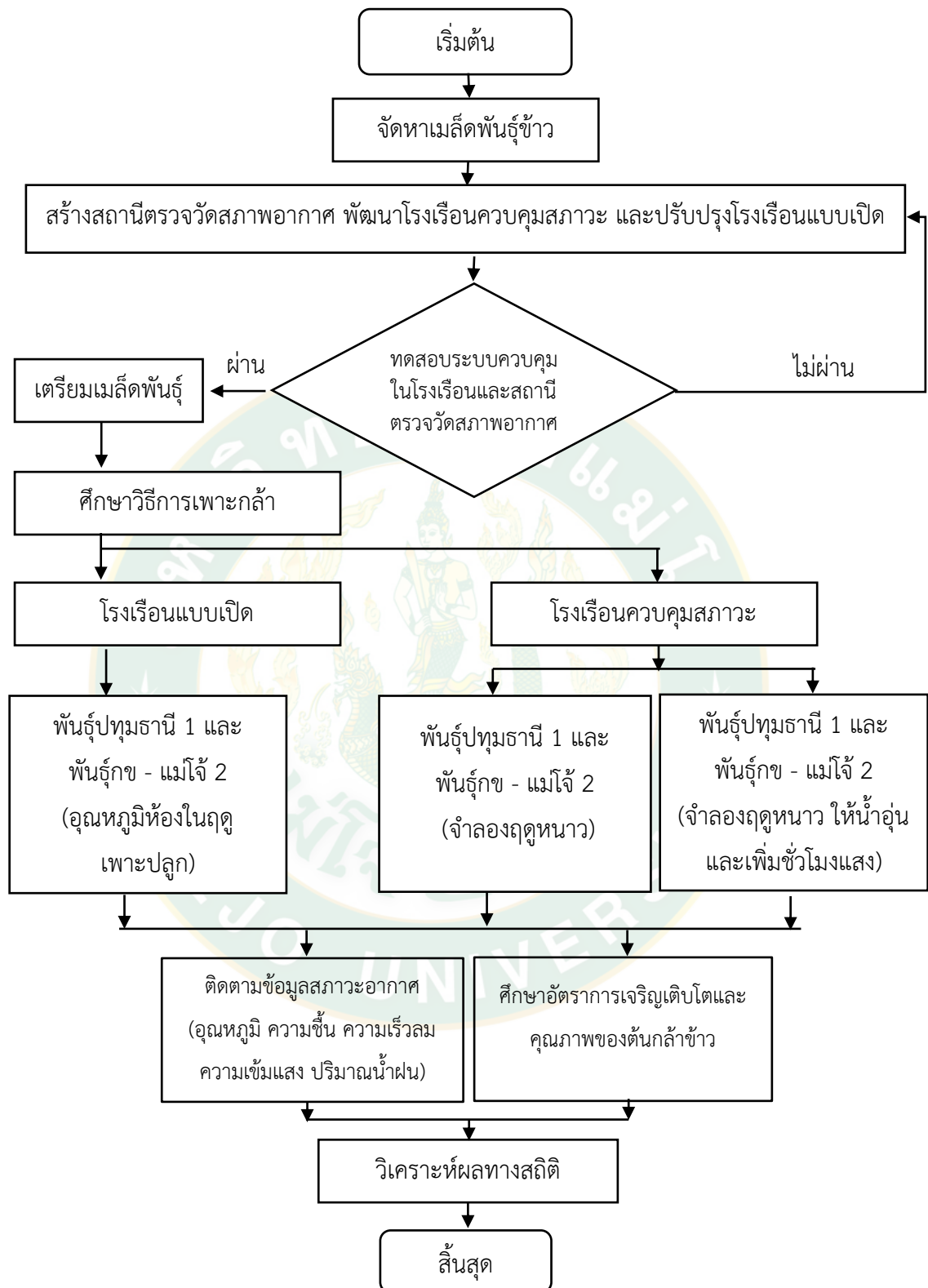
3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวในโรงเรือน

ควบคุมสภาวะ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์ของต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (ข้าวเจ้า) และพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 (ข้าวเหนียว) โดยทำการทดลองที่ศูนย์ความเป็นเลิศนวัตกรรมเกษตรสมัยใหม่หน่วยวิจัยสมาร์ทฟาร์ม และโซลูชันการเกษตร (Smart Farm and Agricultural Solution Research Unit) คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ มีแผนภูมิในการดำเนินงานดังแสดงในภาพที่ 6 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การจัดหาเมล็ดพันธุ์ข้าว เมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใช้ในการทดลองได้มาจากร้านสันติ-เจริญเกษตร ตำบลบ่อทอง อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลกในฤดูกาลเพาะปลูก 2564 (ภาพที่ 7) และสำหรับพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ได้มาจากหน่วยความเป็นเลิศด้านการปรับปรุงพันธุ์ข้าวมหาวิทยาลัยแม่โจ้ สาขาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในฤดูกาลเพาะปลูก 2564



ภาพที่ 6 แผนปฏิบัติการทดลองที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าว
ในโรงเรือนควบคุมสภาวะ



ภาพที่ 7 เมล็ดพันธุ์ข้าว พันธุ์ปทุมธานี 1

2) การพัฒนาโรงเรือนควบคุมสภาวะและทดสอบ โรงเรือนมีขนาด 2.5×3×3 เมตร (กว้าง×ยาว×สูง) (ภาพที่ 8) มีส่วนประกอบได้แก่ เครื่องปรับอากาศ เครื่องพ่นหมอก เครื่องเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เครื่องให้ปุ๋ย หลอดไฟสำหรับให้แสง โครงเหล็กฉาก 4 โครงขนาด 0.5×1.25×2 เมตร (กว้าง×ยาว×สูง) โดยโครงเหล็ก 1 โครงสามารถปลูกพืชได้ 3 ชั้น แต่ละชั้นมีขนาดเท่ากับ 0.5×1.25 เมตร (กว้าง×ยาว) และอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ



ภาพที่ 8 โรงเรือนควบคุมสภาวะ

3) การปรับปรุงโรงเรือนเพาะกล้าแบบเปิด (ภาพที่ 9) โรงเรือนมีขนาด 2.5×2.5×2.5 เมตร (กว้าง×ยาว×สูง) หุ้มด้วยตาข่ายกันแมลงทุกด้าน ชั้นปลูกขนาด 0.6×2.5×0.8 เมตร (กว้าง×ยาว×สูง)

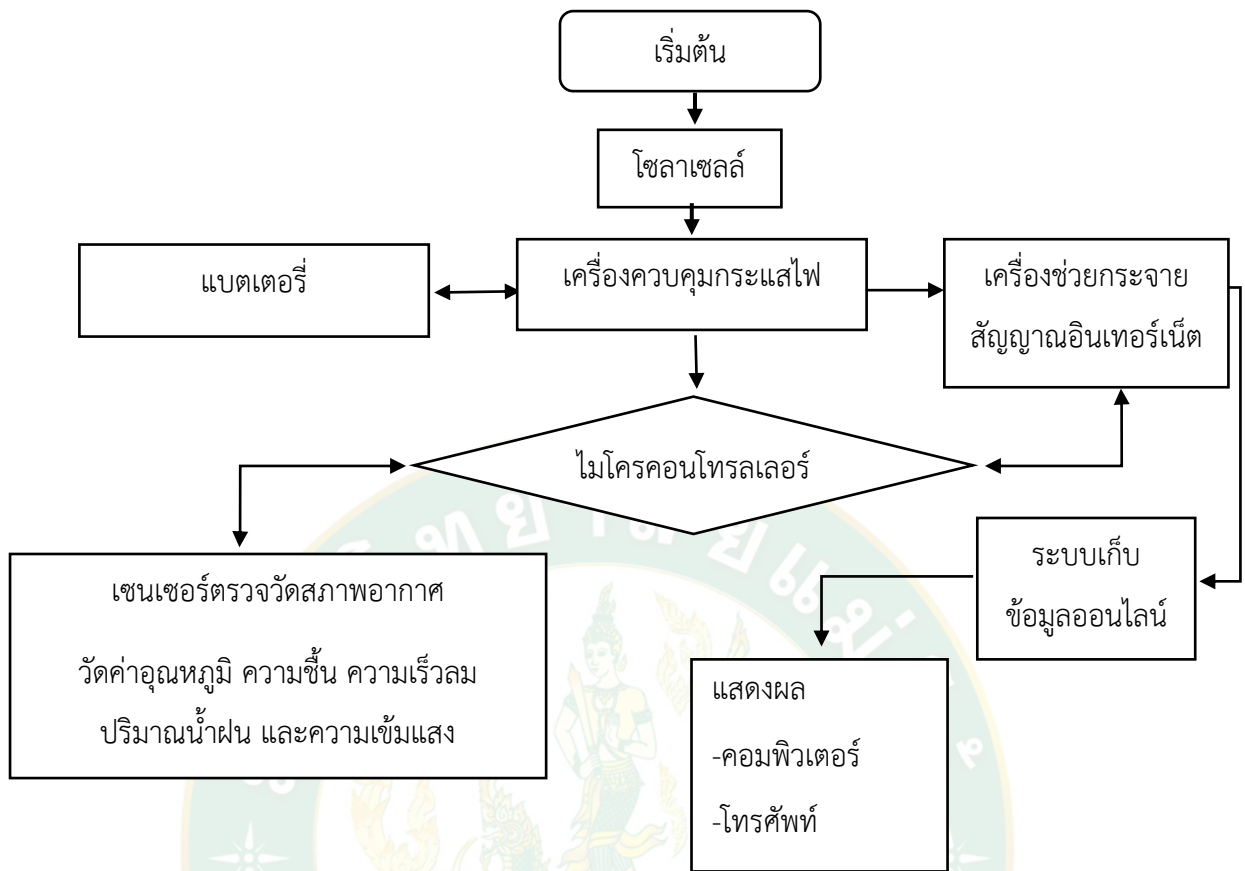


ภาพที่ 9 โรงเรือนเพาะกล้าแบบเปิด

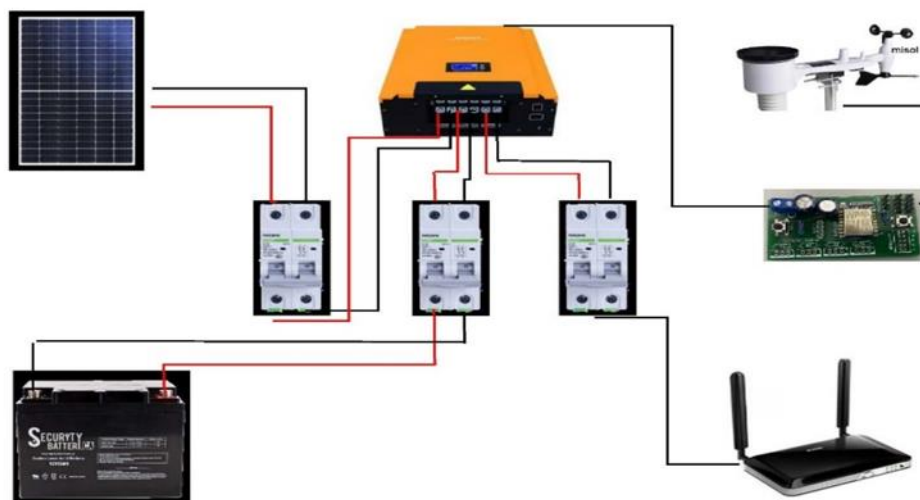
4) การสร้าง ติดตั้งและทดสอบสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ (ภาพที่ 10) โปรแกรมสำหรับควบคุมสถานีตรวจวัดสภาพอากาศเขียนด้วยซอฟต์แวร์ Arduino IDE ภาษาที่ใช้พัฒนาคือภาษา C และ C++ สัญญาณจากตัวเซนเซอร์เป็นสัญญาณอนาล็อก (Analog signal) ต่อเข้ากับขา A0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 มีส่วนประกอบของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศได้แก่ เซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศ แผงโซลาร์เซลล์ เครื่องควบคุมกระแสไฟ แบตเตอรี่ เครื่องช่วยกระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ต โดยแสดงขั้นตอนการทำงานและการต่อวงจรของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศในภาพที่ 11 และ 12 ตามลำดับ



ภาพที่ 10 สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ (Weather station)



ภาพที่ 11 การทำงานของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ



ภาพที่ 12 การต่อวงจรของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ

5) การเตรียมเมล็ดพันธุ์ นำเมล็ดข้าวเปลือกทั้ง 2 พันธุ์มาทำความสะอาดโดยแช่น้ำ แล้วนำสิ่งเจือปนและเมล็ดลีบที่ลอยน้ำออก หลังจากนั้นแช่ข้าวไว้ในน้ำ 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 การเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวในการทดลองที่ 1

(1) แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในน้ำ (2) แยกสิ่งเจือปนและเมล็ดลีบที่ลอยน้ำออก

(3) แช่เมล็ดข้าวเปลือกสมบูรณ์ไว้ในน้ำ 24 ชั่วโมง

6) การศึกษาวิธีการเพาะกล้า (ภาพที่ 14) การเพาะกล้าข้าว 2 พันธุ์ ได้แก่ ปทุมธานี 1 และ กข - แม่โจ้ 2 และการศึกษาวิธีการเพาะกล้า 3 วิธี ได้แก่ การเพาะกล้าในโรงเรือนแบบเปิดโดยให้น้ำอุณหภูมิห้อง การเพาะกล้าในโรงเรือนควบคุมสภาวะ (18-22 °C) แช่กล้าข้าวใช้น้ำอุณหภูมิ 16-20 °C และให้แสง 7 ชั่วโมงต่อวัน และการเพาะกล้าในโรงเรือนควบคุมสภาวะ (18-22 °C) แช่กล้าข้าวใช้น้ำอุณหภูมิ 25-30 °C วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2 x 3 ทำการทดลอง 3 ครั้ง ในแต่ละซ้ำการเพาะกล้าทั้งสามวิธีให้นำต้นกล้าข้าวจากข้อ 5) มาโรยใส่ในถาดเพาะขนาด 30 x 60 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว) (เมล็ดข้าว 200 กรัม ต่อถาด) แล้วบ่มเมล็ดข้าวด้วยการคลุมด้วยผ้าใบพลาสติกเป็นเวลาประมาณ 48 ชั่วโมง และนำถาดเพาะไปแช่น้ำเป็นเวลา 15 วัน ในทุกวันวัดอุณหภูมิ ความชื้นอากาศ ความเร็วลม ความเข้มแสง ปริมาณน้ำฝน ส่วนการวัดอัตราการเจริญเติบโต และคุณภาพของต้นกล้าข้าว (ความสูงต้นกล้า ความยาวราก น้ำหนักแห้ง และปริมาณคลอโรฟิลล์)



ภาพที่ 14 การเพาะกล้าข้าว

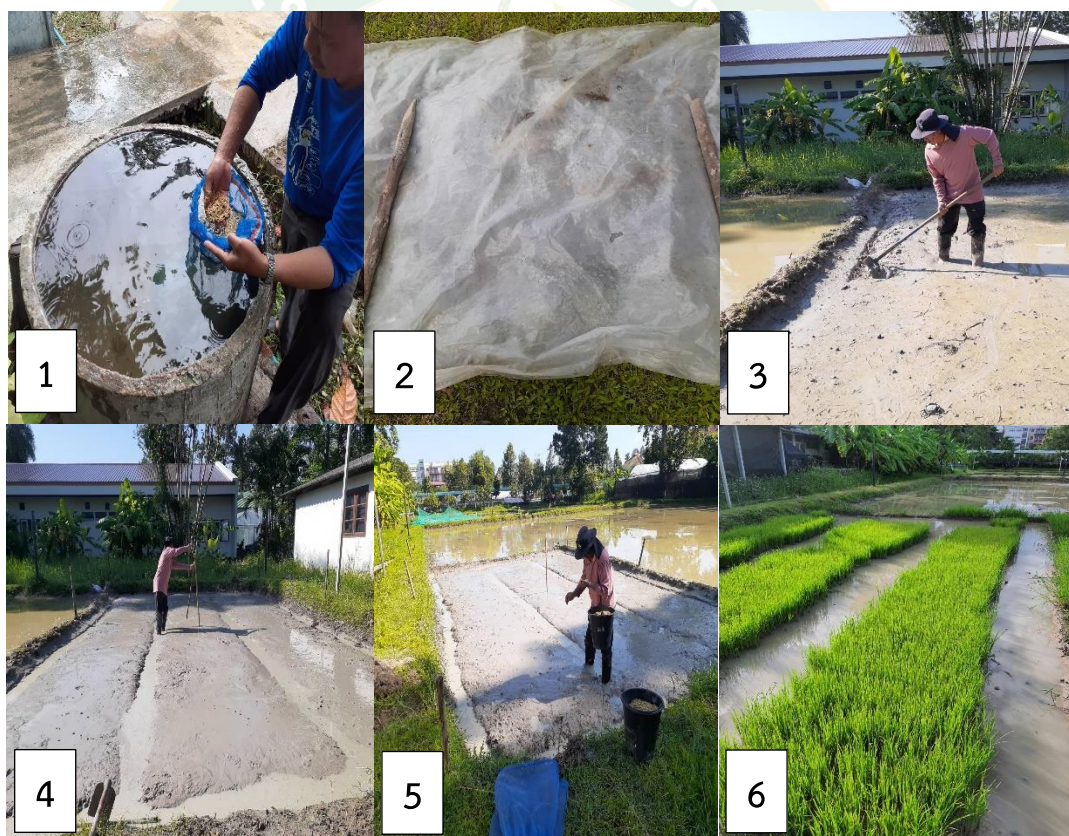
- (1) โรยเมล็ดข้าว 200 กรัม ต่อถาด (2) ป่มข้าวเป็นเวลา 48 ชั่วโมง
 (3) นำถาดเพาะไปแช่น้ำเป็นเวลา 15 วัน

7) การวิเคราะห์ผล ทดสอบความแตกต่างของวิธีการเพาะกล้าและพันธุ์ข้าวด้วยค่าสถิติ F-test ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หากพบว่ามีความสำคัญทางสถิติจะทดสอบต่อเนื่องด้วยวิธีการทดสอบแบบจับคู่พหุคูณ (Multiple comparison test) ด้วยวิธี Duncan โดยใช้โปรแกรม SPSS Version 29

3.3.2 การทดลองที่ 2 การพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวด้วยค่า GDD

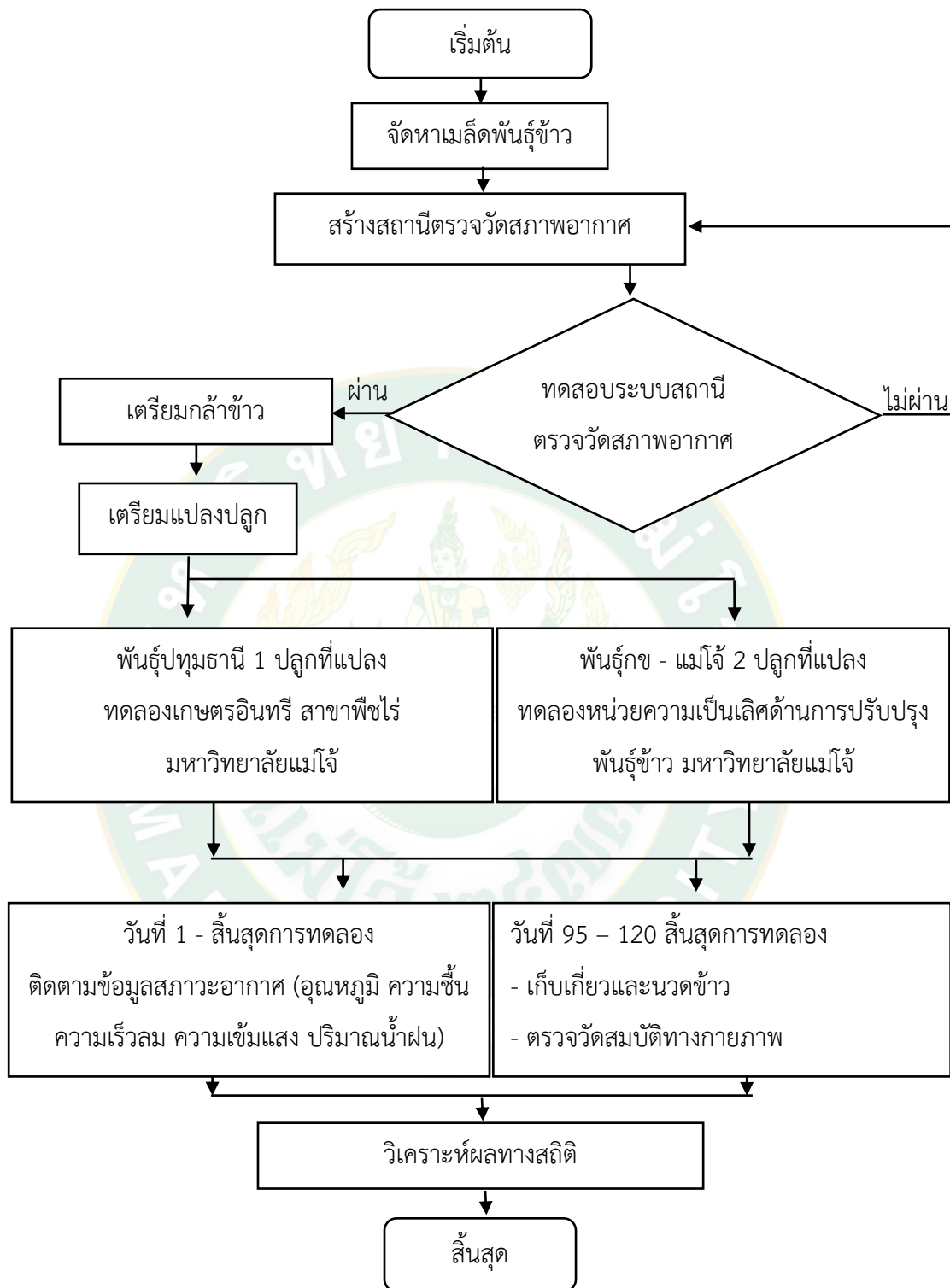
ในการศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวจากอุณหภูมิความร้อนสะสมของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (ข้าวเจ้า) และพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 (ข้าวเหนียว) ที่ปลูกแบบปักดำดังแสดงแผนภูมิการดำเนินงานในภาพที่ 16 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) การจัดหาเมล็ดพันธุ์ข้าว ดำเนินการเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 1
- 2) การติดตั้งสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ ดำเนินการเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 1
- 3) การเตรียมกล้าข้าว นำเมล็ดพันธุ์ข้าว 2 พันธุ์มาทำความสะอาดโดยแช่น้ำ แล้วนำสิ่งเจือปนและเมล็ดลีบที่ลอยน้ำออก แช่ข้าวไว้ในน้ำ 24 ชั่วโมง ทำการบ่ม 48 ชั่วโมง และทำการตากกล้าไว้ 30-45 วัน (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 15 การเตรียมกล้าข้าว

- (1) แช่เมล็ดข้าวในน้ำ 24 ชั่วโมง (2) ทำการบ่ม 48 ชั่วโมง (3) เตรียมแปลงตกกล้า (4) แปลงตกกล้า
- (5) โรยเมล็ดในแปลงตกกล้า (6) ตกกล้าเป็นเวลา 30 วัน



ภาพที่ 16 แผนภูมิการทดลองที่ 2 การพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวด้วยค่า GDD

4) การเตรียมแปลงปลูก มีขั้นตอนได้แก่ การไถตะ หรือการไถครั้งแรกเพื่อพลิกหน้าดินกำจัดวัชพืช การไถแปร หรือการไถครั้งที่สองโดยไถขวางแนวไถครั้งแรกเพื่อย่อยดิน ทดน้ำเข้าแปลง ไถคราด หรือครั้งที่ 3 เพื่อย่อยดินและกำจัดวัชพืชแมลงศัตรูพืช เช่นหญ้า และหอยเชอรี่ (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 17 การเตรียมแปลงปลูก ที่สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

5) การศึกษาอุณหภูมิความร้อนสะสมของข้าว 2 พันธุ์ ได้แก่ ปทุมธานี 1 ปลูกที่แปลงทดลอง เกษตรอินทรีย์ สาขาพืชไร่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ขนาดของแปลงทดลอง 400x400 เมตร และพันธุ์ข - แม่โจ้ 2 ปลูกที่แปลงทดลองของหน่วยความเป็นเลิศด้านการปรับปรุงพันธุ์ข้าว มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สาขาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ขนาดของแปลงทดลอง 20x40 เมตร โดยการศึกษทั้ง 2 พันธุ์ทำการปลูกแบบปักดำ มีระยะระหว่างต้นและระยะระหว่างแถวอยู่ที่ 25x25 เซนติเมตร (ภาพที่ 18) ในทุกวันวัดอุณหภูมิ ความชื้นอากาศ ความเร็วลม ความเข้มแสง ปริมาณน้ำฝน



ภาพที่ 18 การปักดำกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

6) การศึกษาสมบัติทางกายภาพและคุณภาพการขัดสีของข้าว 2 พันธุ์ สุ่มเก็บตัวอย่างข้าวจำนวน 3 ซ้ำจากแปลงนาทดสอบในพื้นที่ 1x1 เมตรโดยใช้มือเก็บเกี่ยวข้าวเป็นการป้องกันไม่ให้เมล็ดข้าวเปลือกสูญเสียเนื่องจากการเก็บเกี่ยว แล้วทำการนวดและทำความสะอาด จากนั้นนำไปลดความชื้นก่อนนำไปสีตามวิธีการของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องสีข้าวขนาดเล็ก มอก.888 – 2532 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532) และหาคุณภาพการขัดสีด้วยวิธีตามมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 4004-2560 (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2560)

7) การวิเคราะห์ผล ทดสอบความแตกต่างของ GDD ด้วยค่าสถิติ F-test ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หากพบว่ามีความสำคัญทางสถิติจะทดสอบต่อเนื่องด้วยวิธีการทดสอบแบบจับคู่พหุคูณ (Multiple comparison test) ด้วยวิธี Duncan โดยใช้โปรแกรม SPSS Version 29

8) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเชิงเดี่ยว (Simple linear regression analysis) ระหว่างวันเก็บเกี่ยวกับ GDD เพื่อพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าว โดยใช้โปรแกรม SPSS Version 29



บทที่ 4

ผลและการวิจารณ์ผล

4.1 ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนควบคุมสภาวะ

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนควบคุมสภาวะของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และ กข - แม่โจ้ 2 ในถาดเพาะขนาด 30x60 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว) เป็นเวลา 15 วัน โดยทำการศึกษาวีธีการเพาะกล้า 3 วิธีได้แก่

1. โรงเรือนเพาะกล้าแบบเปิด ใช้แสงและอุณหภูมิธรรมชาติ ในเดือนตุลาคม 2565 (ภาพที่ 19) ทำการวัดอุณหภูมิอากาศ (Air temperature; °C) ความชื้นอากาศ (Humidity; %) ความเร็วลม (Wind speed; km/h) ความกดอากาศ (Pressure; hPa) ความเข้มแสง (Light; lux) ทิศทางลม (Wind direction) และปริมาณน้ำฝน (Rain) ด้วยสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ (Weather station) เป็นเวลา 15 วัน ตั้งแต่วันที่ 19 กันยายนถึง 3 ตุลาคม 2565 ข้อมูลแสดงในตารางที่ ข.1



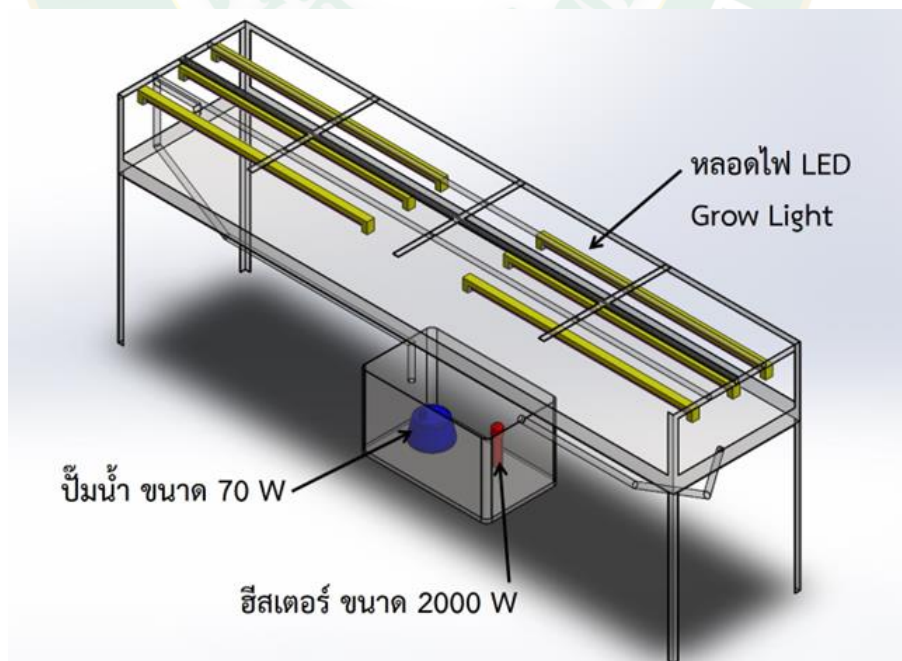
ภาพที่ 19 โรงเรือนเพาะกล้าแบบเปิด

2. โรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพฤดูหนาว ด้วยการปรับอุณหภูมิห้องด้วยเครื่องปรับอากาศ ให้มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 18-22 °C และให้แสงโดยใช้หลอด LED Grow light เป็นเวลา 7 ชั่วโมงต่อวัน (ภาพที่ 20)



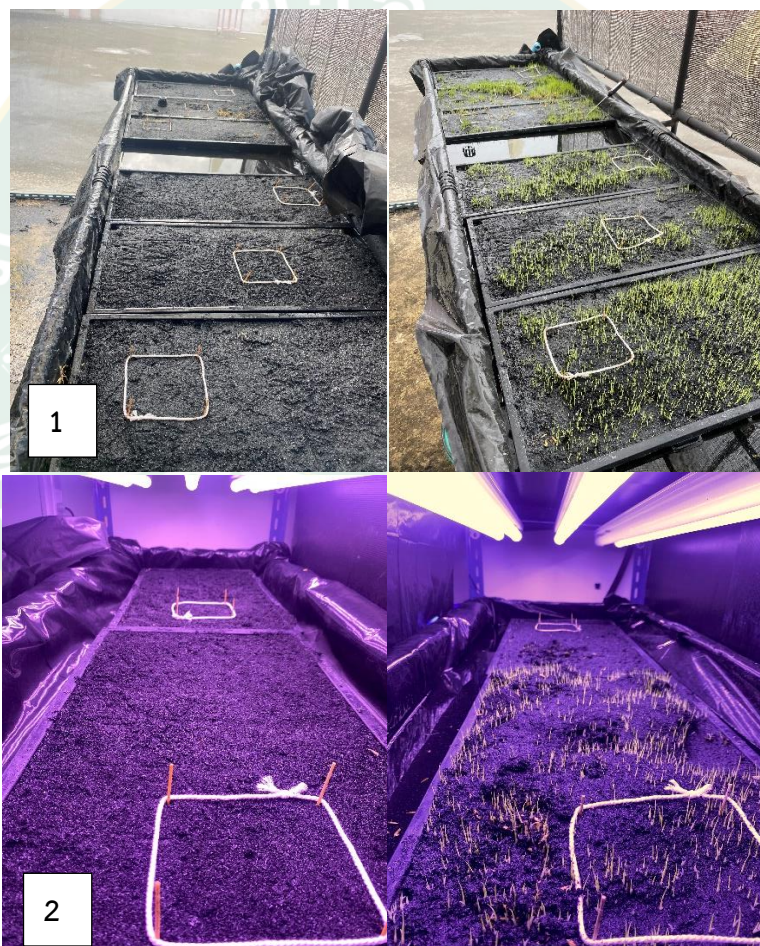
ภาพที่ 20 โรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพฤดูหนาว

3. โรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพฤดูหนาว โดยมีการปรับสภาวะให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวในฤดูหนาว โดยใช้ น้ำอุ่นบริเวณรากและเพิ่มชั่วโมงแสง ด้วยฮีสเตอร์แห่งทำความร้อน ปรับอุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วงระหว่าง 25-30 °C และให้แสงด้วยหลอด LED Glow light เป็นเวลา 10 ชั่วโมงต่อวัน (ภาพที่ 21)



ภาพที่ 21 การติดตั้งฮีสเตอร์ ปั๊มน้ำ และหลอด LED Glow light เพิ่มในโรงเรือนควบคุมสภาวะ

การตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวทั้งสองพันธุ์โดยทำการนับจำนวนเมล็ดข้าวที่งอกพบว่า มีเปอร์เซ็นต์การงอก 100% ทั้ง 3 สภาวะ แต่เมล็ดข้าวที่เพาะในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพฤดูหนาว จะงอกช้ากว่าในสภาวะโรงเรือนแบบเปิด และโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาวที่มีการใช้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงการให้แสง โดยเมล็ดข้าวที่เพาะในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพอากาศหนาวจะมีเปอร์เซ็นต์การงอก 80% ในวันที่ 2 หลังจากผ่านระยะการบ่มข้าว และจะมีเปอร์เซ็นต์การงอกถึง 100% หลังจากผ่านระยะการบ่มข้าวแล้ว 3 วัน ในขณะที่เมล็ดข้าวในโรงเรือนแบบเปิด และโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการใช้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงการให้แสง จะมีเปอร์เซ็นต์การงอกถึง 100 % ในวันที่ 2 หลังจากผ่านระยะการบ่มข้าว (ภาพที่ 22 และ ตารางที่ 3)



ภาพที่ 22 การวัดอัตราการงอกและอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าว
(1) ในสภาวะโรงเรือนแบบเปิด (2) ในโรงเรือนควบคุมสภาวะ

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์การงอกและระยะเวลาหลังจากการบ่มเมล็ดของข้าวสภาวะต่าง ๆ

สภาวะ	พันธุ์	เปอร์เซ็นต์การงอก	ระยะเวลาการบ่ม
โรงเรือนแบบเปิด	พันธุ์ปทุมธานี 1	100	2 วัน
	กข - แม่โจ้ 2	100	2 วัน
โรงเรือนควบคุมสภาวะ (จำลองฤดูหนาว)	พันธุ์ปทุมธานี 1	100	3 วัน
	กข - แม่โจ้ 2	100	3 วัน
โรงเรือนควบคุมสภาวะ (จำลองฤดูหนาว ให้น้ำอุ่น และเพิ่มชั่วโมงแสง)	พันธุ์ปทุมธานี 1	100	2 วัน
	กข - แม่โจ้ 2	100	2 วัน

การวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโดยสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูงของต้นกล้าข้าวกับวันที่ทำการเพาะวันที่ 1 ถึงวันที่ 15 และความยาวรากกับวันที่ทำการเพาะวันที่ 1 ถึงวันที่ 15 ได้สมการตัวแทนการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวดังสมการ (13)

$$y = mx + c \quad (13)$$

โดยที่

$$y = \text{ความสูงต้นกล้าและความยาวราก (mm)}$$

$$m = \text{ความชันของกราฟ (Slope) หรืออัตราการเจริญเติบโต (mm/day)}$$

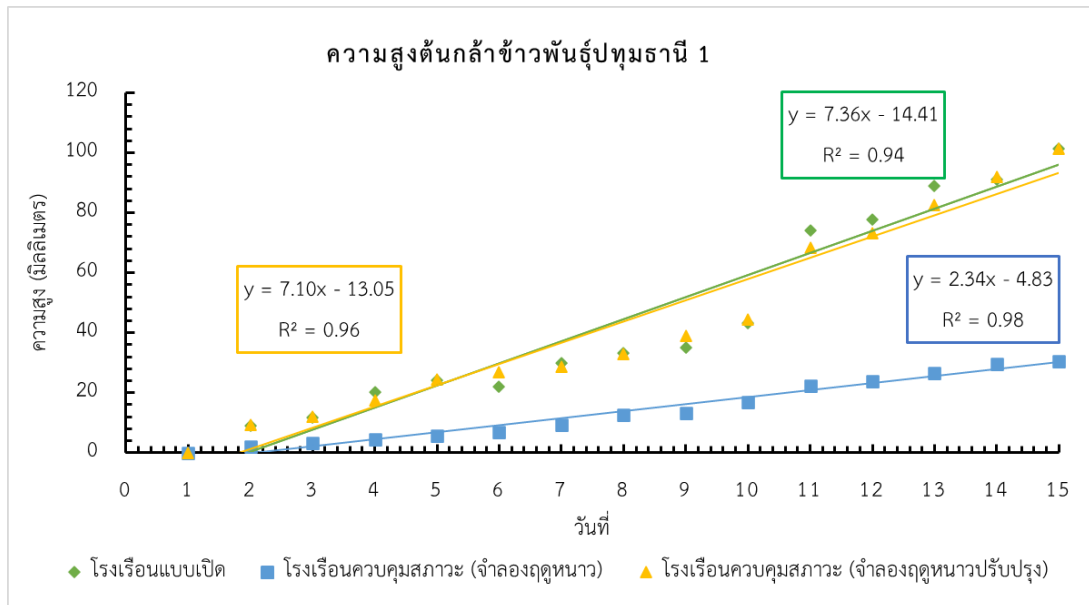
$$x = \text{วันที่ทำการเพาะ (day)}$$

$$c = \text{จุดตัดบนแกน y}$$

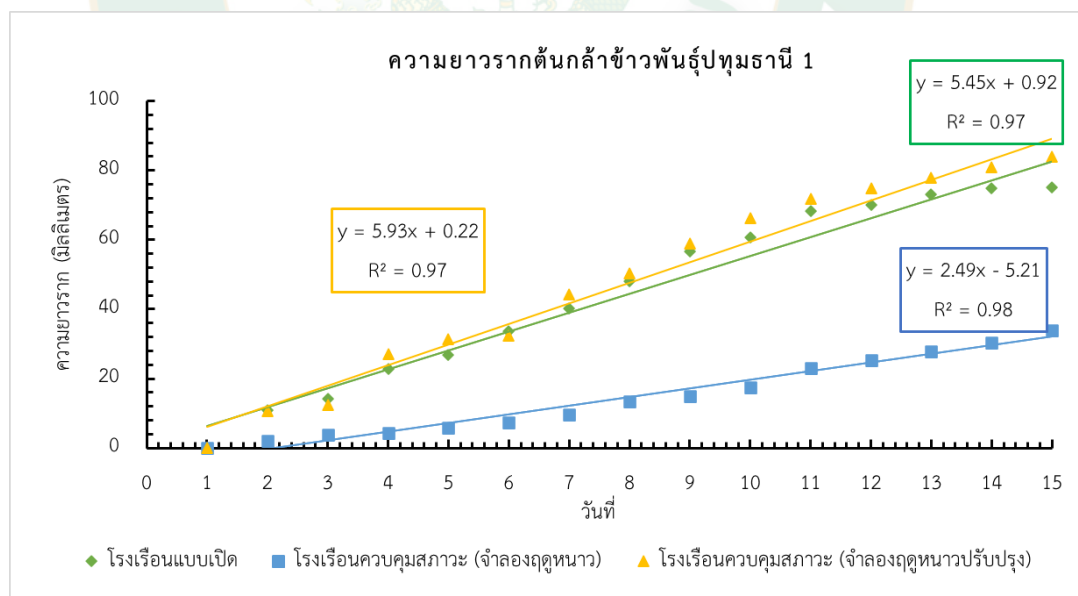
ภาพที่ 23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 กับวันที่ทำการเพาะวันที่ 1 ถึงวันที่ 15 หลังจากผ่านขั้นตอนการบ่มแล้ว โดยทำการเพาะกล้าข้าวทั้ง 3 สภาวะ คือ โรงเรือนแบบเปิด โรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาว และโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาวที่มีการใช้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงการให้แสง ซึ่งให้เห็นว่าเมื่อเพาะในโรงเรือนแบบเปิดได้สมการตัวแทนการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นกล้า คือ $y = 7.36x - 14.41$ มีค่า $R^2 = 0.94$ ในโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาวได้สมการเป็น $y = 2.34x - 4.83$ มีค่า $R^2 = 0.98$ และในโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาวที่มีการใช้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงการให้แสงได้สมการเป็น $y = 7.10x - 13.05$ มีค่า $R^2 = 0.96$ จากสมการตัวแทนที่ได้จากทั้ง 3 สภาวะพบว่า ค่าความชันของสมการเส้นตรง คือ อัตราการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นกล้า

ภาพที่ 24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวรากของต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 กับวันที่ทำการเพาะวันที่ 1 ถึงวันที่ 15 โดยทำการเพาะกล้าข้าวทั้ง 3 สภาวะ ซึ่งให้เห็นว่าเมื่อเพาะในโรงเรือนแบบเปิดได้สมการตัวแทนการเจริญเติบโตทางด้านความยาวราก คือ $y = 5.45x + 0.92$ มีค่า $R^2 = 0.97$ ในโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาวได้สมการเป็น $y = 2.49x - 5.21$ มีค่า $R^2 = 0.98$ และในโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาวที่มีการใช้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงการให้แสงได้สมการเป็น

$y = 5.93x + 0.22$ มีค่า $R^2 = 0.97$ จากสมการตัวแทนที่ได้จากทั้ง 3 สภาวะพบว่า ค่าความชันของสมการเส้นตรง คือ อัตราการเจริญเติบโตทางด้านความยาวราก (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 23 ความสูงของต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในระยะต้นกล้าวันที่ 1-15 เมื่อเพาะในสภาวะต่าง ๆ

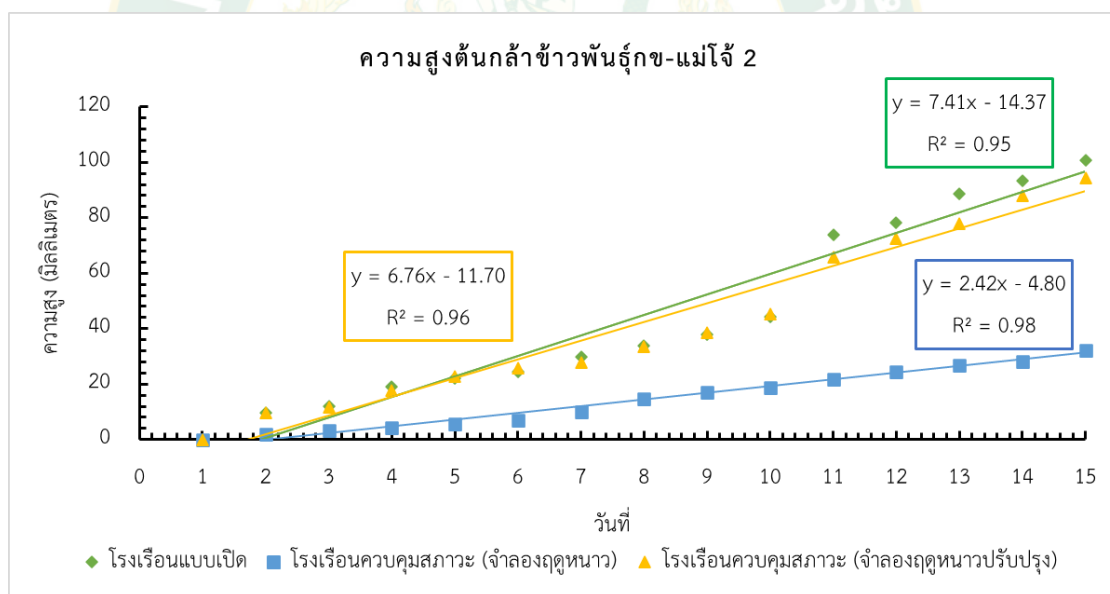


ภาพที่ 24 ความยาวรากของต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในระยะต้นกล้าวันที่ 1 - 15 เมื่อเพาะในสภาวะต่าง ๆ

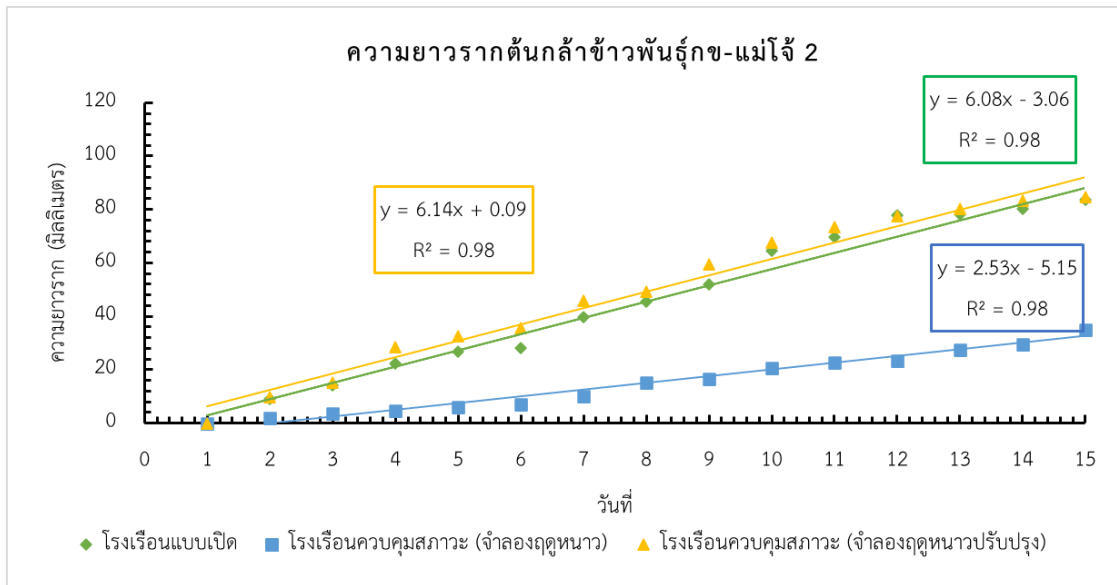
ภาพที่ 25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นกล้าข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 กับวันที่ทำการเพาะวันที่ 1 ถึงวันที่ 15 หลังจากผ่านขั้นตอนการบ่มแล้ว โดยทำการเพาะกล้าข้าวทั้ง 3 สภาวะ

ชี้ให้เห็นว่าเมื่อเพาะในโรงเรือนแบบเปิดได้สมการตัวแทนการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้น คือ $y = 7.41x - 14.37$ มีค่า $R^2 = 0.95$ ในโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาวได้สมการเป็น $y = 2.42x - 4.80$ มีค่า $R^2 = 0.98$ และในโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาวที่มีการใช้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงการให้แสงได้สมการเป็น $y = 6.76x - 11.70$ มีค่า $R^2 = 0.96$ จากสมการตัวแทนที่ได้จากทั้ง 3 สภาวะพบว่า ค่าความชันของสมการเส้นตรง คือ อัตราการเจริญเติบโตของความสูงของต้นกล้า

ภาพที่ 26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวรากของต้นกล้าข้าวพันธุ์ข - แม่โจ้ 2 กับวันที่ทำการเพาะวันที่ 1 ถึงวันที่ 15 โดยทำการเพาะกล้าข้าวทั้ง 3 สภาวะ ชี้ให้เห็นว่าเมื่อเพาะในโรงเรือนแบบเปิดได้สมการตัวแทนการเจริญเติบโตทางด้านความยาวราก คือ $y = 6.08x - 3.06$ มีค่า $R^2 = 0.98$ ในโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาวได้สมการเป็น $y = 2.53x - 5.15$ มีค่า $R^2 = 0.98$ และในโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาวที่มีการใช้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงการให้แสงได้สมการเป็น $y = 6.14x + 0.09$ มีค่า $R^2 = 0.98$ จากสมการตัวแทนที่ได้จากทั้ง 3 สภาวะพบว่า ค่าความชันของสมการเส้นตรง คือ อัตราการเจริญเติบโตของความยาวราก (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 25 ความสูงของต้นกล้าข้าวพันธุ์ข - แม่โจ้ 2 ในระยะต้นกล้าวันที่ 1 - 15
เมื่อเพาะในสภาวะต่าง ๆ



ภาพที่ 26 ความยาวของต้นกล้าข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ในระยะต้นกล้าวันที่ 1 - 15
เมื่อเพาะในสภาวะต่าง ๆ

ตารางที่ 4 แสดงอัตราการเจริญเติบโตทางด้านความสูงต้นและความยาวรากของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และกข - แม่โจ้ 2 ในระยะต้นกล้าวันที่ 1 - 15 วัน

สภาวะที่ต้นกล้าข้าว เจริญเติบโต	อัตราความสูงต้นกล้า (mm/day)		อัตราความยาวราก (mm/day)	
	พันธุ์ปทุมธานี 1	พันธุ์ กข - แม่โจ้ 2	พันธุ์ปทุมธานี 1	พันธุ์ กข - แม่โจ้ 2
โรงเรือนแบบเปิด (อุณหภูมิห้อง)	7.36	7.41	5.45	6.08
โรงเรือนควบคุมสภาวะ (จำลองฤดูหนาว)	2.34	2.42	2.49	2.53
โรงเรือนควบคุมสภาวะ (จำลองฤดูหนาว ให้น้ำอุ่น และเพิ่มชั่วโมงแสง)	7.10	6.76	5.93	6.14

เมื่อเก็บตัวอย่างต้นกล้าข้าวทั้งสองพันธุ์ที่อายุ 15 วัน จำนวน 30 ต้น (ภาพที่ 27) ในแต่ละสภาวะ ทำการวัดการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้น ความยาวราก น้ำหนักสด และนำไปอบเพื่อวัดน้ำหนักแห้ง รวมถึงการวิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุที่จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช



ภาพที่ 27 ต้นกล้าข้าวที่เพาะในโรงเรือนแบบเปิดและในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพฤดูหนาว

ผลการศึกษการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่อายุ 15 วัน ทั้ง 3 สภาวะ พบว่า ต้นกล้าข้าวมีความสูงของต้น น้ำหนักสด รวมถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และแคโรทีนอยด์ มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้ง 3 สภาวะ พบว่าการเพาะกล้าข้าวในสภาพโรงเรือนแบบเปิดมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ต้นกล้าข้าวที่เพาะในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการใช้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงการให้แสง โดยต้นกล้าข้าวที่เพาะในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพฤดูหนาวมีค่าต่ำที่สุด (ตารางที่ 5)

ส่วนความยาวของรากต้นกล้าข้าวปทุมธานี 1 ที่เพาะปลูกในสภาวะโรงเรือนแบบเปิดและในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการใช้น้ำอุ่นบริเวณรากและเพิ่มจำนวนชั่วโมงการให้แสง มีความยาวของรากไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ความยาวรากของต้นกล้าข้าวที่เจริญเติบโตในโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองสภาพฤดูหนาวมีความยาวน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อนำต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ไปอบเพื่อหาน้ำหนักแห้งพบว่า ต้นกล้าข้าวที่เจริญเติบโตในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการใช้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงการให้แสงมีน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างจากการเพาะในโรงเรือนแบบเปิด ในขณะที่ต้นกล้าข้าวที่เพาะในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพฤดูหนาวที่อายุเท่ากันมีน้ำหนักแห้งน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่เพาะในสภาวะต่างๆ

สภาวะที่ต้นกล้าข้าว เจริญเติบโต	ค่าที่ทำการวัด						แคโรทีน นอยด์ ($\mu\text{g/ml}$)
	ความสูงต้น (mm)	ความยาวราก (mm)	น้ำหนัก สด (g)	น้ำหนัก แห้ง (g)	คลอโรฟิลล์ เอ ($\mu\text{g/ml}$)	คลอโรฟิลล์ บี ($\mu\text{g/ml}$)	
โรงเรือนแบบเปิด (อุณหภูมิห้อง)	113.06 \pm 2.93 ^a	63.74 \pm 4.31 ^a	19.89 \pm 0.25 ^a	0.10 \pm 0.01 ^a	9.33 \pm 0.11 ^a	2.63 \pm 0.05 ^a	795.51 \pm 7.86 ^a
โรงเรือนควบคุมสภาวะ (จำลองฤดูหนาว)	35.06 \pm 0.83 ^b	35.64 \pm 0.86 ^b	17.76 \pm 0.45 ^b	0.04 \pm 0.01 ^b	1.62 \pm 0.02 ^c	0.54 \pm 0.02 ^c	174.65 \pm 2.73 ^c
โรงเรือนควบคุมสภาวะ (จำลองฤดูหนาว ให้น้ำอุ่น และเพิ่มชั่วโมงแสง)	107.86 \pm 2.14 ^a	70.09 \pm 6.50 ^a	19.17 \pm 0.17 ^a	0.10 \pm 0.01 ^a	7.72 \pm 0.09 ^b	2.01 \pm 0.04 ^b	692.75 \pm 11.70 ^b

หมายเหตุ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานคำนวณจากขนาดตัวอย่างที่ $n=30$, ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดย 1 ซ้ำ ใช้ 10 ตัวอย่าง ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P<0.05$ เมื่อทดสอบด้วยวิธี Duncan โดยโปรแกรม SPSS Version 29

ผลการศึกษการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวพันธุ์กข - แมโจ 2 ที่อายุ 15 วัน ทั้ง 3 สภาวะ พบว่าต้นกล้าข้าวมีความสูง และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และแคโรทีนอยด์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 3 สภาวะ โดยพบว่าการเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนแบบเปิดมีความสูงและปริมาณรงควัตถุสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชมากที่สุด รองลงมาคือ ต้นกล้าข้าวที่เพาะในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการให้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงการให้แสง โดยต้นกล้าข้าวที่เพาะในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพฤดูหนาวมีค่าน้อยที่สุด (ตารางที่ 6)

ส่วนการศึกษาความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าวพันธุ์กข - แมโจ 2 พบว่าการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่เพาะในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการให้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงการให้แสงไม่แตกต่างจากการเพาะในโรงเรือนแบบเปิด ในขณะที่ต้นกล้าข้าวที่เพาะในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพฤดูหนาวมีความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ที่เพาะในสภาวะต่างๆ

สภาวะที่ต้นกล้าข้าว เจริญเติบโต	ค่าที่ทำการวัด						แคโรที นอยด์ ($\mu\text{g/ml}$)
	ความสูงต้น (mm)	ความยาวราก (mm)	น้ำหนัก สด (g)	น้ำหนัก แห้ง (g)	คลอโรฟิลล์ เอ ($\mu\text{g/ml}$)	คลอโรฟิลล์ บี ($\mu\text{g/ml}$)	
โรงเรือนแบบเปิด (อุณหภูมิห้อง)	113.39 \pm 1.11 ^a	72.33 \pm 8.17 ^a	18.24 \pm 0.15 ^a	0.09 \pm 0.01 ^a	7.94 \pm 0.02 ^a	2.21 \pm 0.02 ^a	692.20 \pm 2.08 ^a
โรงเรือนควบคุมสภาวะ (จำลองฤดูหนาว)	37.32 \pm 1.29 ^c	37.63 \pm 1.78 ^b	17.55 \pm 0.26 ^b	0.02 \pm 0.01 ^b	1.89 \pm 0.02 ^c	0.64 \pm 0.03 ^c	210.60 \pm 2.26 ^c
โรงเรือนควบคุมสภาวะ (จำลองฤดูหนาว ให้น้ำอุ่น และเพิ่มชั่วโมงแสง)	104.34 \pm 1.32 ^b	68.36 \pm 2.60 ^a	18.11 \pm 0.12 ^a	0.09 \pm 0.01 ^a	6.49 \pm 0.09 ^b	1.69 \pm 0.04 ^b	667.59 \pm 8.66 ^b

หมายเหตุ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานคำนวณจากขนาดตัวอย่างที่ $n=30$, ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดย 1 ซ้ำ ใช้ 10 ตัวอย่าง ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P<0.05$ เมื่อทดสอบด้วยวิธี Duncan โดยโปรแกรม SPSS Version 29

อุณหภูมิและแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช จากผลการทดลองเปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ทั้ง 3 สภาวะ คือ ในโรงเรือนเพาะกล้าแบบเปิด โรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพฤดูหนาว และโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาวที่มีการให้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงการให้แสง พบว่า เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ เป็น 100 % แต่เมล็ดข้าวที่เพาะในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพฤดูหนาวจะงอกช้าที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การงอก 80% ในวันที่ 2 หลังจากผ่านระยะการบ่มข้าว และจะมีเปอร์เซ็นต์การงอกถึง 100% หลังจากผ่านระยะการบ่มข้าวแล้ว 3 วัน

เมล็ดข้าวทั้ง 2 พันธุ์ที่เพาะในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพฤดูหนาวซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอีก 2 สภาวะงอกได้ช้ากว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Altop *et al.* (2023) ได้รายงานว่าคุณสมบัติมีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าววัชพืช (Weedy rice) และอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการงอกของเมล็ดข้าววัชพืช คือ 25 องศาเซลเซียส และการที่ข้าวทั้งสองพันธุ์ที่เพาะในสภาวะที่ต่างกันมีเปอร์เซ็นต์การงอกถึง 100 % อาจเนื่องมาจากในขั้นตอนของการแช่เมล็ดข้าวในน้ำ ก่อนการเพาะลงในถาดได้ทำการคัดเลือกเมล็ดที่ลอยออก เนื่องจากเป็นเมล็ดที่ลีบและไม่สมบูรณ์ จึงทำให้ในการเพาะข้าวได้เมล็ดที่มีคุณภาพและมีอัตราการงอกสูง

ต้นกล้าข้าวที่เพาะในสภาพจำลองฤดูหนาวมีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้ากว่าต้นกล้าข้าวที่เพาะในโรงเรือนแบบเปิดและโรงงานผลิตพืชที่มีการปรับสภาวะให้เหมาะสม จากผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Shabna *et al.* (2017) ได้รายงานว่าต้นกล้าข้าวในภาคเหนือของประเทศบังคลาเทศ มีการเจริญเติบโตของข้าวในสภาพอุณหภูมิต่ำ โดยมีแนวโน้มของมวลรวมชีวภาพ (Biomass) ลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำ เช่นเดียวกับ Reddy *et al.* (2021) ได้รายงานว่าคุณภาพมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว อุณหภูมิต่ำยับยั้งการเจริญเติบโต ทั้งในส่วนของยอด (Shoot) ราก และสรีรวิทยา

ในการเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาวที่มีการใช้น้ำอุ่นและเพิ่มจำนวนชั่วโมงแสงจากหลอด LED Glow light ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืช มีช่วงความยาวคลื่นประมาณ 430-460 nm (แสงสีน้ำเงิน) และ 630-660 nm (แสงสีแดง) ซึ่งแสงสีน้ำเงินเป็นช่วงความยาวคลื่นแสงที่คลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ดูดซับแสงได้มากที่สุด และกระตุ้นการสร้างคลอโรฟิลล์ ทำให้ลำต้นแข็งแรง จากผลการทดลองต้นกล้าข้าวที่ได้รับแสง LED มากขึ้นในการปรับสภาวะให้เหมาะสมกับฤดูหนาว มีปริมาณรงควัตถุเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับต้นกล้าข้าวที่เจริญเติบโตในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพฤดูหนาว (18 - 22 °C) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานของ เทพสุดา และณัฐชัย (2564) ได้รายงานว่าการเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงและลักษณะอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสงในข้าว ดังนั้นการเพาะต้นกล้าข้าวในฤดูหนาวเพื่อให้ได้ต้นกล้าข้าวที่เจริญเติบโตดีและแข็งแรง ควรจะมีการเพิ่มจำนวนชั่วโมงแสงจากหลอด LED และคุณภาพแสงที่เหมาะสม รวมทั้งเพิ่มอุณหภูมิที่รากข้าวแช่อยู่ด้วย

การทดลองที่ 2 การพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวด้วยค่า GDD

ปลูกข้าว 2 พันธุ์ ด้วยวิธีปักดำ ได้แก่ พันธุ์ปทุมธานี 1 ปลูกที่แปลงทดลองเกษตรอินทรีย์ สาขาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (ภาพที่ 28) แซ่และบ่มเมล็ดข้าววันที่ 21 กรกฎาคม 2565 ถึง 24 กรกฎาคม 2565 ตกกกล้าวันที่ 24 กรกฎาคม 2565 ถึง 23 สิงหาคม 2565 และทำการปักดำในวันที่ 23 สิงหาคม 2565

ข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ปลูกที่แปลงทดลองของหน่วยความเป็นเลิศด้านการปรับปรุงพันธุ์ข้าว มหาวิทยาลัยแม่โจ้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (ภาพที่ 29) แซ่น้ำและบ่มเมล็ดข้าววันที่ 21 กรกฎาคม 2565 ถึง 24 กรกฎาคม 2565 ตกกกล้าวันที่ 24 กรกฎาคม 2565 ถึง 24 สิงหาคม 2565 และทำการปักดำในวันที่ 24 สิงหาคม 2565



ภาพที่ 28 แปลงปลูกข้าวสำหรับการทดลอง ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ปลูกที่แปลงทดลองเกษตรอินทรีย์ สาขาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้



ภาพที่ 29 แปลงปลูกข้าวสำหรับการทดลอง ข้าวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 ปลูกที่แปลงทดลองของหน่วยความเป็นเลิศด้านการปรับปรุงพันธุ์ข้าว มหาวิทยาลัยแม่โจ้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ในขณะเดียวกันได้ทำการเก็บข้อมูลสภาพอากาศในแปลงนาทดลอง ได้แก่ อุณหภูมิ (Air temperature; °C) ความชื้น (Humidity; %) ความเร็วลม (Wind speed; km/h) ความกดอากาศ (Pressure; hPa) ความเข้มแสง (Light; lux) ทิศทางลม (Wind direction) และปริมาณน้ำฝน (Rain) ด้วยสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ (Weather station) แสดงในภาคผนวกตารางที่ ข.1 และทำการประมวลผลบนระบบฐานข้อมูล ได้ค่าอุณหภูมิสูงสุด/ต่ำสุด ค่าอุณหภูมิความร้อนเฉลี่ย และค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) คำนวณจากสมการที่ (1) โดยใช้ค่า T_{base} เท่ากับ 10°C (Sié *et al*, 1998) แสดงในตารางที่ 7 จะเห็นว่าช่วงการทดลองปลูกข้าวนาปี (กันยายน-ธันวาคม) ปี 2565 มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 22.28°C อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 31.17°C และอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดช่วงการเพาะปลูกเท่ากับ 26.01°C และค่าความร้อนสะสมในวันสุดท้ายของการทดลองเท่ากับ 305.50 GDD

ตารางที่ 7 อุณหภูมิและค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) ของแต่ละเดือนในช่วงการปลูกปี 2565

Month	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Average (°C)	GDD
August	24.22	32.56	27.54	165.50
September	23.63	31.13	26.72	521.50
October	22.61	31.26	26.16	525.00
November	21.13	31.60	25.61	491.00
December	19.81	29.29	24.01	305.50
Mean	22.28	31.17	26.01	-

หมายเหตุ เริ่มทำการปลูกวันที่ 23 สิงหาคม 2565 และทำการเก็บเกี่ยวตัวอย่างสุดท้ายวันที่ 21 ธันวาคม 2565

การศึกษาสมบัติทางกายภาพ ปริมาณและคุณภาพการขัดสีของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยการเก็บตัวอย่างข้าวจากแปลงทดสอบทุกๆ 5 วัน เริ่มที่อายุ 95 วัน ถึง 120 วันหลังปักดำ พบว่าผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ความระดับความชื้น 14 % wb. มีปริมาณผลผลิต (Yield at 14% w.b) ในทุกๆ ค่าจำนวนวันเก็บเกี่ยวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด (ต้นข้าว) (% Head rice by paddy wgt.) สูงที่สุด เท่ากับ 55.18 โดยมีค่าปริมาณผลผลิตข้าวที่ความระดับความชื้น 14 % wb. สูงสุดเท่ากับ 896.88 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 8) ดังนั้นวันเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 จะมีค่าอุณหภูมิสะสมตั้งแต่วันเริ่มปลูกถึงวันเก็บเกี่ยวเท่ากับ 1,865.5 GDD (ภาพที่ 30)

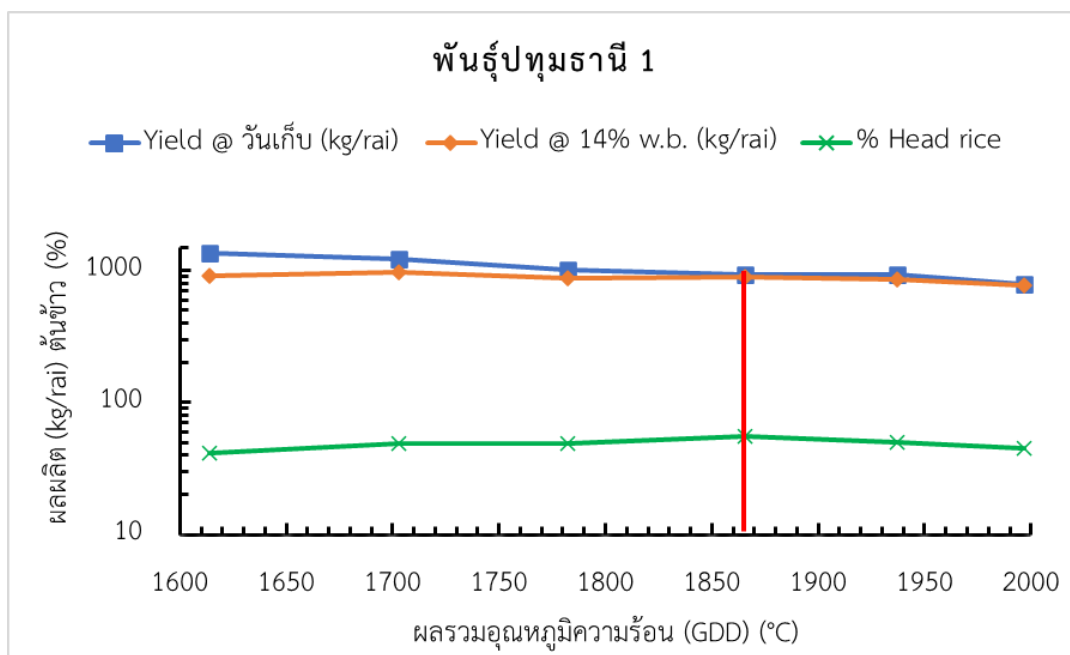
ตารางที่ 8 ค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) สมบัติทางกายภาพ และอัตราการสีของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

Parameter	Date of harvesting (From translating)						Sig.
	95 days (25/11/65)	100 days (30/11/65)	105 days (5/12/65)	110 days (10/12/65)	115 days (15/12/65)	120 days (20/12/65)	
GDD (°C)	1614	1703	1782.5	1865.5	1937	1996.5	-
Seed moisture content (% w.b.)	41.96 ^c	32.51 ^d	25.43 ^c	16.42 ^a	20.48 ^b	15.66 ^a	0.000
Bulk density (kg.m ⁻³)	596.146	612.326	609.115	723.608	699.643	686.318	N/A
No. of ears in m ²	288.67	282.00	242.13	247.47	241.07	236.27	0.111
Wgt. of ears (g.m ⁻²)	980.07 ^a	895.42 ^{ab}	734.46 ^{bc}	775.79 ^b	670.33 ^{bc}	534.99 ^c	0.016
Wgt. of seeds (g.m ⁻²)	924.20 ^a	845.89 ^{ab}	689.14 ^{bc}	702.45 ^{bc}	610.33 ^c	520.34 ^c	0.010
Wgt. of dust (g.m ⁻²)	71.66 ^b	73.99 ^b	55.20 ^{ab}	122.23 ^c	29.06 ^a	25.95 ^a	0.007
Wgt. of cleaned seed (g.m ⁻²)	852.54 ^a	771.90 ^{ab}	633.95 ^{bc}	580.22 ^c	581.26 ^c	494.39 ^c	0.007
Wgt. of cleaned seed at 14% w.b. (g.m ⁻²)	575.37	605.82	549.64	560.55	536.79	485.56	0.591
Yield (kg.rai ⁻¹)	1364.07 ^a	1235.04 ^{ab}	1014.31 ^{bc}	928.35 ^c	930.02 ^c	791.02 ^c	0.007
Yield at 14% w.b. (kg.rai ⁻¹)	920.60	969.31	879.42	896.88	858.87	776.90	0.582
% Head rice (by paddy wgt.)	41.58	48.79	49.48	55.18	49.62	45.26	N/A
% Broken (by paddy wgt.)	12.89	13.45	14.87	14.21	16.57	20.90	N/A
% Husk and bran (by paddy wgt.)	45.53	37.76	35.65	30.61	33.81	33.84	N/A

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3) ไม่รวม อุณหภูมิสะสม (GDD) ความหนาแน่นกอง เเปอร์เซ็นต์ข้าวขาว ข้าวหัก แกลบ และรำ

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี Duncan โดยโปรแกรม SPSS Version 29

N/A หมายถึงไม่สามารถวิเคราะห์ทางสถิติได้เนื่องจากมีข้อมูล 1 ซ้ำ เพราะว่าตัวอย่างข้าวเปลือกแต่ละซ้ำมีปริมาณน้อย ในทดสอบคุณภาพการสีข้าวจึงนำข้าวเปลือกทั้ง 3 ซ้ำมารวมกัน



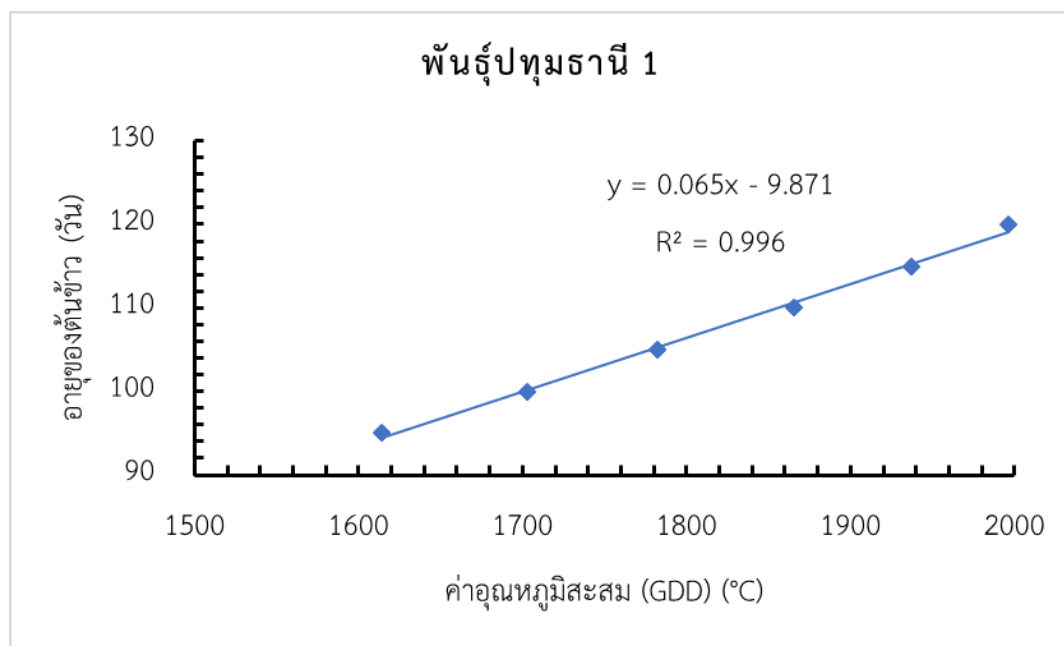
ภาพที่ 30 ผลผลิตต่อไร่ และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เทียบกับค่า
อุณหภูมิสะสม (GDD)

จากนั้นสร้างกราฟสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) กับจำนวนวันเก็บเกี่ยวหลังจากวันปักดำข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (ภาพที่ 31) เพื่อนำไปสร้างสมการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น สำหรับเป็นโมเดลการทำนายวันเก็บเกี่ยวของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และให้ค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย (Coefficient of determination; $R^2=0.996$) ดังสมการ (13) ถ้าทราบข้อมูลพยากรณ์อุณหภูมิอากาศล่วงหน้า จะสามารถทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อค่า GDD เท่ากับ 1865.50 องศาเซลเซียส จากวันปักดำ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.065

$$\text{Day}_{hv} = 0.065\text{GDD} - 9.871 \quad (13)$$

โดยที่ Day_{hv} = จำนวนวันเก็บเกี่ยวหลังจากวันปักดำ

GDD = อุณหภูมิสะสมจากวันปักดำ ($^{\circ}\text{C}$)



ภาพที่ 31 จำนวนวันเก็บเกี่ยวหลังปักดำกับ ค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

การศึกษาคุณภาพของข้าวเหนียวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ในด้านสมบัติทางกายภาพและคุณภาพการขัดสีของข้าว พบว่า ผลผลิตข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ที่ความระดับความชื้น 14 % wb. ปริมาณผลผลิต (Yield at 14% w.b) และร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด (ต้นข้าว) (% Head rice by paddy wgt.) ในทุก ๆ ค่าจำนวนวันเก็บเกี่ยวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9) เมื่อวิเคราะห์ที่ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด (ต้นข้าว) ของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 สูงสุดเท่ากับ 62.36 โดยค่าปริมาณผลผลิตของข้าว พันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ที่ความระดับความชื้น 14 % wb. สูงสุดเท่ากับ 753.05 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นวันเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับข้าวเหนียว พันธุ์กข - แม่โจ้ 2 จะค่าปริมาณอุณหภูมิความร้อนสะสมตั้งแต่วันเริ่มปลูกถึงวันเก็บเกี่ยว 1,862.00 GDD (ภาพที่ 32)

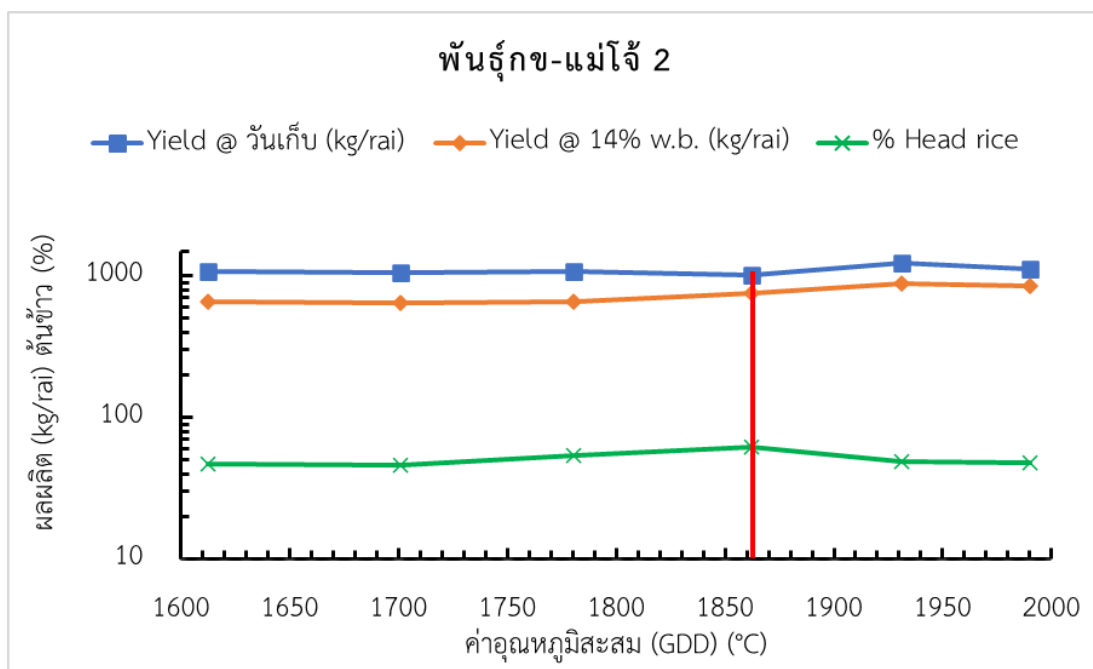
ตารางที่ 9 ค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) สมบัติทางกายภาพ และอัตราการสีของข้าวพันธุ์กข - แมงไฉ้ 2

Parameter	Date of harvesting (From translating)						Sig.
	95 days (25/11/65)	100 days (30/11/65)	105 days (5/12/65)	110 days (10/12/65)	115 days (15/12/65)	120 days (20/12/65)	
GDD (°C)	1612.50	1701.00	1780.50	1862.00	1931.00	1990.00	-
Seed moisture content (% w.b.)	34.42 ^c	34.79 ^c	33.13 ^c	19.75 ^a	23.14 ^b	18.41 ^a	0.000
Bulk density (kg.m ⁻³)	584.31	595.40	643.76	672.84	669.18	666.52	N/A
No. of ears in m ²	236.00	245.33	244.00	244.00	261.00	273.00	0.622
Wgt. of ears (g.m ⁻²)	875.63	784.79	785.06	803.98	829.76	768.68	0.912
Wgt. of seeds (g.m ⁻²)	753.83	733.47	739.40	717.21	825.46	746.26	0.902
Wgt. of dust (g.m ⁻²)	75.77 ^b	73.85 ^b	71.73 ^b	86.77 ^b	51.33 ^a	51.29 ^a	0.002
Wgt. of cleaned seed (g.m ⁻²)	678.06	659.62	667.66	630.44	774.13	694.97	0.751
Wgt. of cleaned seed at 14% w.b. (g.m ⁻²)	517.36	500.24	519.21	588.32	690.69	661.80	0.230
Yield (kg.rai ⁻¹)	1084.89	1055.39	1068.26	1008.70	1238.61	1111.95	0.751
Yield at 14% w.b. (kg.rai ⁻¹)	662.22	640.31	664.59	753.05	884.08	847.10	0.230
% Head rice (by paddy wgt.)	47.38	46.08	54.42	62.36	49.25	47.81	N/A
% Broken (by paddy wgt.)	14.08	14.71	13.18	13.93	18.16	19.97	N/A
% Husk and bran (by paddy wgt.)	38.54	39.22	32.40	23.71	32.59	32.22	N/A

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3) ไม่รวม อุณหภูมิสะสม (GDD) ความหนาแน่นกอง เเปอร์เซ็นต์ข้าวขาว ข้าวหัก แกลบ และรำ

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ เมื่อทดสอบด้วยวิธี Duncan โดยโปรแกรม SPSS Version 29

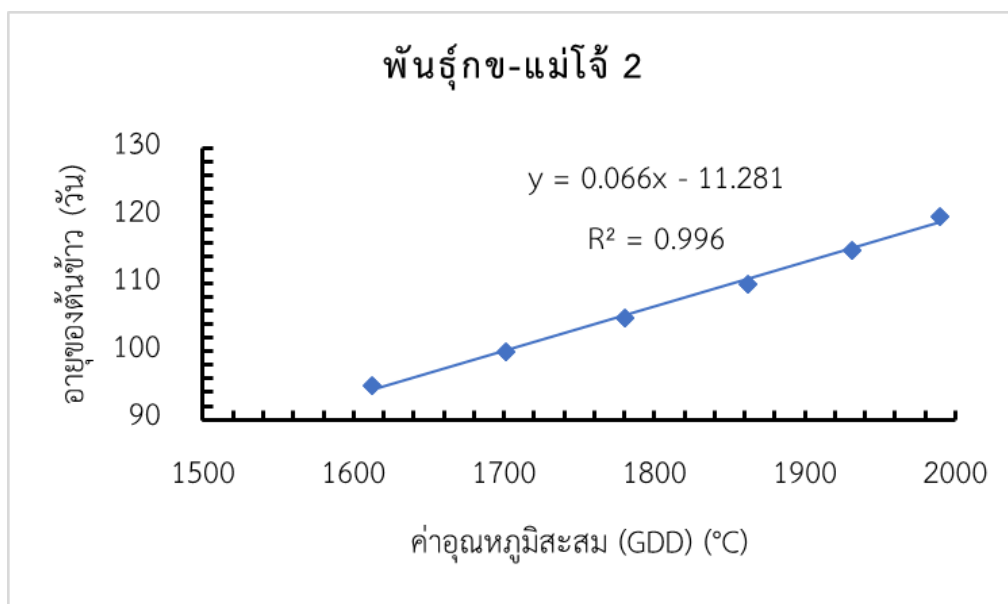
N/A หมายถึงไม่สามารถวิเคราะห์ทางสถิติได้เนื่องจากมีข้อมูล 1 ซ้ำ เพราะว่าตัวอย่างข้าวเปลือกแต่ละซ้ำมีปริมาณน้อย ในทดสอบคุณภาพการสีข้าวจึงนำข้าวเปลือกทั้ง 3 ซ้ำมารวมกัน



ภาพที่ 32 ผลผลิตต่อไร่ และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวของข้าวพันธุ์กข-แม่โจ้ 2 เทียบกับค่าอุณหภูมิสะสม (GDD)

เมื่อสร้างกราฟสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) กับจำนวนวันเก็บเกี่ยวหลังจากวันปักดำข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 (ภาพที่ 33) เพื่อนำไปสร้างสมการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น สำหรับเป็นโมเดลการทำนายวันเก็บเกี่ยวของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 และให้ค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย (Coefficient of determination; $R^2=0.996$) ดังสมการ (14) ทำนายวันเก็บเกี่ยวจากข้อมูลพยากรณ์อุณหภูมิอากาศล่วงหน้า จะสามารถทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 เมื่อค่า GDD เท่ากับ 1862.00 องศาเซลเซียส จากวันปักดำ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.066

$$\text{Day}_{hv} = 0.066\text{GDD} - 11.281 \quad (14)$$



ภาพที่ 33 จำนวนวันเก็บเกี่ยวหลังปักดำกับ ค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) ข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2

จากการทดลองพบว่า ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด (ต้นข้าว) สูงที่สุดเท่ากับ 55.18 และร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด (ต้นข้าว) ของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 สูงสุดเท่ากับ 62.36 จึงจัดว่าที่ระยะการเก็บเกี่ยวนี้ได้ข้าวที่มีคุณภาพการขัดสีข้าวที่ดีตามมาตรฐาน จึงใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกค่าอุณหภูมิสะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวข้าวที่ 1,865.5 GDD สำหรับพันธุ์ปทุมธานี 1 และที่ 1,862.00 GDD สำหรับพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ตามลำดับ

กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว (2559) รายงานว่า ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 104-126 วัน ผลผลิตต่อไร่ประมาณ 650 – 774 กิโลกรัม ในขณะที่ข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 เป็นข้าวเหนียวไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 135 - 146 วัน ผลผลิตต่อไร่ประมาณ 865 กิโลกรัม งานวิจัยนี้พบว่าการสะสมอุณหภูมิจนถึงจำนวนที่พืชต้องการคือ ค่าอุณหภูมิสะสมตั้งแต่วันปลูกถึงวันเก็บเกี่ยวที่ 1865.50 GDD และ 1,862.00 GDD สำหรับพันธุ์ปทุมธานี 1 และกข - แม่โจ้ 2 ตามลำดับ พืชก็จะใช้เวลาสั้นกว่าระยะเวลาที่ถูกแนะนำจากกองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว โดยมีระยะเวลาเก็บเกี่ยว 110 วันหลังปักดำ สำหรับพันธุ์ปทุมธานี 1 และกข - แม่โจ้ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิสะสมกับจำนวนวันเก็บเกี่ยวที่ได้นี้สามารถนำไปพัฒนาเป็นระบบทำนายวันเก็บเกี่ยวล่วงหน้าบนโมบายแอปพลิเคชันสำหรับระบบสนับสนุนการทำการเกษตรสมัยใหม่ (Decision support system) ได้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะกล้าข้าวในโรงเรือนควบคุมสภาวะ

ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว 2 พันธุ์ ได้แก่ ปทุมธานี 1 และ กข - แม่โจ้ 2 จากวิธีการเพาะกล้า 3 วิธี ได้แก่ การเพาะกล้าในโรงเรือนแบบเปิดโดยให้น้ำอุณหภูมิห้องในเดือนตุลาคม 2565 การเพาะกล้าในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพฤดูหนาว ($18 - 22^{\circ}\text{C}$) แยกกล้าข้าวใช้น้ำอุณหภูมิ $16 - 20^{\circ}\text{C}$ และให้แสง 7 ชั่วโมงต่อวัน และการเพาะกล้าในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการปรับสภาวะให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวในฤดูหนาว โดยปรับอุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วงระหว่าง $25 - 30^{\circ}\text{C}$ และให้แสง 10 ชั่วโมงต่อวันพบว่า

1. การงอกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์ กข - แม่โจ้ 2 มีเปอร์เซ็นต์การงอก 100% ทุกสภาวะการทดลอง แต่เมล็ดข้าวที่เพาะในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพฤดูหนาว ($18 - 22^{\circ}\text{C}$) จะงอกช้ากว่าในสภาวะโรงเรือนแบบเปิด และโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาวที่มีการใช้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงการให้แสง

2. ในระยะต้นกล้าของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์ กข - แม่โจ้ 2 มีอัตราการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและความยาวราก เมื่อเพาะในสภาวะโรงเรือนแบบเปิด และโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาวที่มีการใช้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงการให้แสง สูงกว่าการเพาะในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพฤดูหนาว ($18 - 22^{\circ}\text{C}$) แยกกล้าข้าวใช้น้ำอุณหภูมิ $16 - 20^{\circ}\text{C}$ และให้แสง 7 ชั่วโมงต่อวัน

3. การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่อายุ 15 วัน มีความสูงของต้นกล้า น้ำหนักสด รวมถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และแคโรทีนอยด์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้ง 3 สภาวะ ต้นกล้าข้าวที่เพาะในโรงเรือนแบบเปิด มีค่ามากที่สุดรองลงมาคือ ต้นกล้าข้าวที่เพาะในโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาวที่มีการใช้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงการให้แสง และต้นกล้าข้าวที่เพาะในโรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพฤดูหนาว ($18-22^{\circ}\text{C}$) ตามลำดับ ส่วนความยาวของราก และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าวปทุมธานี 1 ที่เพาะในโรงเรือนแบบเปิด และในโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาวที่มีการใช้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงการให้แสง พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความยาวของรากเท่ากับ 63.74 ± 4.31 , 70.09 ± 6.50 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักแห้งเท่ากันคือ 0.10 ± 0.01 กรัม ตามลำดับ

4. การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ที่อายุ 15 วัน มีความสูงของต้นกล้า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และแคโรทีนอยด์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้ง 3 สภาวะ ต้นกล้าข้าวที่เพาะในโรงเรือนแบบเปิด มีค่ามากที่สุดที่สุตรองลงมาคือ ต้นกล้าข้าวที่เพาะในโรงเรือน ควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาวที่มีการใช้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงการให้แสง และต้นกล้าข้าวที่เพาะใน โรงเรือนควบคุมสภาวะที่มีการจำลองสภาพฤดูหนาว ($18 - 22^{\circ}\text{C}$) ตามลำดับ ส่วนความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ที่เพาะในโรงเรือนแบบเปิด และใน โรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาวที่มีการใช้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงการให้แสง พบว่าไม่แตกต่างกัน ทางสถิติ โดยที่ความยาวรากเท่ากับ 72.33 ± 8.17 , 68.36 ± 2.60 มิลลิเมตร น้ำหนักสดเท่ากับ 18.24 ± 0.15 , 18.11 ± 0.12 กรัม และน้ำหนักแห้งเท่ากันคือ 0.09 ± 0.01 กรัม ตามลำดับ

การปรับสภาวะโดยการเพิ่มจำนวนชั่วโมงให้แสงจากหลอด LED และการเพิ่มอุณหภูมิที่เพาะในโรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาวสามารถเพาะต้นกล้าข้าวที่มีการเจริญเติบโตและใช้ ระยะเวลาในการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับการเพาะในโรงเรือนแบบเปิด

การทดลองที่ 2 การพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวด้วยค่า GDD

1. ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ทำการปักดำ เมื่อวันที่ 23 สิงหาคม 2565 มีค่าอุณหภูมิสะสม $1,865.50$ GDD โดยมีร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด (ต้นข้าว) สูงที่สุดที่ความชื้น 14% เท่ากับ 55.18 หรือ ตรงกับจำนวนวันเก็บเกี่ยว 110 วัน หลังวันปักดำ

2. ข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ที่ทำการปักดำ เมื่อวันที่ 24 สิงหาคม 2565 มีค่าอุณหภูมิสะสม $1,862.00$ GDD โดยมีร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด (ต้นข้าว) ที่ความชื้น 14% เท่ากับ 62.36 หรือตรงกับ จำนวนวันเก็บเกี่ยว 110 วันหลังปักดำ

ค่าอุณหภูมิสะสม GDD ตั้งแต่วันปักดำจนถึงวันเก็บเกี่ยวที่ได้จากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ สามารถนำมาสร้างสมการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวทั้ง 2 พันธุ์ได้อย่างแม่นยำ โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีค่าสัมประสิทธิ์การเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.065 และข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 มีค่าสัมประสิทธิ์การเก็บเกี่ยว เท่ากับ 0.066

บรรณานุกรม

- กรมอุตุนิยมวิทยา. ม.ป.ป. ความรู้อุตุนิยมวิทยา เกณฑ์อากาศ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://www.tmd.go.th/info/%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%93%E0%B8%91%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A8> (8 สิงหาคม 2565).
- กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. 2559ก. องค์ความรู้เรื่องข้าวพันธุ์ข้าว กข - แมโจ 2 (RD - Maejo 2) [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://webold.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.php-file=content.php&id=176.htm> (24 สิงหาคม 2565).
- _____. 2559ข. องค์ความรู้เรื่องข้าวปทุมธานี 1 (Pathumthani 1). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://webold.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.php-file=content.php&id=67.htm> (24 สิงหาคม 2565).
- _____. 2559ค. องค์ความรู้เรื่องข้าว การปลูกและดูแลรักษา. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://webold.ricethailand.go.th/rkb3/index.htm> (25 สิงหาคม 2565).
- _____. 2559ง. วิทยาการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://webold.ricethailand.go.th/rkb3 / title-index.php-file=content.php&id=3 - 5.htm> (26 สิงหาคม 2565).
- จักรพงษ์ สมหนองหว่า. 2551. **ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมและการจัดการที่มีต่อความหอมและคุณภาพการสีข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชไร่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- จุฑามาศ ดำแก้ว และธีรนุช เจริญกิจ. 2565. พัฒนาการของผล ดัชนีการเก็บเกี่ยว และปริมาณความร้อนสะสม ของฝรั่งพันธุ์กิมจู แตงโม และนิโกร. **ว. ผลิตรกรรมเกษตร**, 5(2), 86-96.
- เฉลิมพล แซมเพชร. 2542. **สรีวิทยาการผลผลิตพืชไร่**. เชียงใหม่: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชาติชาย มณีสุวรรณ. 2545. **อิทธิพลของวิธีการปลูกข้าวและการเพิ่มอินทรีย์วัตถุต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว**. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ทรงศักดิ์ ธรรมจรัส และธีรนุช เจริญกิจ. 2562. พัฒนาการของผลและปริมาณความร้อนสะสมของลำไยพันธุ์ดอในจังหวัดเชียงใหม่. **ว. ผลิตรกรรมเกษตร**, 1(1), 1-13.

- เทพสุดา รุ่งรัตน์ และณัฐชัย แถวอุทุม. 2564. ผลของแสงธรรมชาติและแสงจาก Light-emitting diode (LED) ต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงและลักษณะอื่นที่เกี่ยวข้องในข้าว. **แก่นเกษตร**, 49(5), 1279-1287.
- ธงไชย ธิไชยวงศ์. 2556. การทดสอบดัชนีการเก็บเกี่ยวลำไยนอกฤดูพันธุ์อีดอ ที่ใช้การคำนวณปริมาณความร้อนสะสม. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาพืชไร่. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- นันทิยา พนมจันทร์ และณัฐกานต์ สมจริง. 2562. ผลของอายุการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพเมล็ดข้าวพันธุ์ไวและไม่วัดต่อช่วงแสง. **ว. วิทยาศาสตร์เกษตร**, 50(2), 29-32.
- บุญพริ้ง ต.สุวรรณ. 2526. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการปลูกข้าว. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.
- เมวิกา สำลีปั้น. 2554. การประเมินการตอบสนองต่อภาวะแล้วของข้าว *Oryza sativa L.* ที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และมียีนทนแล้งบนโครโมโซมที่ 4. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาพฤกษศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รุ่งนภา ช่างเจรจา และโสระยา ร่ำรัมย์. 2552. ผลของอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนต่อการเจริญเติบโตของดอกปทุมมา. **วารสารเกษตร**, 25(1), 1-7.
- วงษ์จันทร์ วงษ์แก้ว. 2535. **หลักสรีรวิทยาของพืช**. กรุงเทพฯ: ฟีนีฟับบลิชซิง.
- สายชล เกตุษา และสุภัตรา ภูภัทรรงค์. 2532. การเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และดัชนีการเก็บเกี่ยวของถั่วลันเตาพันธุ์ฝักใหญ่. **ว.เกษตรศาสตร์**, 22(2), 119-130.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2532. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องสีข้าวขนาดเล็ก**. (มอก.888 – 2532). กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2560. **มาตรฐานสินค้าเกษตร**. (มกษ. 4004-2560). กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566. **สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2565**. แหล่งที่มา <https://www.oae.go.th/assets/portals/1 / files/journal/2 5 6 6 / commodity 2565.pdf>
- สุชาดา บุญเลิศนิรันดร์, ระวีวรรณ สุวรรณศรี และกิตติ บุญเลิศนิรันดร์. 2555. **ผลของไคโตซานต่อลักษณะทางการเกษตร การตอบสนองทาง สรีรวิทยาและผลผลิตของข้าวภายใต้สภาพขาดน้ำ**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

- _____. 2561. ผลของไคโตซานต่อผลผลิตของข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆกัน. **ว. เกษตรพระจอมเกล้า**, 36(2), 73-84.
- สุนทร สืบคำ. 2559. **วิศวกรรมการแปรสภาพทางการเกษตร**. เชียงใหม่: คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- Altop, Emine, Uysal, Meral Sahin, Haghnama, Kianoosh & Mennan, Husrev. 2023. Environmental factors on seasonal germination of different weedy rice (*Oryza sativa* L.) biotypes. **Ciência Rural**, 53(2), 1-15.
- Dere, Ş., GÜNEŞ, T., & Sivaci, R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll-A, B and totalcarotenoid contents of some algae species using different solvents. **Turkish Journal of Botany**, 22(1), 13-18.
- Food and Agriculture Organization Statistics (FAOSTAT). 2022. Value of Agricultural Production. [Online]. Available <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV> (19 August 2022).
- Madsen, B. 2011. **Statistics for non-statisticians**. Heidelberg: Springer.
- Moran, N. A. & Jarvik, T. 2010. Lateral transfer of genes from fungi underlies carotenoid production in aphids. **Science**, 328(5978), 624-627.
- Reddy, Kambham Raja, Seghal, Akanksha, Jumaa, Salah, Bheemanahalli, Raju, Kakar, Naqeebullah, Redoña, Edilberto D., Wijewardana, Chathurika, Alsajri, Firas Ahmed, Chastain, Daryl, Gao, Wei, Taduri, Shasthree & Lone, Ajaz A. 2021. Morpho-Physiological Characterization of Diverse Rice Genotypes for Seedling Stage High- and Low-Temperature Tolerance. **Agronomy**, 11(1), 1-19.
- Saibua, Khempet. 2012. **Growth and Development of Purple Glutinous Rice and the Construction of Its Growth Model**. Doctor of Philosophy. CHIANG MAI UNIVERSITY.
- Shabna, S., Ahmed, B., Talukder, M. R., Hossain, A., Rashid, T., Alam, J., Rahman, M., Sultana, M., Akter, R. & Nahar, L. 2017. Seasonal low temperatures affect the growth of rice seedlings in Northern Bangladesh. **International Journal of Applied Research**, 3(2), 18-23.

- Sié, M., Dingkuhn, M., Wopereis, M. C. S. & Miezán, K. M. 1998. Rice crop duration and leaf appearance rate in a variable thermal environment.: I. Development of an empirically based model. **Field Crops Research**, 57(1), 1-13.
- Sumanta, N., Haque, C. I., Nishika, J., & Suprakash, R. 2014. Spectrophotometric analysis of chlorophylls and carotenoids from commonly grown fern species by using various extracting solvents. **Res J Chem Sci**, 2231, 606X.
- Tao, Fulu, Zhang, Zhao, Zhang, Shuai & Rötter, Reimund P. 2015. Heat stress impacts on wheat growth and yield were reduced in the Huang-Huai-Hai Plain of China in the past three decades. **European Journal of Agronomy**, 71(44-52).





ภาคผนวก ก.

เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ ก.1 ถาดเพาะกล้า



ภาพที่ ก.2 ถังพลาสติก



ภาพที่ ก.3 แกลบดำ



ภาพที่ ก.4 เครื่องสีข้าว (ยี่ห้อ CLP รุ่น CR-80 N1)



ภาพที่ ก.5 เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (ยี่ห้อ LCI รุ่น LCI-SD)



ภาพที่ ก.6 ตู้อบลมร้อน (Sartorius) (ยี่ห้อ Binder รุ่น FD260)



ภาพที่ ก.7 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล (ยี่ห้อ Sartorius รุ่น CP3202S)



ภาพที่ ก.8 อุปกรณ์หาความหนาแน่นกอง



ภาพที่ ก.9 ตาชั่งน้ำหนัก



ภาพที่ ก.10 ครอบอะลูมิเนียม (Moisture can)



ภาพที่ ก.11 ถาดอะลูมิเนียม



ภาพที่ ก.12 ถุงพลาสติก



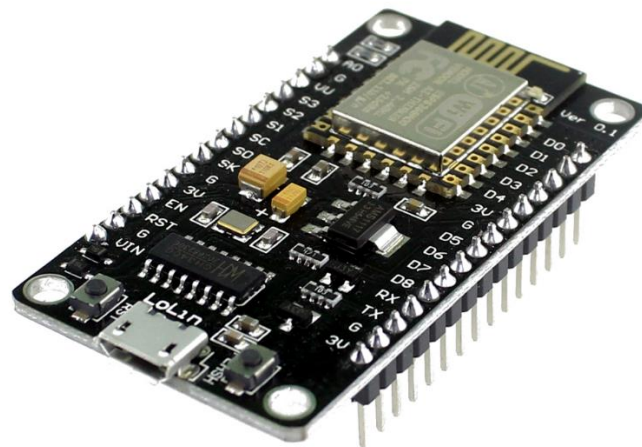
ภาพที่ ก.13 ถุงมือกันร้อน



ภาพที่ ก.15 เซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศ (ยี่ห้อ Misol รุ่น WS2320)



ภาพที่ ก.16 เครื่องช่วยกระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ต (ยี่ห้อ CPE รุ่น CPF903)



ภาพที่ ก.17 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP 8266



ภาพที่ ก.18 แผงโซลาเซลล์ (ยี่ห้อ Full Solar รุ่น F – 30 P)



ภาพที่ ก.19 โซล่าชาร์จเจอร์ (ยี่ห้อ SKU รุ่น PWM 30A/20A/10A)



ภาพที่ ก.20 แบตเตอรี่ (ยี่ห้อ Leoch รุ่น DJW12-18 12V 18AH)



ภาพที่ ก.20 ปั๊มน้ำ (ยี่ห้อ Sobo รุ่น WP-600D)



ภาพที่ ก.21 เครื่องทำน้ำอุ่นแบบแท่ง



ภาคผนวก ข.
ผลการทดลอง

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลสภาพอากาศที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วัดโดยสถานีตรวจวัดสภาพอากาศแบบปดิจิตอล

Date	AirTemp (°C)			Humidity (%)			Wind Speed (km/h)			Pressure (hPa)			Light (lux)		Wind direction	Rain (mm/hr)
	max	min	avg	max	min	avg	max	min	avg	max	min	avg	max	min		
23/8/2022	33	24	28.1	94	52	76.4	17	0	7.2	974.9	970	972.5	10123	0.0	ESE	267
24/8/2022	35	24	28.9	94	52	75.5	30	0	6.1	974.9	970	972.3	11629	0.0	SE	267
25/8/2022	26	23	24.6	100	89	93.4	15	0	7.4	974.9	970	972.7	8585	0.0	W	280
26/8/2022	32	25	26.9	100	66	84.9	22	0	7.2	974.9	969.1	972.2	8712	0.0	W	287
27/8/2022	30	24	26.4	94	66	83.9	19	0	6.3	973.9	968.1	970.9	9241	0.0	NNW	287
28/8/2022	34	24	27.9	100	49	77.0	13	0	6.6	972.9	967.2	970.8	13064	0.0	NNW	291
29/8/2022	35	25	28.4	94	49	77.2	19	0	6.5	972.0	968.1	970.4	12944	0.0	WSW	291
30/8/2022	34	24	28.7	100	49	74.1	13	0	5.8	972.0	966.2	969.6	12866	0.0	WNW	291
31/8/2022	34	25	28.0	94	46	77.5	28	0	6.5	971.0	966.2	969.3	12756	0.0	WSW	291
1/9/2022	32	24	27.1	100	62	82.7	9	0	5.7	975.8	969.1	972.7	8397	0.0	NNE	291
2/9/2022	35	25	28.9	94	44	75.2	13	0	5.7	974.9	969.1	972.2	9442	0.0	E	291
3/9/2022	34	25	29.1	94	52	76.1	15	0	6.6	972.9	967.2	970.4	12361	0.0	E	291
4/9/2022	33	25	28.2	94	55	77.8	19	0	5.4	972.9	967.2	970.7	4939	0.0	NW	291
5/9/2022	27	24	25.4	100	84	93.3	11	0	4.9	974.9	970	971.9	10772	0.0	E	341
6/9/2022	32	24	27.6	100	55	81.0	17	0	7.0	973.9	969.1	972.1	12134	0.0	NNE	364
7/9/2022	31	25	27.4	94	55	77.4	15	0	7.6	975.8	971	973.5	4324	0.0	E	364
8/9/2022	31	23	26.1	100	58	84.4	13	0	6.5	975.8	970	973.8	3329	0.0	E	375

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลสภาพอากาศที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วัดโดยสถานีตรวจวัดสภาพอากาศแบบดิจิทัล (ต่อ)

Date	AirTemp (°C)			Humidity (%)			Wind Speed (km/h)			Pressure (hPa)			Light (lux)		Wind direction	Rain (mm/hr)
	max	min	avg	max	min	avg	max	min	avg	max	min	avg	max	min		
	9/9/2022	30	24	25.5	100	66	87.5	19	2	7.9	975.8	972	974.2	3175	0.0	NNE	375
10/9/2022	29	23	25.4	100	70	89.6	22	0	6.7	975.8	971	974.0	4248	0.0	ESE	375
11/9/2022	28	24	24.9	100	74	93.2	17	0	5.1	974.9	971	973.5	4033	0.0	ESE	498
12/9/2022	26	23	24.1	100	83	94.6	9	0	5.7	974.9	971	973.2	7655	0.0	NNE	653
13/9/2022	28	23	25.4	100	74	88.8	13	0	5.4	975.8	971	973.5	8412	0.0	NNE	888
14/9/2022	33	23	26.3	100	55	85.9	20	0	6.5	975.8	970	973.3	6255	0.0	NNE	894
15/9/2022	33	24	27.9	100	55	78.9	20	0	7.3	973.9	967.2	971.4	9544	0.0	NE	894
16/9/2022	32	24	27.6	94	55	76.8	19	0	7.8	972.0	966.2	969.3	10254	0.0	NNE	894
17/9/2022	33	24	27.2	94	55	80.1	19	0	6.5	972.0	967.2	969.8	9521	0.0	NE	912
18/9/2022	32	23	27.0	100	59	84.8	24	2	8.2	972.9	968.1	971.1	9945	0.0	N	912
19/9/2022	32	24	27.6	100	55	80.0	17	0	7.1	974.9	969.1	972.1	7851	0.0	ENE	912
20/9/2022	32	23	27.3	100	59	80.3	26	0	7.5	973.9	969.1	971.8	8411	0.0	ESE	955
21/9/2022	32	23	26.8	100	55	83.8	19	0	5.9	973.9	968.1	971.6	10210	0.0	NNE	955
22/9/2022	30	24	25.9	100	66	90.7	35	0	5.2	973.9	969.1	971.7	11000	0.0	NNE	956
23/9/2022	31	22	25.8	100	58	87.8	19	0	6.5	974.9	969.1	972.3	12240	0.0	NNE	978
24/9/2022	31	23	25.9	100	62	88.1	20	0	7.1	974.9	969.1	971.9	12195	0.0	ESE	979
25/9/2022	30	22	25.2	100	62	89.0	19	0	8.4	974.9	969.1	972.1	12156	0.0	S	992

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลสภาพอากาศที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วัดโดยสถานีตรวจวัดสภาพอากาศแบบดิจิทัล (ต่อ)

Date	AirTemp (°C)				Humidity (%)			Wind Speed (km/h)			Pressure (hPa)		Light (lux)		Wind direction	Rain (mm/hr)	
	max	min	avg	GDD	max	min	avg	max	min	avg	max	min	max	min			
	26/9/2022	29	23	25.8	16.0	100	66	87.3	19	0	6.6	974.9	969.1	972.3	12080	0.0	ESE	992
27/9/2022	32	23	26.4	17.5	100	0	83.2	19	0	5.8	973.9	968.1	971.5	12052	0.0	SSE	992
28/9/2022	34	22	27.8	18.0	100	0	74.3	17	0	6.3	971.0	966.2	968.8	11987	0.0	SW	992
29/9/2022	32	25	28.5	18.5	94	52	69.0	30	0	12.6	969.1	965.2	967.2	9542	0.0	SW	992
30/9/2022	30	25	27.4	17.5	100	58	81.9	22	2	9.9	970.0	966.2	968.5	9954	0.0	SW	992
1/10/2022	30	23	25.1	16.5	100	0	91.2	20	2	9.0	967.2	966	963.3	21457	0.0	NE	0
2/10/2022	30	24	26.1	17.0	100	66	85.2	17	0	8.4	967.2	965.7	963.3	14554	0.0	NE	0
3/10/2022	29	24	25.3	16.5	100	70	89.4	13	0	5.1	968.1	966.7	964.3	8543	0.0	N	0
4/10/2022	32	23	26.2	17.5	100	55	82.7	24	2	7.7	969.1	966.6	963.3	20556	0.0	N	0
5/10/2022	32	23	26.4	17.5	100	55	80.4	22	0	5.5	970.0	967.8	965.2	22841	0.0	N	0
6/10/2022	33	23	26.8	18.0	94	52	77.8	17	0	5.1	971.0	969.6	967.2	21564	0.0	N	0
7/10/2022	32	24	27.4	18.0	94	58	77.5	20	0	5.8	972.0	970	967.2	19583	0.0	NW	0
8/10/2022	31	23	26.9	17.0	100	58	78.6	17	0	6.1	971.0	969	965.2	18520	0.0	NW	0
9/10/2022	33	24	27.6	18.5	94	52	74.6	15	0	6.2	970.0	967.8	964.3	19994	0.0	W	0
10/10/2022	28	24	25.3	16.0	100	70	86.8	22	2	7.7	971.0	968.7	966.2	17742	0.0	E	0
11/10/2022	30	23	25.3	16.5	100	55	84.7	22	0	4.6	971.0	969.4	967.2	20548	0.0	E	20
12/10/2022	31	23	26.0	17.0	94	52	79.1	11	0	4.9	970.0	968	964.3	9942	0.0	E	48

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลสภาพอากาศที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วัดโดยสถานีตรวจวัดสภาพอากาศแบบดิจิทัล (ต่อ)

Date	AirTemp (°C)			Humidity (%)			Wind Speed (km/h)			Pressure (hPa)			Light (lux)		Wind direction	Rain (mm/hr)
	max	min	avg	max	min	avg	max	min	avg	max	min	avg	max	min		
	13/10/2022	33	22	27.2	94	46	73.3	11	0	4.4	970.0	967.8	965.2	12140			0.0	NW	48
14/10/2022	32	24	26.9	94	58	81.4	13	0	5.4	969.1	967.3	965.2	11470	0.0	NE	48
15/10/2022	32	23	26.8	100	38	69.9	24	0	9.4	972.0	968.5	966.2	9231	0.0	N	55
16/10/2022	27	23	23.9	88	54	76.0	24	0	7.5	972.0	969.4	967.2	8585	0.0	N	55
17/10/2022	31	22	25.6	94	48	72.1	17	0	5.9	972.0	970.4	968.1	21470	0.0	E	55
18/10/2022	31	20	25.4	100	40	67.4	19	0	7.4	972.0	969.2	966.2	19552	0.0	NE	55
19/10/2022	31	19	24.7	100	33	65.1	17	0	6.2	970.0	967.8	964.3	19301	0.0	NW	55
20/10/2022	31	18	24.6	94	37	65.0	15	0	5.1	971.0	969.1	966.2	19854	0.0	NW	55
21/10/2022	29	23	25.8	83	55	71.1	11	0	4.5	972.0	969.9	968.1	19555	0.0	NW	55
22/10/2022	32	21	26.4	94	52	73.6	19	0	6.5	973.9	972	969.1	20674	0.0	N	55
23/10/2022	31	23	25.3	100	55	85.0	20	0	6.4	974.9	972.5	970.0	22333	0.0	N	87
24/10/2022	32	22	26.4	100	49	76.7	13	0	5.4	974.9	972.3	970.0	21047	0.0	NE	88
25/10/2022	33	24	27.5	89	46	71.2	13	0	5.2	974.9	972.7	970.0	19554	0.0	N	88
26/10/2022	32	23	27.3	94	52	73.9	9	0	4.9	974.9	972.2	969.1	18554	0.0	N	88
27/10/2022	33	23	27.1	94	49	76.9	13	0	5.3	973.9	970.9	968.1	17440	0.0	NE	88
28/10/2022	32	23	26.8	94	55	77.0	17	0	5.7	972.9	970.8	967.2	19225	0.0	NE	88
29/10/2022	32	23	26.6	100	49	76.7	11	0	4.8	972	970.4	968.1	18552	0.0	NE	88

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลสภาพอากาศที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วัดโดยสถานีตรวจวัดสภาพอากาศแบบดิจิทัล (ต่อ)

Date	AirTemp (°C)				Humidity (%)				Wind Speed (km/h)				Pressure (hPa)		Light (lux)		Wind direction	Rain (mm/hr)
	max	min	avg	GDD	max	min	avg		max	min	avg		max	min	max	min		
30/10/2022	32	23	26.7	17.5	89	46	68.7	20	0	6.3	972	969.6	966.2	18546	0.0	N	88	
31/10/2022	32	21	25.7	16.5	94	46	70.6	13	0	4.6	971	969.3	966.2	17423	0.0	NW	88	
1/11/2022	32	21	25.6	16.5	94	46	70.8	17	0	7.2	978.7	972.9	975.9	12085	0.0	N	88	
2/11/2022	32	20	25.2	16.0	94	40	71.2	9	0	5.2	977.8	971	974.7	10695	0.0	NE	88	
3/11/2022	32	20	25.5	16.0	94	43	70.3	13	0	5.0	977.8	972.9	974.8	9420	0.0	NE	88	
4/11/2022	31	21	25.4	16.0	94	40	69.1	11	0	4.1	979.7	974.9	977.1	11046	0.0	E	88	
5/11/2022	30	20	24.4	15.0	94	43	70.6	11	0	4.7	981.6	976.8	979.0	12976	0.0	SE	88	
6/11/2022	31	19	24.4	15.0	94	38	70.5	7	0	4.3	981.6	975.8	978.7	10541	0.0	SE	88	
7/11/2022	32	19	24.4	15.5	100	38	69.8	7	0	4.2	980.6	974.9	977.8	11217	0.0	SW	88	
8/11/2022	31	19	24.2	15.0	94	38	69.6	11	0	4.2	980.6	974.9	977.7	11359	0.0	S	88	
9/11/2022	31	18	24.3	14.5	94	43	70.3	9	0	4.0	980.6	975.8	977.8	11139	0.0	S	88	
10/11/2022	31	19	24.4	15.0	94	40	69.8	11	0	4.5	980.6	974.9	977.6	11548	0.0	N	88	
11/11/2022	31	19	24.0	15.0	94	37	69.4	11	0	4.1	980.6	974.9	977.5	11745	0.0	N	88	
12/11/2022	31	18	24.1	14.5	94	40	70.9	9	0	4.5	979.7	973.9	976.5	11545	0.0	NE	88	
13/11/2022	32	18	24.6	15.0	94	38	68.9	13	0	4.6	978.7	972.9	976.0	11987	0.0	SW	88	
14/11/2022	32	21	26.1	16.5	94	43	70.0	13	0	5.3	978.7	972.9	976.3	11747	0.0	SW	88	
15/11/2022	33	23	26.9	18.0	94	49	73.0	30	0	8.1	977.8	972	975.3	11236	0.0	S	88	

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลสภาพอากาศที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วัดโดยสถานีตรวจวัดสภาพอากาศแบบปิติจิตอล (ต่อ)

Date	AirTemp (°C)				Humidity (%)				Wind Speed (km/h)				Pressure (hPa)				Light (lux)		Wind direction	Rain (mm/hr)
	max	min	avg	GDD	max	min	avg		max	min	avg		max	min	avg	max	min			
16/11/2022	31	22	25.3	16.5	100	52	81.3	13	0	4.8	977.8	971	974.5	14804	0.0	N	259			
17/11/2022	33	23	26.9	18.0	94	55	76.7	24	0	7.3	975.8	971	973.8	11225	0.0	S	260			
18/11/2022	29	23	25.5	16.0	94	66	80.6	20	0	6.7	977.8	972.9	975.4	14998	0.0	NW	363			
19/11/2022	33	22	26.6	17.5	100	49	77.2	11	0	5.2	977.8	972	975.2	11107	0.0	NE	363			
20/11/2022	32	22	26.0	17.0	100	52	81.6	17	0	5.1	975.8	971	974.0	13502	0.0	NW	363			
21/11/2022	33	22	26.9	17.5	100	49	76.7	11	0	4.9	974.9	970	972.8	11254	0.0	NW	363			
22/11/2022	34	23	27.1	18.5	94	38	71.4	17	0	5.8	975.8	970	972.7	4311	0.0	E	363			
23/11/2022	32	20	25.9	16.0	94	38	67.0	17	0	6.3	976.8	972	973.7	10240	0.0	S	363			
24/11/2022	28	22	24.8	15.0	83	61	72.6	17	2	7.2	976.8	972.9	974.6	4923	0.0	NE	363			
25/11/2022	30	23	25.9	16.5	94	58	77.8	15	0	6.4	977.8	972.9	975.6	11134	0.0	E	363			
26/11/2022	31	23	26.3	17.0	100	55	80.1	15	0	5.2	977.8	971	974.7	12587	0.0	E	363			
27/11/2022	32	23	26.3	17.5	94	52	80.1	15	0	5.8	975.8	971	973.3	12659	0.0	SE	363			
28/11/2022	33	24	27.1	18.5	94	49	77.6	11	0	4.2	976.8	972	974.0	23666	0.0	SW	366			
29/11/2022	32	24	27.1	18.0	94	52	75.8	11	0	5.3	977.8	972	975.0	9945	0.0	SW	366			
30/11/2022	33	23	27.1	18.0	94	46	73.8	11	0	5.3	977.8	972.9	975.5	10245	0.0	S	366			
1/12/2022	32	21	25.1	16.5	100	52	83.3	30	0	6.5	977.8	972	975.8	10766	0.0	NE	366			
2/12/2022	29	21	23.8	15.0	94	66	84.3	9	0	5.6	978.7	972.9	976.0	13471	0.0	NE	366			

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลสภาพอากาศที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วัดโดยสถานีตรวจวัดสภาพอากาศแบบปดิจิตอล (ต่อ)

Date	AirTemp (°C)				Humidity (%)			Wind Speed (km/h)			Pressure (hPa)		Light (lux)		Wind direction	Rain (mm/hr)	
	max	min	avg	GDD	max	min	avg	max	min	avg	max	min	max	min			
3/12/2022	31	21	25.4	16.0	100	55	81.0	9	0	3.9	978.7	972.9	975.4	19748	0.0	E	408
4/12/2022	31	21	25.7	16.0	100	49	77.2	9	0	3.9	978.7	972.9	976.0	29003	0.0	E	408
5/12/2022	31	21	25.7	16.0	100	51	76.0	7	0	3.7	978.7	973.9	976.4	9859	0.0	N	408
6/12/2022	31	22	25.5	16.5	94	52	77.1	11	0	4.5	978.7	972.9	975.5	9486	0.0	SE	408
7/12/2022	31	23	25.9	17.0	94	52	75.1	13	0	5.8	977.8	972.9	975.4	11525	0.0	NE	408
8/12/2022	30	23	25.9	16.5	89	55	75.1	11	0	5.8	977.8	972.9	975.6	11135	0.0	S	408
9/12/2022	32	22	26.1	17.0	94	52	74.6	11	0	4.8	977.8	972	974.9	9225	0.0	N	408
10/12/2022	31	21	25.5	16.0	100	49	75.4	9	0	4.0	976.8	972	974.4	8583	0.0	S	408
11/12/2022	31	19	24.4	15.0	94	40	71.5	9	0	4.4	977.8	972	974.9	11146	0.0	S	408
12/12/2022	30	19	24.4	14.5	94	48	73.9	11	0	6	977.8	972.9	975.3	11519	0.0	NE	408
13/12/2022	29	21	24	15.0	94	51	74.7	17	2	7.7	979.7	973.9	976.5	11503	0.0	NE	408
14/12/2022	27	21	23.3	14.0	88	54	73	13	0	7.2	980.6	975.8	977.7	9336	0.0	SW	408
15/12/2022	28	18	22.6	13.0	94	48	74	7	0	3.7	978.7	972.9	976.1	14729	0.0	SW	408
16/12/2022	28	17	22.1	12.5	94	42	73.7	11	0	4.2	978.7	972.9	975.4	14804	0.0	SW	408
17/12/2022	28	17	23.1	12.5	100	48	72.3	17	0	5.7	980.6	975.8	977.5	17659	0.0	S	408
18/12/2022	25	19	22.4	12.0	73	53	59.8	22	4	15.3	982.6	977.8	979.6	14131	0.0	S	408
19/12/2022	25	18	20.9	11.5	83	41	59.2	24	0	11	981.6	974.9	978.2	3935	0.0	S	408

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลสภาพอากาศที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วัดโดยสถานีตรวจวัดสภาพอากาศแบบดิจิทัล (ต่อ)

Date	AirTemp (°C)			Humidity (%)			Wind Speed (km/h)			Pressure (hPa)			Light (lux)		Wind direction	Rain (mm/hr)
	max	min	avg	max	min	avg	max	min	avg	max	min	avg	max	min		
20/12/2022	27	15	20.6	94	44	71.5	9	0	4	979.7	972.9	976.1	8357	0.0	S	408
21/12/2022	28	16	21.9	100	39	71.3	11	0	4.2	974.9	972.9	975.6	8514	0.0	ESE	267

หมายเหตุ

วันที่เก็บตัวอย่างของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 วันที่เก็บตัวอย่างของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2
 (ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง)

ตารางที่ ข.2 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภาคที่ 1 โรงเรือนแบบเปิด

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
1	ความสูงต้น	11.66	10.25	18.34	16.36	16.58	23.63	28.62	29.85	38.46	76.77	85.45	102.29	97.76	102.55	122.87
	ความยาวราก	19.21	17.37	17.20	22.84	49.06	54.85	42.15	54.95	13.57	97.58	85.78	75.00	95.26	58.18	51.33
2	ความสูงต้น	9.45	10.08	14.95	24.77	5.30	38.25	28.76	30.34	58.81	78.86	60.82	89.05	93.86	108.32	113.24
	ความยาวราก	14.87	18.34	22.45	22.93	40.44	53.10	49.72	64.29	12.21	90.04	90.40	93.39	35.73	95.10	61.04
3	ความสูงต้น	1.49	11.88	20.79	25.55	13.23	34.58	25.48	35.52	40.18	69.97	77.82	88.90	97.29	101.53	120.95
	ความยาวราก	8.68	19.63	19.64	37.70	47.95	42.60	50.06	56.12	19.91	97.21	33.26	72.20	39.70	92.79	43.48
4	ความสูงต้น	14.09	11.65	12.77	17.63	27.13	25.36	34.04	32.13	52.77	81.89	91.28	91.10	101.27	101.39	120.40
	ความยาวราก	11.91	15.00	34.63	38.37	44.73	43.25	54.93	65.66	18.99	74.22	33.51	65.97	73.64	32.22	90.04
5	ความสูงต้น	3.20	10.70	18.99	20.53	19.37	26.62	44.74	33.57	44.11	77.73	90.86	89.28	97.96	106.23	116.61
	ความยาวราก	15.22	13.60	16.34	40.19	27.21	36.32	51.74	62.68	7.77	66.94	65.32	95.03	95.44	98.56	61.26
6	ความสูงต้น	11.96	14.45	20.12	25.73	21.17	33.79	27.51	43.97	37.63	68.25	72.52	80.22	92.05	108.73	107.56
	ความยาวราก	13.68	13.11	29.12	43.20	42.04	53.01	40.08	53.02	6.75	79.31	74.77	92.00	92.23	33.83	77.56

ตารางที่ ข.2 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์พุมธานี 1 ภาคที่ 1 โรงเรือนแบบเปิด (ต่อ)

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
7	ความสูงต้น	5.91	13.50	28.50	33.12	5.16	26.56	30.28	38.38	38.62	85.97	87.06	88.45	97.21	102.85	120.43
	ความยาวราก	11.03	17.52	26.01	21.91	26.86	39.41	41.10	66.60	50.25	71.50	78.13	33.90	56.40	59.11	79.20
8	ความสูงต้น	3.50	14.97	15.83	25.52	18.73	20.02	26.67	3.24	51.77	69.36	67.58	88.98	99.62	108.26	123.69
	ความยาวราก	13.82	16.49	24.67	20.13	37.82	37.97	43.18	59.62	11.26	72.21	94.57	85.31	94.95	40.20	37.39
9	ความสูงต้น	6.92	13.47	27.55	30.96	21.91	33.86	44.68	49.91	48.62	77.89	93.74	95.71	90.64	109.32	114.15
	ความยาวราก	9.44	10.93	21.78	43.89	40.80	36.26	58.80	58.07	9.16	70.39	63.22	38.45	91.42	60.57	50.21
10	ความสูงต้น	12.61	14.59	14.23	18.25	25.11	27.82	26.94	43.09	51.91	71.67	90.79	82.95	100.79	101.63	101.73
	ความยาวราก	13.02	18.41	21.47	20.04	30.10	47.31	43.28	50.29	13.93	88.06	31.13	79.59	86.83	78.92	67.77
Mean	ความสูงต้น	8.08	12.55	19.21	23.84	17.37	29.05	31.77	34.00	46.29	75.84	81.79	89.69	96.85	105.08	116.16
SD	ความสูงต้น	4.48	1.87	5.33	5.61	7.52	5.76	7.21	12.64	7.48	5.85	11.45	6.10	3.58	3.38	7.12
Mean	ความยาวราก	13.09	16.04	23.33	31.12	38.70	44.41	47.50	59.13	16.38	80.75	65.01	73.08	76.16	64.95	61.93
SD	ความยาวราก	3.06	2.78	5.55	10.28	8.13	7.23	6.44	5.59	12.66	11.52	24.42	21.69	23.70	25.30	16.87

ตารางที่ ข.3 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภาคที่ 2 โรงเรือนแบบเปิด

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
1	ความสูงต้น	7.28	10.26	28.84	17.72	20.39	39.80	27.50	33.41	31.15	83.70	78.55	81.19	92.47	101.34	111.05
	ความยาวราก	11.70	16.28	29.15	20.72	44.44	57.62	46.74	60.64	68.60	68.35	37.66	66.46	93.84	57.47	39.65
2	ความสูงต้น	13.70	10.51	12.86	31.40	33.51	36.35	28.17	40.28	30.01	71.12	91.89	102.23	101.66	105.49	103.92
	ความยาวราก	9.07	19.73	21.18	37.21	31.92	55.61	43.43	55.36	71.44	94.33	74.46	55.05	46.49	67.70	63.93
3	ความสูงต้น	11.93	10.25	28.41	19.63	26.30	26.76	35.42	31.39	54.19	69.40	95.28	97.56	99.11	107.12	105.12
	ความยาวราก	11.86	9.92	31.51	39.70	33.01	48.78	52.97	50.82	76.94	83.64	58.55	95.34	69.49	35.43	67.39
4	ความสูงต้น	12.94	14.41	19.73	22.77	20.62	26.76	34.89	36.32	46.95	82.47	65.77	93.05	91.91	103.19	113.53
	ความยาวราก	7.79	11.58	34.43	33.77	35.95	39.09	52.30	57.18	66.66	92.85	57.23	43.24	95.23	57.07	77.05
5	ความสูงต้น	10.40	11.04	14.91	20.97	20.56	21.34	41.43	41.94	32.06	80.23	60.77	83.56	96.19	109.28	114.00
	ความยาวราก	5.34	12.51	28.75	42.41	30.34	42.63	51.22	66.76	69.84	90.97	34.47	81.54	93.43	41.96	41.54
6	ความสูงต้น	9.47	14.72	26.19	32.09	23.73	23.59	42.67	31.31	50.01	60.06	80.15	82.51	93.70	109.01	108.57
	ความยาวราก	13.04	12.23	25.08	38.34	40.55	35.03	57.90	65.60	69.14	80.09	31.90	76.35	61.92	57.07	91.88

ตารางที่ ข.3 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภาคที่ 2 โรงเรือนแบบเปิด (ต่อ)

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
7	ความสูงต้น	7.79	10.63	23.83	21.19	26.39	32.61	30.66	36.11	42.72	71.28	80.95	82.52	91.35	101.57	110.42
	ความยาวราก	6.54	14.71	24.33	26.24	47.34	45.29	42.82	57.67	79.63	82.90	57.61	64.62	78.24	38.50	37.15
8	ความสูงต้น	12.21	12.01	23.56	23.98	27.39	35.43	37.72	32.47	51.12	88.80	76.16	91.90	96.41	100.81	102.39
	ความยาวราก	7.26	16.13	31.31	22.49	39.02	49.64	57.84	69.29	72.79	76.28	38.01	79.76	60.01	73.28	95.60
9	ความสูงต้น	5.50	13.23	24.13	18.85	21.92	38.86	43.56	38.18	39.47	61.09	65.90	84.85	103.61	105.27	121.32
	ความยาวราก	14.51	15.21	29.91	44.04	49.23	55.92	45.81	57.23	68.14	83.88	95.18	30.26	72.41	93.88	46.44
10	ความสูงต้น	12.77	11.96	18.71	30.32	21.50	39.31	37.40	30.62	56.31	72.06	88.22	97.28	97.04	106.33	113.02
	ความยาวราก	6.44	8.33	23.15	33.56	35.28	34.94	50.33	68.08	62.88	92.96	95.95	77.05	62.82	60.13	45.71
Mean		10.40	11.90	22.12	23.89	24.23	32.08	35.94	35.20	43.40	74.02	78.36	89.67	96.35	104.94	110.33
SD		2.79	1.69	5.43	5.41	4.21	6.93	5.77	3.99	9.85	9.58	11.57	7.67	4.16	3.11	5.64
Mean		9.36	13.66	27.88	33.85	38.71	46.46	50.14	60.86	70.61	84.63	58.10	66.97	73.39	58.25	60.63
SD		3.19	3.39	4.24	8.18	6.58	8.48	5.40	6.22	4.89	8.37	23.90	19.52	16.61	17.54	21.87

ตารางที่ ข.4 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภาคที่ 3 โรงเรือนแบบเปิด

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
1	ความสูงต้น	7.30	10.13	28.88	34.89	28.02	37.67	25.27	47.80	40.49	71.68	93.64	90.87	98.73	100.12	124.55
	ความยาวราก	13.34	19.28	17.44	42.03	36.44	47.39	52.53	50.22	79.18	99.50	80.93	59.10	73.44	65.90	76.29
2	ความสูงต้น	13.84	14.78	25.37	26.27	22.05	24.47	28.97	49.92	55.42	79.89	68.25	93.39	102.16	109.87	112.76
	ความยาวราก	11.85	9.55	24.86	30.44	39.10	55.27	54.08	68.84	70.60	69.52	64.72	95.12	55.86	34.28	69.92
3	ความสูงต้น	10.26	14.09	29.91	34.55	31.34	31.68	34.61	33.60	33.65	71.14	78.48	80.29	91.89	102.14	113.38
	ความยาวราก	6.57	17.49	26.12	31.77	22.75	54.02	48.95	60.82	77.03	77.49	91.62	41.16	34.37	65.49	43.35
4	ความสูงต้น	14.30	11.01	13.85	16.79	30.41	26.79	34.86	31.29	56.18	84.72	94.22	85.13	90.48	108.17	123.42
	ความยาวราก	12.10	8.40	17.38	23.38	33.00	37.46	46.13	54.20	72.53	85.10	56.77	54.94	98.85	70.49	94.36
5	ความสูงต้น	8.78	11.42	11.32	26.63	25.47	36.65	35.10	42.35	38.66	76.35	87.68	84.35	101.39	102.20	102.87
	ความยาวราก	11.29	12.72	31.14	29.71	42.00	45.87	57.80	65.57	69.86	80.28	49.58	37.78	30.78	43.64	45.12
6	ความสูงต้น	5.26	13.84	18.45	27.81	24.84	37.65	35.68	32.12	45.06	85.78	83.20	80.52	91.39	103.54	102.63
	ความยาวราก	11.34	12.34	27.99	25.40	33.69	49.32	50.85	53.28	76.93	82.75	44.38	43.99	80.29	63.09	94.83

ตารางที่ ข.4 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภาคที่ 3 โรงเรือนแบบเปิด (ต่อ)

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
7	ความสูงต้น	7.87	11.04	23.47	19.69	33.89	31.74	40.55	31.86	44.83	87.50	77.08	85.89	94.72	101.92	115.41
	ความยาวราก	12.88	15.68	31.37	30.38	35.24	45.77	50.10	50.20	76.14	80.28	73.94	75.48	69.90	57.16	65.30
8	ความสูงต้น	11.90	10.70	23.41	30.39	21.86	28.75	43.99	44.53	50.16	74.95	62.79	91.87	99.62	103.83	114.73
	ความยาวราก	6.39	10.03	24.00	26.82	33.42	52.60	51.64	67.74	66.70	78.14	71.44	51.03	63.76	50.28	85.40
9	ความสูงต้น	9.25	13.13	21.02	29.81	25.68	27.11	42.95	44.78	43.47	76.27	91.84	98.40	95.35	105.59	103.73
	ความยาวราก	9.89	10.14	28.10	39.55	28.74	53.77	44.09	64.51	69.50	91.19	51.87	74.89	79.52	61.71	75.62
10	ความสูงต้น	5.98	11.27	13.84	24.09	27.64	33.87	28.79	35.05	38.49	88.01	75.61	98.62	92.03	104.13	113.47
	ความยาวราก	10.21	11.38	37.47	35.01	46.10	34.95	50.64	68.37	61.38	86.01	51.35	99.23	31.82	85.77	36.36
Mean		9.47	12.14	20.95	27.09	27.12	31.64	35.08	39.33	44.64	79.63	81.28	88.93	95.78	104.15	112.70
SD		3.10	1.65	6.46	5.83	3.93	4.79	6.19	7.25	7.40	6.46	10.78	6.72	4.39	2.99	7.79
Mean	ความยาวราก	10.59	12.70	26.59	31.45	35.05	47.64	50.68	60.38	71.99	83.03	63.66	63.27	61.86	59.78	68.66
SD	ความยาวราก	2.41	3.64	6.19	5.95	6.57	6.95	3.86	7.67	5.50	8.19	15.48	21.96	23.29	14.46	21.04

ตารางที่ ข.5 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์กข - แม่น้อย 2 ภาคที่ 1 โรงเรือนแบบเปิด

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
1	ความสูงต้น	9.09	14.31	18.47	25.93	28.62	23.81	43.68	38.49	37.38	73.47	62.36	80.64	93.06	102.81	115.51
	ความยาวราก	5.79	14.66	16.15	35.13	31.79	46.62	56.20	54.52	76.94	68.49	83.73	56.67	90.30	33.79	38.94
2	ความสูงต้น	10.14	12.52	16.52	16.30	20.12	28.68	36.33	48.61	52.82	78.34	90.61	104.30	103.76	100.58	117.43
	ความยาวราก	13.54	9.46	20.65	37.17	32.45	47.53	47.77	62.95	66.60	70.11	82.62	64.35	50.50	85.96	80.12
3	ความสูงต้น	10.07	14.24	15.70	26.14	24.18	36.20	44.32	33.75	59.93	72.89	76.14	99.70	93.04	105.75	124.33
	ความยาวราก	13.06	17.64	23.21	34.15	48.64	58.58	58.42	66.38	79.08	69.00	37.59	59.40	99.69	77.55	99.72
4	ความสูงต้น	11.12	10.71	11.26	26.17	25.01	29.27	26.40	35.92	64.12	83.17	90.27	89.72	93.25	108.58	112.31
	ความยาวราก	7.23	19.28	30.00	20.80	47.03	44.41	55.51	50.56	72.18	65.03	59.72	93.61	97.75	42.79	99.42
5	ความสูงต้น	8.73	11.42	15.52	19.95	22.05	37.66	27.98	32.12	39.90	65.80	86.39	95.76	92.04	100.86	103.64
	ความยาวราก	6.83	19.41	31.39	35.70	22.02	51.34	40.01	55.73	68.13	81.65	95.99	39.64	39.78	87.35	40.20
6	ความสูงต้น	8.17	10.93	23.90	15.47	29.85	22.97	41.17	45.63	45.31	76.11	62.97	92.07	98.03	102.50	105.56
	ความยาวราก	9.86	16.42	17.08	32.21	46.29	36.33	58.71	60.08	77.01	73.91	32.89	75.54	67.29	75.12	63.29

ตารางที่ ข.5 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ภาคที่ 1 โรงเรือนแบบเปิด (ต่อ)

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
7	ความสูงต้น	13.99	10.77	10.23	31.32	21.83	28.39	34.61	42.42	39.39	79.32	86.06	93.96	92.75	101.63	116.95
	ความยาวราก	9.42	17.28	28.64	29.78	47.86	50.60	56.64	55.01	60.96	69.67	51.31	88.58	57.37	39.10	40.88
8	ความสูงต้น	13.24	11.98	27.12	22.95	20.27	39.09	40.62	41.28	61.17	64.73	72.20	86.24	104.38	108.40	115.93
	ความยาวราก	7.66	12.78	30.01	40.94	32.25	30.69	40.07	66.38	77.43	70.73	51.75	47.15	54.58	75.58	71.10
9	ความสูงต้น	11.96	13.54	26.36	21.95	24.38	25.81	29.17	33.60	36.37	83.33	91.05	102.25	90.86	101.95	107.69
	ความยาวราก	6.23	8.02	33.54	40.72	40.00	34.84	47.23	53.74	63.35	73.00	30.04	36.04	83.55	92.98	77.99
10	ความสูงต้น	10.80	10.19	25.17	17.71	22.92	32.03	26.25	48.13	48.80	79.92	81.61	100.55	91.33	100.71	104.51
	ความยาวราก	5.90	13.69	21.05	39.00	28.45	56.21	55.84	60.47	70.40	98.59	80.56	69.11	57.82	32.19	93.74
Mean		10.73	12.06	19.03	22.39	23.92	30.39	35.05	40.00	48.52	75.71	79.97	94.52	95.25	103.38	112.39
SD		1.90	1.52	6.22	5.10	3.25	5.70	7.21	6.15	10.50	6.53	11.04	7.53	5.04	3.08	6.82
Mean		8.55	14.86	25.17	34.56	37.68	45.72	51.64	58.58	71.21	74.02	60.62	63.01	69.86	64.24	70.54
SD		2.85	3.91	6.29	6.01	9.50	9.24	7.29	5.49	6.38	9.69	23.73	19.33	21.33	24.27	24.09

ตารางที่ ข.6 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ภาคที่ 2 โรงเรือนแบบเปิด

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
1	ความสูงต้น	12.72	14.62	15.69	17.96	26.34	32.27	32.24	31.34	42.53	68.32	94.54	100.84	94.83	103.79	110.55
	ความยาวราก	10.19	18.12	16.94	37.84	31.05	52.98	52.85	69.39	74.69	99.07	44.20	56.43	46.90	65.18	30.87
2	ความสูงต้น	12.41	12.24	13.09	16.69	24.83	38.89	37.94	49.58	42.50	73.81	66.77	96.77	93.14	103.83	124.36
	ความยาวราก	7.49	17.75	22.70	43.59	25.26	40.48	48.45	62.00	76.88	70.52	76.98	35.68	37.97	47.55	77.69
3	ความสูงต้น	10.56	11.49	16.49	15.69	34.69	36.12	29.20	39.98	31.15	75.82	90.99	84.13	103.21	105.01	120.28
	ความยาวราก	11.66	16.08	21.48	23.02	23.61	53.14	50.81	60.43	72.19	93.40	59.27	79.91	72.59	30.93	76.95
4	ความสูงต้น	9.29	10.78	29.62	16.68	22.30	34.98	33.62	31.50	45.44	73.88	81.17	96.14	97.26	109.52	101.04
	ความยาวราก	9.80	9.98	29.61	25.10	21.49	46.77	57.33	63.54	69.07	66.83	92.23	53.45	64.40	66.15	87.40
5	ความสูงต้น	5.23	11.45	14.37	20.56	30.95	38.41	43.56	43.37	41.08	86.08	91.56	104.28	90.30	103.61	100.12
	ความยาวราก	12.24	14.92	16.50	22.90	26.34	56.71	59.88	50.63	60.52	88.42	85.97	80.48	87.07	39.51	59.77
6	ความสูงต้น	11.86	14.83	26.90	20.80	20.42	27.52	32.73	31.44	47.89	70.66	61.57	92.33	93.81	108.33	100.81
	ความยาวราก	9.49	14.72	37.41	35.39	23.02	48.91	40.64	56.85	62.49	95.77	34.75	88.74	63.27	74.71	54.11

ตารางที่ ข.6 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ภาคที่ 2 โรงเรือนแบบเปิด (ต่อ)

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
7	ความสูงต้น	7.31	12.85	22.81	25.98	27.50	29.83	34.07	30.98	32.95	88.31	96.63	80.49	91.66	101.46	117.37
	ความยาวราก	13.29	9.45	28.95	23.52	29.80	48.40	48.30	66.15	62.20	72.60	34.25	84.97	90.18	40.95	74.80
8	ความสูงต้น	9.42	10.05	22.25	26.36	24.23	30.69	26.11	40.85	58.43	85.23	65.88	91.23	102.90	109.88	115.11
	ความยาวราก	13.00	8.54	26.01	39.30	37.81	46.65	48.12	64.78	60.70	89.85	71.12	70.43	51.47	55.16	84.02
9	ความสูงต้น	7.26	10.18	12.57	21.30	23.41	29.34	29.03	42.80	42.84	72.01	85.41	84.47	102.48	105.58	119.65
	ความยาวราก	7.08	9.49	15.61	31.97	29.68	58.50	48.99	62.63	78.16	88.75	65.68	84.28	94.52	66.95	31.31
10	ความสูงต้น	12.25	14.55	24.85	18.87	24.11	21.20	37.49	42.69	57.68	61.63	97.37	88.90	104.43	109.91	122.85
	ความยาวราก	5.65	15.44	23.57	42.66	47.20	52.58	50.34	51.07	73.77	96.73	35.01	67.81	52.25	50.70	75.13
Mean	ความสูงต้น	9.83	12.30	19.86	20.09	25.88	31.93	33.60	38.45	44.25	75.58	83.19	91.96	97.40	106.09	113.21
SD	ความยาวราก	2.58	1.84	6.16	3.72	4.24	5.42	5.08	6.64	8.90	8.54	13.69	7.68	5.38	3.08	9.49
Mean	ความยาวราก	9.99	13.45	23.88	32.53	29.53	50.51	50.57	60.75	69.07	86.19	59.95	70.22	66.06	53.78	65.21
SD	ความยาวราก	2.62	3.69	6.87	8.35	7.84	5.33	5.32	6.19	7.00	11.79	21.94	17.09	19.57	14.28	20.58

ตารางที่ ข.7 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ภาคที่ 3 โรงเรือนแบบเปิด

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
1	ความสูงต้น	10.25	14.11	18.84	26.48	29.04	22.32	34.66	31.40	31.95	65.81	88.77	104.37	104.92	105.64	113.88
	ความยาวราก	11.74	10.46	25.32	26.81	23.01	50.05	54.48	59.30	76.65	91.58	92.30	38.91	76.08	96.74	90.19
2	ความสูงต้น	8.16	10.49	16.95	17.25	25.93	30.61	42.73	46.11	53.40	79.15	67.11	86.09	90.59	109.88	115.95
	ความยาวราก	8.90	18.50	37.18	26.91	42.57	56.70	43.44	55.13	65.62	68.02	87.97	99.53	75.70	32.48	94.35
3	ความสูงต้น	9.57	14.98	19.52	21.93	21.89	33.26	25.78	42.74	46.97	80.90	92.39	103.99	102.28	104.64	122.98
	ความยาวราก	8.35	18.11	32.19	36.71	43.10	43.25	46.12	50.42	79.75	83.63	96.93	91.26	98.56	39.04	96.12
4	ความสูงต้น	14.48	13.47	23.97	28.14	31.85	27.43	28.89	47.74	42.07	86.74	84.25	91.59	95.30	100.20	113.66
	ความยาวราก	9.04	14.75	20.66	24.14	34.71	30.48	46.27	61.94	69.46	75.40	83.71	36.83	95.96	38.99	62.62
5	ความสูงต้น	8.44	10.50	27.67	27.95	34.21	29.92	41.84	37.00	49.73	85.79	67.71	87.16	91.06	105.44	106.61
	ความยาวราก	5.13	17.97	17.39	20.57	33.25	57.56	58.24	58.91	78.17	89.73	81.50	68.62	95.16	35.57	68.47
6	ความสูงต้น	13.82	13.61	11.68	23.01	20.82	20.62	41.44	35.79	45.71	80.78	83.09	80.02	100.92	101.44	124.98
	ความยาวราก	6.37	13.74	26.61	27.17	23.28	44.01	45.03	69.77	61.83	80.68	38.47	84.20	92.86	49.62	73.79

ตารางที่ ข.7 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ภาคที่ 3 โรงเรือนแบบเปิด (ต่อ)

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
7	ความสูงต้น	5.85	12.69	27.53	34.94	24.34	36.56	39.45	44.62	55.28	71.54	76.29	90.07	90.82	100.79	116.39
	ความยาวราก	11.71	14.02	21.31	23.60	21.53	44.92	44.35	65.68	68.89	91.81	80.32	53.98	37.11	63.05	92.96
8	ความสูงต้น	11.84	14.04	19.68	21.84	28.89	28.39	37.67	35.53	32.67	80.40	96.89	80.76	90.47	101.62	114.55
	ความยาวราก	12.73	13.66	36.02	36.97	25.78	43.73	55.24	50.40	69.68	72.64	36.63	47.19	91.05	43.13	72.96
9	ความสูงต้น	7.26	10.46	15.14	27.45	21.96	32.75	31.63	32.05	56.09	81.49	63.09	80.34	97.86	101.68	107.32
	ความยาวราก	5.76	9.63	38.82	41.95	44.13	37.39	57.40	62.57	60.48	69.84	86.83	87.59	66.09	77.63	81.56
10	ความสูงต้น	6.72	15.00	21.91	27.76	21.34	39.02	41.61	42.20	32.28	65.14	77.33	81.07	104.20	101.32	109.49
	ความยาวราก	5.56	13.09	24.82	25.01	24.20	32.92	49.29	67.06	76.85	99.42	81.39	30.29	46.16	99.61	79.43
Mean	ความสูงต้น	9.64	12.94	20.29	25.68	26.03	30.09	36.57	39.52	44.62	77.77	79.69	88.55	96.84	103.27	114.58
SD	ความสูงต้น	2.95	1.82	5.14	4.85	4.76	5.76	6.04	5.89	9.53	7.66	11.38	9.22	5.95	3.05	6.03
Mean	ความยาวราก	8.53	14.39	28.03	28.98	31.56	44.10	49.99	60.12	70.74	82.28	76.61	63.84	77.47	57.59	81.25
SD	ความยาวราก	2.81	3.07	7.55	7.02	9.16	9.02	5.77	6.64	6.88	10.69	21.23	25.56	21.77	25.40	11.78

ตารางที่ ข.8 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภาคที่ 1 โรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาว

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่															
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022	
1	ความสูงต้น	1.50	2.75	5.94	4.22	6.99	7.06	7.79	14.32	18.56	21.83	23.69	28.61	33.99	26.84	33.36	
	ความยาวราก	1.82	4.68	4.17	7.33	7.63	8.76	17.39	18.27	18.85	21.61	23.38	29.64	34.63	29.73	35.43	
2	ความสูงต้น	2.28	3.41	3.87	5.43	7.15	12.45	15.99	19.13	16.37	24.78	24.07	26.64	27.68	25.36	31.22	
	ความยาวราก	1.67	3.81	5.84	7.37	9.71	13.39	19.71	15.78	15.25	23.34	22.98	28.66	32.44	33.41	33.99	
3	ความสูงต้น	1.84	3.52	4.03	5.99	8.08	10.51	5.90	15.86	17.69	24.48	22.64	25.32	26.09	25.24	36.11	
	ความยาวราก	2.57	4.11	3.40	5.44	6.04	11.77	13.70	19.19	16.02	22.65	24.49	28.17	30.97	33.42	37.07	
4	ความสูงต้น	1.92	2.49	3.86	5.62	5.41	13.63	13.81	13.47	17.89	24.31	26.92	26.42	30.29	33.61	30.89	
	ความยาวราก	2.03	2.93	4.44	5.20	9.01	8.67	7.38	16.21	17.56	22.48	27.32	29.64	32.73	33.22	35.22	
5	ความสูงต้น	1.43	3.01	5.35	7.40	9.16	11.54	11.90	14.88	16.95	23.54	21.86	25.90	29.20	37.63	31.41	
	ความยาวราก	2.45	2.06	5.08	8.00	8.72	8.15	15.95	12.92	17.06	24.23	23.90	29.28	27.67	30.89	30.66	
6	ความสูงต้น	2.44	2.76	4.71	5.94	8.95	9.45	13.62	19.70	19.34	24.58	25.03	28.24	33.50	37.39	36.03	
	ความยาวราก	1.36	4.53	3.95	7.00	7.10	14.32	14.80	17.65	16.74	20.17	28.69	29.59	34.85	30.89	34.80	

ตารางที่ ข.8 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภาคที่ 1 โรงเรือนควบคุมสภาพจำลองฤดูหนาว (ต่อ)

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
7	ความสูงต้น	2.46	3.05	4.64	7.69	6.89	9.59	14.30	11.27	16.79	20.04	27.75	27.19	32.42	27.44	38.74
	ความยาวราก	1.80	4.29	3.84	4.28	6.17	7.83	17.62	11.36	15.34	20.90	29.28	28.80	26.62	25.01	34.68
8	ความสูงต้น	2.36	3.69	4.91	5.13	6.25	10.17	19.87	17.83	15.92	21.14	22.65	25.46	30.36	28.18	31.36
	ความยาวราก	2.58	4.04	3.59	5.97	9.61	7.30	13.38	16.13	17.04	23.07	25.79	27.74	29.31	34.51	37.81
9	ความสูงต้น	2.36	4.61	3.01	5.73	5.22	11.92	13.88	19.53	19.06	24.04	29.87	29.09	25.20	32.72	37.81
	ความยาวราก	1.19	2.90	3.18	4.22	7.43	10.06	18.48	19.20	16.18	23.19	26.36	29.12	27.36	35.02	38.15
10	ความสูงต้น	1.76	3.92	4.94	7.20	8.36	7.31	9.02	15.76	17.28	22.07	25.18	29.18	26.44	37.45	38.60
	ความยาวราก	2.07	2.75	4.16	5.06	6.01	11.00	9.79	10.82	15.04	23.09	21.75	25.13	34.23	31.79	37.68
Mean	ความสูงต้น	2.04	3.32	4.53	6.04	7.25	10.36	12.61	16.18	17.59	23.08	24.97	27.21	29.52	31.19	34.55
SD	ความสูงต้น	0.39	0.64	0.85	1.09	1.38	2.12	4.12	2.83	1.14	1.68	2.55	1.48	3.14	5.15	3.25
Mean	ความยาวราก	1.95	3.61	4.17	5.99	7.74	10.13	14.82	15.75	16.51	22.47	25.39	28.58	31.08	31.79	35.55
SD	ความยาวราก	0.48	0.88	0.80	1.36	1.45	2.42	3.90	3.08	1.19	1.23	2.52	1.37	3.16	2.92	2.27

ตารางที่ ข.9 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภาคที่ 2 โรงเรียนควนควมสุภาวะจำลองสุพรรณนา

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
1	ความสูงต้น	2.59	4.06	4.60	4.35	6.84	5.63	18.37	11.40	15.47	23.66	26.82	29.21	33.06	32.55	31.72
	ความยาวราก	2.71	3.40	5.87	7.09	6.54	10.02	5.06	15.09	16.87	22.72	20.69	27.52	26.18	26.58	37.31
2	ความสูงต้น	1.50	4.58	4.98	5.46	7.83	13.29	19.56	14.82	18.24	23.15	23.18	25.05	33.06	26.75	34.61
	ความยาวราก	1.82	4.42	3.09	6.80	5.71	12.26	5.06	16.43	15.41	23.80	27.64	26.17	30.03	37.68	36.46
3	ความสูงต้น	2.52	2.44	4.22	5.71	5.49	6.09	7.51	12.46	15.73	24.52	26.05	29.02	34.14	35.22	38.20
	ความยาวราก	1.24	4.27	4.23	6.72	5.63	7.98	15.92	16.63	18.23	24.25	23.73	28.59	28.29	38.09	32.61
4	ความสูงต้น	2.71	2.70	3.81	4.68	6.39	5.97	16.35	10.98	15.51	22.29	24.70	27.74	34.95	37.77	31.16
	ความยาวราก	2.52	2.96	4.93	5.55	6.85	14.87	10.61	17.61	16.16	22.53	26.00	26.79	34.97	38.13	39.39
5	ความสูงต้น	2.90	3.42	4.76	6.57	5.43	11.59	13.71	14.65	15.48	23.76	21.74	26.66	26.27	31.58	31.49
	ความยาวราก	1.88	4.03	3.72	5.43	8.48	7.45	19.74	10.60	18.30	24.33	26.98	29.68	25.02	28.96	39.88
6	ความสูงต้น	1.86	4.70	5.77	4.07	9.54	12.17	10.40	11.33	17.87	24.11	25.27	25.48	31.55	26.32	37.44
	ความยาวราก	1.60	4.50	3.68	4.10	7.22	8.22	18.68	19.16	19.72	23.07	21.17	27.37	26.91	38.19	36.21

ตารางที่ ข.9 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภาคที่ 2 โรงเรียนควบคุมสภาพจำลองทุ่งนา (ต่อ)

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
7	ความสูงต้น	2.14	3.94	3.47	7.12	9.30	8.69	19.83	11.98	18.01	22.26	21.03	26.27	29.25	37.41	30.91
	ความยาวราก	2.58	4.28	5.04	5.89	7.06	9.37	17.83	15.99	18.95	23.27	28.49	26.52	32.06	38.38	32.59
8	ความสูงต้น	2.62	2.93	5.91	7.20	7.41	5.38	8.19	13.32	15.01	23.73	23.75	27.05	28.58	31.76	34.69
	ความยาวราก	1.65	4.88	3.92	5.94	8.47	14.57	19.45	13.41	17.48	24.46	23.72	28.66	34.41	37.31	37.93
9	ความสูงต้น	1.77	3.21	3.86	4.25	5.65	8.13	17.92	12.09	17.93	23.37	22.59	28.59	29.40	30.86	38.53
	ความยาวราก	1.83	4.02	5.97	6.37	6.36	7.41	8.92	12.17	15.51	23.14	25.93	27.08	33.18	33.89	35.63
10	ความสูงต้น	1.84	2.88	5.88	6.82	6.51	11.16	19.76	16.77	16.46	23.34	25.89	27.02	28.59	33.10	37.28
	ความยาวราก	1.79	4.96	5.95	4.46	8.12	6.71	9.30	16.39	18.90	23.71	23.78	29.68	30.89	37.73	37.53
Mean	ความสูงต้น	2.25	3.49	4.73	5.62	7.04	8.81	15.16	12.98	16.57	23.42	24.10	27.21	30.89	32.33	34.60
SD	ความยาวราก	0.48	0.79	0.90	1.24	1.48	3.03	4.87	1.88	1.29	0.72	1.95	1.43	2.86	3.87	3.11
Mean	ความยาวราก	1.96	4.17	4.64	5.84	7.04	9.89	13.06	15.35	17.55	23.53	24.81	27.81	30.19	35.49	36.55
SD	ความยาวราก	0.48	0.62	1.06	0.99	1.04	3.00	5.90	2.59	1.51	0.68	2.64	1.27	3.51	4.31	2.47

ตารางที่ ข.10 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภาคที่ 3 โรงเรียนควบคุมสภาพะจำลองฤดูหนาว

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
1	ความสูงต้น	1.27	3.84	3.32	7.06	5.28	11.66	17.20	13.56	17.58	22.91	24.08	26.29	33.77	30.58	37.91
	ความยาวราก	2.91	4.08	4.20	6.35	8.35	5.69	19.05	17.31	18.93	21.17	25.93	28.77	28.05	33.39	32.78
2	ความสูงต้น	1.59	4.05	3.36	5.24	5.13	12.30	13.99	12.08	19.70	22.33	23.24	29.59	30.59	27.71	36.37
	ความยาวราก	1.65	3.13	5.58	5.61	8.10	7.80	11.83	14.50	17.37	20.67	21.62	27.66	28.06	27.71	39.79
3	ความสูงต้น	1.76	4.31	3.21	7.79	8.11	5.61	15.38	15.53	19.26	22.07	23.56	29.57	30.65	37.78	39.64
	ความยาวราก	2.69	2.76	3.57	7.29	5.75	9.88	6.16	10.11	19.97	23.09	25.85	26.52	27.38	38.55	36.69
4	ความสูงต้น	2.49	4.97	4.08	7.50	8.01	14.75	6.33	12.08	15.44	24.39	27.72	27.66	34.73	36.28	39.35
	ความยาวราก	2.52	4.59	3.08	6.26	9.35	5.27	12.94	14.88	16.26	24.70	28.58	27.41	29.78	36.45	30.71
5	ความสูงต้น	2.94	3.09	4.50	5.71	9.88	6.40	6.97	11.05	19.74	22.93	26.61	28.00	28.96	25.71	33.13
	ความยาวราก	1.48	4.03	5.11	4.50	6.43	6.94	8.72	10.77	19.23	23.80	26.07	27.34	29.87	34.22	36.49
6	ความสูงต้น	2.78	3.59	4.60	6.75	9.29	9.40	5.61	11.91	17.43	20.25	29.98	26.59	27.57	26.28	34.09
	ความยาวราก	1.36	2.06	3.36	5.14	5.72	11.19	12.77	15.88	17.70	22.42	26.90	26.83	29.53	33.25	31.47

ตารางที่ ข.10 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภาคที่ 3 โรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาว (ต่อ)

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
7	ความสูงต้น	2.46	4.01	5.54	4.91	8.59	6.62	12.99	10.26	17.91	22.59	21.90	29.34	33.68	35.17	37.35
	ความยาวราก	2.84	2.76	5.98	4.90	5.15	7.05	8.69	11.72	19.62	22.53	23.96	29.09	26.98	33.48	32.95
8	ความสูงต้น	2.39	2.24	4.60	4.14	6.46	9.56	9.51	10.70	15.36	21.23	26.58	28.45	29.50	28.24	33.04
	ความยาวราก	2.33	4.91	4.30	5.83	8.33	9.01	9.13	19.07	18.84	24.96	20.57	25.75	28.02	38.24	33.33
9	ความสูงต้น	2.82	2.89	5.55	5.50	6.16	9.17	14.52	13.79	19.63	21.44	21.09	25.44	30.89	35.04	31.86
	ความยาวราก	2.82	3.94	5.99	4.26	7.94	13.45	19.50	12.71	18.03	24.25	29.46	25.46	34.03	36.37	38.83
10	ความสูงต้น	1.42	3.74	5.68	4.78	8.03	9.19	16.61	11.13	15.89	24.54	24.65	25.16	34.47	31.70	37.47
	ความยาวราก	2.00	4.76	3.73	4.23	5.54	11.99	15.85	12.80	17.40	24.81	29.03	25.71	34.86	34.64	35.24
Mean	ความสูงต้น	2.19	3.67	4.44	5.94	7.49	9.47	11.91	12.21	17.79	22.47	24.94	27.61	31.48	31.45	36.02
SD	ความสูงต้น	0.62	0.77	0.95	1.25	1.65	2.85	4.41	1.64	1.77	1.34	2.75	1.67	2.52	4.41	2.79
Mean	ความยาวราก	2.26	3.70	4.49	5.44	7.07	8.83	12.46	13.98	18.34	23.24	25.80	27.05	29.66	34.63	34.83
SD	ความยาวราก	0.60	0.97	1.10	1.01	1.50	2.76	4.52	2.89	1.17	1.53	3.00	1.25	2.72	3.12	3.08

ตารางที่ ข.11 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์กข - แมโจ 2 ถาดที่ 1 โรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาว

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
1	ความสูงต้น	2.83	2.73	4.63	6.90	5.51	10.63	17.34	18.39	22.84	21.60	26.05	28.46	30.14	33.19	35.14
	ความยาวราก	1.51	4.70	5.29	7.02	6.57	13.26	15.29	14.41	21.87	22.01	22.19	28.66	26.05	31.73	42.74
2	ความสูงต้น	2.06	4.20	4.49	7.70	5.29	11.65	15.75	22.34	16.40	22.70	22.19	27.57	25.77	39.58	33.66
	ความยาวราก	2.73	3.47	3.25	6.05	7.73	7.28	17.63	11.37	17.63	24.57	22.50	27.53	28.10	32.74	32.50
3	ความสูงต้น	1.87	4.49	3.50	5.00	6.75	6.83	14.69	11.87	15.05	24.34	26.36	25.26	25.67	38.15	37.84
	ความยาวราก	2.66	2.42	4.09	6.17	6.39	8.90	14.50	13.98	21.41	22.39	21.28	28.56	31.17	38.09	40.25
4	ความสูงต้น	2.34	3.37	5.67	4.15	7.21	11.19	13.47	22.13	20.84	24.61	29.83	26.51	30.80	25.31	40.08
	ความยาวราก	1.30	3.78	4.12	5.18	7.72	13.08	13.12	22.41	22.83	22.93	28.12	27.24	26.78	37.02	33.64
5	ความสูงต้น	2.82	3.86	5.68	4.07	6.84	9.33	14.40	24.60	16.24	20.59	26.68	29.22	34.15	32.54	33.23
	ความยาวราก	1.99	2.37	5.91	5.44	8.13	13.26	19.16	20.24	24.79	21.37	22.61	28.97	31.91	29.70	39.45
6	ความสูงต้น	2.84	2.10	4.05	6.50	6.00	13.45	17.71	12.35	24.77	24.33	23.80	29.45	32.49	35.52	36.99
	ความยาวราก	1.86	3.32	3.75	6.39	8.35	6.89	16.37	14.47	17.68	24.72	21.52	27.59	29.06	33.58	37.28

ตารางที่ ข.11 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์กข - แม่ไร่ 2 ภาคที่ 1 โรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาว (ต่อ)

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
7	ความสูงต้น	1.77	3.04	3.49	5.08	8.77	5.79	10.43	19.08	20.86	23.09	29.91	25.05	28.17	38.29	33.25
	ความยาวราก	2.99	4.10	5.30	7.81	6.46	13.60	11.30	16.90	24.57	20.38	20.49	25.65	34.92	37.03	43.54
8	ความสูงต้น	2.70	2.43	3.64	6.70	5.09	7.09	13.63	20.72	22.37	21.06	28.22	27.91	25.43	25.39	32.44
	ความยาวราก	1.62	3.59	5.84	6.34	5.45	6.92	13.88	20.46	21.96	23.72	20.66	26.77	34.45	39.60	44.96
9	ความสูงต้น	2.88	2.41	3.24	7.28	8.16	14.20	19.54	14.26	22.05	21.98	20.73	29.79	26.26	25.39	40.85
	ความยาวราก	2.91	3.05	3.10	5.73	6.81	5.29	18.33	14.59	19.41	23.02	21.68	26.78	31.08	39.64	32.26
10	ความสูงต้น	1.92	3.00	3.33	4.56	9.55	8.97	16.57	19.33	15.60	24.73	24.57	29.86	27.64	38.52	44.62
	ความยาวราก	1.39	4.60	5.34	7.07	5.73	10.02	18.41	14.62	19.77	21.28	24.64	28.40	27.27	36.54	44.66
Mean	ความสูงต้น	2.40	3.16	4.17	5.79	6.92	9.91	15.35	18.51	19.70	22.90	25.83	27.91	28.65	33.19	36.81
SD	ความสูงต้น	0.46	0.80	0.92	1.36	1.52	2.82	2.60	4.36	3.53	1.55	3.06	1.80	3.10	5.86	4.03
Mean	ความยาวราก	2.10	3.54	4.60	6.32	6.93	9.85	15.80	16.35	21.19	22.64	22.57	27.62	30.08	35.57	39.13
SD	ความยาวราก	0.66	0.80	1.06	0.80	1.00	3.22	2.61	3.54	2.55	1.43	2.28	1.05	3.13	3.42	4.98

ตารางที่ ข.12 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์กช - แม่ไร่ 2 ภาคที่ 2 ร้อยรอบความสมบูรณ์จะจำลองดูหนา

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
1	ความสูงต้น	2.93	3.61	5.54	5.13	7.65	12.81	12.63	12.29	18.50	23.23	21.71	29.64	27.68	36.17	38.28
	ความยาวราก	2.11	2.04	3.91	5.70	9.50	13.59	10.09	12.63	18.77	20.55	22.27	27.37	31.29	26.96	36.88
2	ความสูงต้น	1.08	4.70	5.50	5.30	5.44	5.11	19.58	14.46	20.50	23.04	23.53	29.68	33.70	37.72	38.52
	ความยาวราก	2.36	4.98	4.11	4.85	5.71	11.73	13.66	20.66	19.67	24.48	21.57	26.69	34.79	35.60	40.96
3	ความสูงต้น	2.99	2.13	4.37	6.14	5.18	14.36	15.62	11.78	20.19	24.20	27.58	27.64	28.03	37.78	44.74
	ความยาวราก	2.19	2.93	5.16	7.86	5.52	5.02	17.45	18.17	18.20	24.44	25.06	26.21	28.79	33.51	39.27
4	ความสูงต้น	1.83	2.83	4.23	7.11	5.11	7.59	19.57	10.95	24.26	23.33	20.44	28.41	31.67	35.72	43.30
	ความยาวราก	2.62	3.08	5.49	5.04	6.24	13.80	12.18	18.65	21.44	23.12	26.33	27.86	25.67	31.26	42.81
5	ความสูงต้น	2.38	4.40	4.11	7.06	6.30	9.15	18.87	11.32	17.82	21.03	28.01	27.14	28.29	28.22	39.71
	ความยาวราก	2.85	2.93	4.45	6.22	7.89	6.95	15.77	17.15	16.24	23.98	27.11	26.91	34.52	33.38	36.25
6	ความสูงต้น	1.59	2.02	3.98	6.11	8.15	14.59	15.05	22.71	15.42	23.06	27.68	29.27	33.19	33.93	34.13
	ความยาวราก	2.24	3.93	3.79	5.01	7.37	7.69	17.31	24.11	23.64	23.48	28.21	25.46	30.98	34.31	32.92

ตารางที่ ข.12 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์กข - แม่น้ำ 2 ภาคที่ 2 โรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาว (ต่อ)

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
7	ความสูงต้น	2.92	4.54	5.87	6.82	6.31	12.85	14.77	16.26	15.06	24.80	23.94	25.93	32.86	37.82	32.45
	ความยาวราก	1.02	3.35	4.91	4.34	7.67	11.37	13.77	12.77	20.24	22.95	20.88	26.53	30.00	25.24	41.20
8	ความสูงต้น	2.37	4.31	5.26	5.00	8.85	5.37	14.01	12.00	23.25	20.15	27.76	26.83	27.83	27.36	44.68
	ความยาวราก	1.87	4.76	4.93	5.06	8.73	10.69	13.21	10.75	18.04	23.64	22.37	29.56	30.95	29.44	34.64
9	ความสูงต้น	1.63	4.56	4.87	4.14	5.75	9.80	19.02	14.62	18.82	20.37	25.22	25.92	26.40	35.06	40.16
	ความยาวราก	2.72	3.59	4.15	6.85	6.87	13.39	18.04	23.00	15.70	20.67	23.74	26.71	30.43	30.95	35.83
10	ความสูงต้น	1.00	3.77	3.82	4.09	5.52	8.60	14.95	22.01	22.98	21.04	29.18	25.08	34.03	37.59	31.93
	ความยาวราก	1.03	3.09	4.76	4.41	5.30	11.27	19.91	14.56	22.52	23.07	23.70	27.08	28.27	29.79	40.11
Mean	ความสูงต้น	2.07	3.69	4.76	5.69	6.43	10.02	16.41	14.84	19.68	22.43	25.51	27.55	30.37	34.74	38.79
SD	ความสูงต้น	0.75	1.02	0.75	1.13	1.33	3.50	2.59	4.31	3.17	1.64	2.99	1.66	2.97	3.89	4.74
Mean	ความยาวราก	2.10	3.47	4.57	5.53	7.08	10.55	15.14	17.25	19.45	23.04	24.12	27.04	30.57	31.04	38.09
SD	ความยาวราก	0.64	0.89	0.57	1.13	1.41	3.02	3.05	4.54	2.58	1.39	2.48	1.10	2.73	3.29	3.24

ตารางที่ ข.13 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ภาคที่ 3 โรงเรียนความอุดมสมบูรณ์จำลองภูหนาว

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
1	ความสูงต้น	1.06	2.25	3.28	4.26	5.11	13.86	16.11	24.11	23.73	20.18	23.16	27.65	26.45	31.86	37.56
	ความยาวราก	2.24	2.55	3.28	7.85	5.87	9.65	13.78	16.70	19.41	23.25	23.63	28.11	28.91	39.22	30.43
2	ความสูงต้น	1.26	2.98	3.14	5.37	9.49	10.58	13.80	21.43	18.33	21.73	29.80	27.11	32.03	25.13	39.38
	ความยาวราก	1.74	4.03	3.59	5.47	6.67	6.75	15.40	12.36	17.30	22.91	20.16	27.86	25.13	39.47	37.26
3	ความสูงต้น	1.41	2.52	5.60	6.54	7.83	10.95	12.69	22.68	16.91	23.42	22.54	25.75	32.24	35.03	39.48
	ความยาวราก	1.98	3.37	3.20	5.66	9.10	9.75	11.23	18.82	24.77	21.31	29.31	27.43	28.64	39.39	34.44
4	ความสูงต้น	1.11	2.63	5.86	6.28	9.22	11.11	18.04	24.82	15.42	24.72	29.49	28.98	28.96	37.04	30.00
	ความยาวราก	2.88	2.38	4.26	4.14	7.35	6.64	12.62	11.95	23.46	20.49	22.95	27.71	29.48	39.73	36.34
5	ความสูงต้น	1.23	4.96	3.97	7.55	9.62	12.97	14.91	21.42	24.30	22.24	20.58	28.53	26.40	33.91	31.41
	ความยาวราก	1.01	2.25	4.83	6.16	7.89	14.08	19.45	10.38	21.22	24.89	26.13	29.68	25.09	34.87	38.65
6	ความสูงต้น	2.13	3.62	5.14	7.08	8.58	9.74	10.68	18.55	17.59	22.02	28.11	29.49	32.01	36.97	41.84
	ความยาวราก	2.04	4.87	4.60	7.35	9.62	13.80	15.98	10.63	20.66	24.89	23.14	25.24	27.53	29.21	32.99

ตารางที่ ข.13 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ภาคที่ 3 โรงเรียนความอุดมสมบูรณ์จำลองฤดูหนาว (ต่อ)

ต้นที่	หน่วยเป็น (mm)	วันที่														
		19/9/2022	20/9/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	25/9/2022	26/9/2022	27/9/2022	28/9/2022	29/9/2022	30/9/2022	1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022
7	ความสูงต้น	1.26	4.03	4.72	5.46	9.04	5.75	15.10	15.01	17.58	22.80	23.99	29.39	26.59	29.26	39.94
	ความยาวราก	1.17	4.38	4.64	5.21	8.96	7.34	14.63	21.16	23.37	20.15	23.38	27.45	25.90	39.09	34.45
8	ความสูงต้น	1.58	4.35	3.99	4.07	9.42	14.81	11.21	14.81	16.29	20.37	23.35	27.46	25.06	27.21	30.96
	ความยาวราก	2.62	4.85	5.19	6.33	5.81	9.72	14.48	18.26	19.87	24.72	20.35	29.15	27.41	39.89	44.48
9	ความสูงต้น	1.15	2.57	4.21	4.96	8.04	14.97	12.65	23.17	16.97	24.66	21.60	25.55	26.44	31.35	39.27
	ความยาวราก	1.18	2.71	5.79	5.99	7.38	6.80	16.96	21.24	19.67	22.07	27.25	25.54	25.66	38.85	31.18
10	ความสูงต้น	2.95	3.76	3.43	7.96	8.59	6.38	17.05	10.98	17.72	21.22	24.82	25.08	27.37	33.24	33.87
	ความยาวราก	1.37	3.21	3.41	6.91	6.02	12.90	11.69	16.05	21.52	20.68	22.25	29.31	34.33	38.24	36.38
Mean		1.51	3.37	4.33	5.95	8.49	11.11	14.22	19.70	18.48	22.34	24.74	27.50	28.36	32.10	36.37
SD		0.59	0.91	0.96	1.34	1.34	3.21	2.45	4.66	3.03	1.59	3.27	1.62	2.76	3.98	4.37
Mean		1.82	3.46	4.28	6.11	7.47	9.74	14.62	15.76	21.13	22.54	23.86	27.75	27.81	37.80	35.66
SD		0.64	1.01	0.88	1.08	1.40	2.95	2.50	4.18	2.25	1.87	2.92	1.48	2.79	3.35	4.05

ตารางที่ ข.14 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ถาดที่ 1 โรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อมและเพิ่มช่วงแสง

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		21/11/2022	22/11/2022	23/11/2022	24/11/2022	25/11/2022	26/11/2022	27/11/2022	28/11/2022	29/11/2022	30/11/2022	1/12/2022	2/12/2022	3/12/2022	4/12/2022	5/12/2022
1	ความสูงต้น	9.59	14.31	21.19	27.99	28.12	31.46	37.22	48.91	36.24	70.39	88.44	84.31	98.77	103.62	108.09
	ความยาวราก	6.87	13.07	30.25	36.05	23.70	40.26	53.68	58.39	64.80	84.96	55.65	77.03	45.45	84.49	66.14
2	ความสูงต้น	14.09	11.30	25.39	17.56	31.86	39.36	32.97	34.70	53.92	72.93	81.61	81.72	95.82	100.54	108.28
	ความยาวราก	11.45	13.09	18.67	41.19	45.04	40.69	50.42	53.04	63.67	94.34	94.76	67.21	40.94	61.27	77.80
3	ความสูงต้น	9.17	10.74	17.20	33.44	26.56	28.63	40.84	48.87	47.63	77.36	86.11	83.51	90.48	103.73	100.58
	ความยาวราก	14.13	9.87	24.37	23.41	32.36	55.79	41.25	69.58	69.66	94.75	40.82	77.61	30.78	80.09	31.69
4	ความสูงต้น	5.52	13.38	10.53	24.29	34.69	25.78	34.78	45.04	52.64	76.33	72.67	87.61	99.33	106.43	113.46
	ความยาวราก	14.31	12.77	35.80	41.23	41.91	32.13	48.60	62.79	60.92	99.05	48.59	36.74	82.86	81.82	76.66
5	ความสูงต้น	12.30	12.60	17.47	24.99	28.43	39.18	40.74	34.12	30.93	67.90	87.34	88.04	96.94	109.42	114.81
	ความยาวราก	12.33	8.85	35.74	24.31	31.21	56.12	43.10	56.19	69.52	92.22	37.95	50.40	36.67	59.02	81.31
6	ความสูงต้น	12.64	14.11	14.39	19.46	25.20	25.75	39.15	45.35	49.24	67.84	63.13	85.78	91.48	101.22	106.07
	ความยาวราก	7.02	12.88	30.75	40.27	35.01	33.21	59.18	67.45	78.24	75.35	31.12	81.58	72.89	49.77	79.71

ตารางที่ ข.14 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภาคที่ 1 โรงเรือนควบคุมสภาพจำลองฤดูหนาว ให้นำอุณหภูมิและเพิ่มชั่วโมงแสง (ต่อ)

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		21/11/2022	22/11/2022	23/11/2022	24/11/2022	25/11/2022	26/11/2022	27/11/2022	28/11/2022	29/11/2022	30/11/2022	1/12/2022	2/12/2022	3/12/2022	4/12/2022	5/12/2022
7	ความสูงต้น	9.23	14.15	27.36	17.79	31.93	30.59	38.27	38.58	45.65	62.59	69.91	85.87	96.65	107.70	105.17
	ความยาวราก	9.32	8.45	25.82	25.13	32.38	43.92	52.23	52.25	66.00	79.37	32.22	68.78	99.82	54.31	71.61
8	ความสูงต้น	9.71	12.39	10.94	34.35	27.42	39.81	27.28	42.06	48.21	70.31	61.00	88.17	90.56	105.62	113.61
	ความยาวราก	8.44	10.50	29.93	28.70	27.96	30.99	59.57	50.70	76.87	69.64	51.22	31.40	91.93	84.22	88.19
9	ความสูงต้น	6.18	11.15	27.92	31.14	25.08	37.57	33.30	34.35	61.72	58.06	69.47	85.28	96.93	102.33	103.09
	ความยาวราก	5.05	12.37	22.73	28.10	41.23	35.37	41.68	50.49	61.30	95.49	82.85	72.97	67.53	48.90	79.35
10	ความสูงต้น	13.50	11.25	16.80	20.86	31.54	25.74	34.03	34.72	33.70	85.40	70.77	85.32	91.49	101.75	110.98
	ความยาวราก	12.49	16.62	39.90	28.07	47.19	41.38	51.67	55.28	79.89	70.26	30.62	47.20	94.02	85.29	59.50
Mean		10.19	12.54	18.92	25.19	29.08	32.39	35.86	40.67	45.99	70.91	75.05	85.56	94.85	104.24	108.41
SD		2.93	1.39	6.35	6.33	3.25	6.03	4.22	6.11	9.69	7.74	10.09	2.05	3.47	2.96	4.78
Mean		10.14	11.85	29.40	31.65	35.77	40.99	50.14	57.62	69.09	85.54	50.58	61.09	66.29	68.92	71.20
SD		3.25	2.46	6.60	7.26	7.68	8.99	6.60	6.86	7.04	11.14	22.09	18.15	26.00	15.54	16.08

ตารางที่ ข.15 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภาคที่ 2 โรงเรียนความอุดมสมบูรณ์แห่งใหม่และเพิ่มข้าวโม่งแสลง

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		21/11/2022	22/11/2022	23/11/2022	24/11/2022	25/11/2022	26/11/2022	27/11/2022	28/11/2022	29/11/2022	30/11/2022	1/12/2022	2/12/2022	3/12/2022	4/12/2022	5/12/2022
1	ความสูงต้น	8.53	14.85	21.62	19.32	29.59	27.07	40.28	41.63	42.66	68.56	77.74	80.04	98.52	101.91	114.64
	ความยาวราก	13.75	15.45	22.83	38.53	36.06	36.42	59.99	50.20	66.34	95.64	42.44	54.32	61.60	78.80	65.53
2	ความสูงต้น	7.02	12.44	13.41	31.39	34.86	27.34	40.87	48.19	61.33	84.45	65.55	81.26	94.43	103.35	110.87
	ความยาวราก	14.73	11.41	16.71	24.47	29.47	52.93	55.12	54.29	68.37	93.69	80.38	31.98	41.93	87.54	98.85
3	ความสูงต้น	5.04	12.11	11.83	28.34	21.83	28.83	28.04	32.96	30.59	60.30	71.51	89.55	90.85	104.95	102.44
	ความยาวราก	10.61	8.13	39.12	38.22	26.24	43.54	50.63	55.15	72.21	93.79	92.25	82.74	83.10	60.17	79.97
4	ความสูงต้น	8.43	12.04	13.11	26.16	28.41	32.55	37.83	44.95	34.17	63.28	82.70	87.23	97.17	101.26	112.01
	ความยาวราก	13.01	15.07	19.05	28.02	40.62	40.59	58.50	52.29	79.87	83.33	89.57	93.08	91.60	55.93	53.09
5	ความสูงต้น	6.81	10.92	19.04	26.41	20.95	24.39	26.60	41.65	46.47	83.62	70.64	81.54	98.89	100.77	112.86
	ความยาวราก	6.99	9.63	21.04	23.57	20.16	42.68	42.39	69.65	71.30	91.82	44.05	52.44	85.51	86.93	80.56
6	ความสูงต้น	9.79	13.68	15.02	18.87	25.06	35.60	27.46	33.09	44.01	52.77	87.73	89.19	92.72	107.49	112.85
	ความยาวราก	6.06	13.57	38.93	30.91	23.40	41.27	52.57	66.60	69.94	97.47	56.90	93.33	98.08	86.31	32.65

ตารางที่ ข.15 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภาคที่ 2 โรงเรือนควบคุมสภาพจำลองฤดูหนาว ให้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงแสง (ต่อ)

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		21/11/2022	22/11/2022	23/11/2022	24/11/2022	25/11/2022	26/11/2022	27/11/2022	28/11/2022	29/11/2022	30/11/2022	1/12/2022	2/12/2022	3/12/2022	4/12/2022	5/12/2022
7	ความสูงต้น	11.81	13.46	14.65	26.26	31.27	29.80	38.97	37.76	63.34	68.60	61.66	84.06	92.20	103.22	101.26
	ความยาวราก	9.94	13.41	16.73	22.08	31.31	51.85	53.25	68.22	75.17	88.63	46.10	96.32	92.51	47.53	41.40
8	ความสูงต้น	14.43	13.06	15.22	21.63	32.71	21.00	32.59	40.32	47.62	67.21	77.58	84.30	99.10	109.82	109.08
	ความยาวราก	14.91	16.33	27.72	34.13	39.39	41.57	42.57	68.83	77.34	89.20	82.45	65.25	74.78	52.02	31.44
9	ความสูงต้น	13.57	14.36	22.14	16.88	24.23	36.94	28.39	41.12	51.83	55.25	79.70	83.21	95.05	107.74	107.73
	ความยาวราก	12.87	19.92	27.47	39.31	36.65	58.69	44.48	54.37	64.62	71.54	80.75	42.08	57.28	71.27	68.14
10	ความสูงต้น	14.62	14.87	21.05	16.91	23.20	21.73	35.04	40.42	51.57	62.58	83.71	80.62	94.29	106.06	113.06
	ความยาวราก	10.56	10.33	24.59	20.02	28.92	53.78	44.25	50.65	69.90	92.13	42.33	47.68	94.00	47.73	79.42
Mean		10.01	13.18	16.71	23.22	27.21	28.53	33.61	40.21	47.36	66.66	75.85	84.10	95.32	104.66	109.68
SD		3.42	1.31	3.87	5.14	4.83	5.40	5.70	4.72	10.42	10.56	8.33	3.49	2.96	3.06	4.60
Mean		11.34	13.33	25.42	29.93	31.22	46.33	50.38	59.03	71.51	89.72	65.72	65.92	78.04	67.42	63.11
SD		3.07	3.55	8.15	7.33	6.87	7.32	6.59	8.19	4.79	7.53	21.12	23.72	18.70	16.64	22.77

ตารางที่ ข.16 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภาคที่ 3 โรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อมและเพิ่มชั่วโมงแสง

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		21/11/2022	22/11/2022	23/11/2022	24/11/2022	25/11/2022	26/11/2022	27/11/2022	28/11/2022	29/11/2022	30/11/2022	1/12/2022	2/12/2022	3/12/2022	4/12/2022	5/12/2022
1	ความสูงต้น	11.12	10.66	10.43	34.12	21.63	38.90	43.56	44.08	60.60	53.60	84.83	86.05	99.09	106.76	112.75
	ความยาวราก	12.28	16.37	15.93	37.35	44.65	37.86	53.36	55.60	73.44	90.88	32.23	37.91	42.84	94.80	56.08
2	ความสูงต้น	7.85	11.89	23.26	21.75	32.52	21.98	34.33	38.13	35.63	88.71	66.66	80.00	96.87	101.97	100.61
	ความยาวราก	9.25	9.17	39.52	34.21	21.00	37.67	45.85	64.65	69.41	84.91	89.10	39.74	39.00	78.31	99.33
3	ความสูงต้น	5.16	10.74	15.97	28.15	30.23	27.19	31.07	44.52	49.01	75.70	82.88	83.88	91.38	106.15	101.07
	ความยาวราก	5.18	13.94	28.87	44.47	21.58	42.63	40.88	50.64	60.07	95.45	48.71	74.63	50.16	39.20	52.99
4	ความสูงต้น	8.90	11.08	18.66	23.15	21.13	22.28	30.10	48.39	58.20	66.45	79.22	87.06	90.16	102.22	102.64
	ความยาวราก	13.64	8.33	26.28	34.77	30.75	44.56	45.24	62.27	75.36	65.20	53.15	84.73	61.44	59.12	93.03
5	ความสูงต้น	12.71	12.80	11.84	29.56	31.32	20.44	27.85	35.04	32.35	79.34	89.00	83.47	94.94	106.10	104.93
	ความยาวราก	5.01	18.76	31.60	36.56	40.83	37.86	57.92	55.71	63.26	73.18	50.11	34.14	54.08	79.64	44.28
6	ความสูงต้น	7.48	10.37	18.51	30.45	33.49	27.12	30.90	40.51	57.53	73.30	87.99	85.27	90.91	106.39	113.98
	ความยาวราก	6.64	9.90	15.69	20.42	23.74	53.97	54.11	68.93	63.21	68.83	43.47	97.57	53.66	44.36	73.60

ตารางที่ ข.16 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภาคที่ 3 โรงเรือนควบคุมสภาพจำลองฤดูหนาว ให้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงแสง (ต่อ)

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		21/11/2022	22/11/2022	23/11/2022	24/11/2022	25/11/2022	26/11/2022	27/11/2022	28/11/2022	29/11/2022	30/11/2022	1/12/2022	2/12/2022	3/12/2022	4/12/2022	5/12/2022
7	ความสูงต้น	5.55	10.67	15.13	19.00	24.95	36.86	31.79	40.71	34.77	80.03	61.62	87.25	92.83	100.09	102.86
	ความยาวราก	14.92	8.34	34.63	40.24	35.60	51.68	55.99	65.51	73.57	72.45	47.16	39.93	73.50	87.09	62.92
8	ความสูงต้น	8.84	12.69	18.70	32.01	20.96	27.63	30.76	44.09	36.50	62.68	64.18	88.18	93.12	107.77	106.85
	ความยาวราก	12.68	13.92	27.74	29.91	21.76	51.75	47.55	61.98	70.36	82.59	55.74	91.86	68.17	44.88	92.44
9	ความสูงต้น	12.48	12.38	28.57	26.59	24.11	34.72	29.78	30.56	37.25	79.90	80.23	88.49	99.14	108.71	101.70
	ความยาวราก	12.64	8.70	31.17	41.51	44.69	35.55	45.32	58.97	68.71	91.56	34.32	52.44	94.63	68.63	82.47
10	ความสูงต้น	7.00	13.12	22.15	27.28	30.94	21.18	39.19	31.44	38.27	79.62	65.07	89.41	98.52	105.54	107.58
	ความยาวราก	14.20	14.78	16.51	41.20	20.12	59.40	56.02	59.13	68.84	93.55	62.09	72.51	80.63	81.76	31.14
Mean	ความสูงต้น	8.71	11.64	18.32	27.21	27.13	27.83	32.93	39.75	44.01	73.93	76.17	85.91	94.70	105.17	105.50
SD	ความสูงต้น	2.66	1.05	5.42	4.73	5.05	6.80	4.85	5.91	11.11	10.29	10.64	2.84	3.50	2.79	4.76
Mean	ความยาวราก	10.64	12.22	26.79	36.06	30.47	45.29	50.22	60.34	68.62	81.86	51.61	62.55	61.81	67.78	68.83
SD	ความยาวราก	3.80	3.80	8.29	6.94	10.19	8.35	5.90	5.45	5.03	11.14	16.01	24.43	17.48	19.76	22.98

ตารางที่ ข.17 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ภาคที่ 1 โรงเรียนการเกษตรภูพาน จังหวัดเลย และเพิ่มข้าวโม่งแสง

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		21/11/2022	22/11/2022	23/11/2022	24/11/2022	25/11/2022	26/11/2022	27/11/2022	28/11/2022	29/11/2022	30/11/2022	1/12/2022	2/12/2022	3/12/2022	4/12/2022	5/12/2022
1	ความสูงต้น	10.16	11.49	21.53	32.60	22.39	29.72	36.81	43.01	60.78	65.99	79.12	84.53	96.43	101.81	105.83
	ความยาวราก	5.95	13.27	36.94	42.51	34.56	30.67	55.65	63.08	74.43	66.02	30.26	79.84	75.55	41.82	54.90
2	ความสูงต้น	10.28	10.56	19.49	31.87	25.18	39.20	26.87	35.82	32.18	57.05	73.89	82.83	98.47	99.85	101.34
	ความยาวราก	10.72	13.25	36.25	40.22	29.64	51.73	46.73	65.08	74.37	99.76	76.92	96.52	65.44	74.29	81.92
3	ความสูงต้น	9.40	10.57	10.34	17.41	24.52	20.10	30.13	48.76	64.11	78.81	73.49	76.74	98.43	104.48	102.83
	ความยาวราก	7.74	16.53	31.66	21.21	31.79	45.97	47.92	50.48	71.16	90.22	70.67	38.09	53.54	64.08	64.18
4	ความสูงต้น	11.90	12.68	10.78	15.76	34.38	20.62	34.42	34.69	50.86	79.86	79.01	87.38	84.33	92.23	107.56
	ความยาวราก	7.03	19.50	34.33	32.35	26.49	55.31	54.59	50.07	74.51	84.83	95.13	54.59	79.83	93.67	43.58
5	ความสูงต้น	7.83	13.31	21.10	23.66	20.67	23.89	34.52	38.40	58.69	57.39	64.14	85.87	89.62	102.96	102.11
	ความยาวราก	7.43	17.80	20.48	41.63	36.05	56.13	51.74	69.69	72.39	71.19	32.70	57.60	50.57	62.12	99.67
6	ความสูงต้น	13.92	14.84	13.41	15.04	31.67	22.75	36.87	36.13	46.78	60.76	78.37	73.70	91.38	101.71	103.56
	ความยาวราก	6.49	18.29	30.44	42.45	47.29	51.31	45.25	54.71	65.00	71.99	51.17	84.68	59.50	72.34	73.77

ตารางที่ ข.17 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ภาคที่ 1 โรงเรียนควมอุดมศึกษาเจ้าอาวาสทุ่งนา ให้ปุ๋ยและเพิ่มข้าวโม่งแสง (ต่อ)

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		21/11/2022	22/11/2022	23/11/2022	24/11/2022	25/11/2022	26/11/2022	27/11/2022	28/11/2022	29/11/2022	30/11/2022	1/12/2022	2/12/2022	3/12/2022	4/12/2022	5/12/2022
7	ความสูงต้น	6.44	13.41	10.18	23.09	23.26	35.34	27.74	46.93	39.00	77.20	68.57	82.14	80.07	90.53	100.88
	ความยาวราก	7.99	15.35	17.80	26.15	49.26	34.46	57.44	58.66	72.85	90.21	81.47	67.50	41.30	72.99	58.84
8	ความสูงต้น	6.22	10.92	12.35	23.42	23.75	28.94	35.53	41.43	61.80	53.20	63.46	71.82	88.59	95.21	101.31
	ความยาวราก	10.33	15.69	23.96	23.62	43.50	48.81	44.09	55.26	63.28	88.90	72.13	98.78	38.56	77.58	92.04
9	ความสูงต้น	8.46	10.94	14.68	29.85	31.35	26.33	32.25	38.86	40.55	68.12	82.53	82.97	96.92	104.47	107.64
	ความยาวราก	10.96	11.92	23.84	35.04	46.54	53.51	44.64	52.05	66.35	72.82	49.42	64.27	79.23	62.42	64.88
10	ความสูงต้น	14.21	12.15	21.12	20.51	27.32	31.54	38.60	43.14	48.38	56.44	69.38	86.23	81.75	102.58	107.56
	ความยาวราก	8.78	16.75	18.89	28.35	21.92	58.00	40.65	50.37	63.30	78.02	74.80	93.36	44.96	90.85	78.67
Mean		9.88	12.09	15.50	23.32	26.45	27.84	33.37	40.72	50.31	65.48	73.20	81.42	90.60	99.58	104.06
SD		2.81	1.45	4.80	6.42	4.57	6.32	4.00	4.77	10.91	10.11	6.63	5.44	6.92	5.09	2.81
Mean	ความยาวราก	8.34	15.84	27.46	33.35	36.70	48.59	48.87	56.95	69.76	81.40	63.47	73.52	58.85	71.22	71.25
SD		1.79	2.44	7.32	8.20	9.51	9.19	5.65	6.94	4.74	10.93	21.50	20.31	15.59	14.98	17.30

ตารางที่ ข.18 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ภาคที่ 2 โรงเรียนความอุดมสมบูรณ์แห่งใหม่และเพิ่มข้าวโม่งแสลง

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		21/11/2022	22/11/2022	23/11/2022	24/11/2022	25/11/2022	26/11/2022	27/11/2022	28/11/2022	29/11/2022	30/11/2022	1/12/2022	2/12/2022	3/12/2022	4/12/2022	5/12/2022
1	ความสูงต้น	7.86	11.93	20.18	18.29	34.96	28.37	35.04	43.76	47.52	67.24	66.32	73.28	97.52	91.14	104.50
	ความยาวราก	11.81	15.82	19.24	41.22	23.56	41.03	55.34	60.59	69.36	79.79	44.47	77.66	45.28	55.88	58.19
2	ความสูงต้น	7.46	10.39	21.39	17.41	26.68	25.30	32.18	40.50	36.95	89.53	81.42	83.28	84.67	92.64	100.14
	ความยาวราก	9.63	16.37	39.95	20.29	39.79	30.59	54.55	51.35	73.29	85.68	60.83	79.29	45.90	50.62	50.18
3	ความสูงต้น	8.50	14.77	22.57	32.10	23.27	36.26	37.52	38.15	47.80	83.85	61.47	79.40	83.46	94.84	101.68
	ความยาวราก	6.57	18.10	36.03	34.37	40.99	56.10	50.76	65.94	67.75	92.61	56.93	96.88	86.53	37.43	64.01
4	ความสูงต้น	7.16	10.20	22.77	25.38	22.23	23.03	43.99	35.93	53.97	82.74	83.08	78.66	93.84	96.92	105.99
	ความยาวราก	11.62	13.20	30.16	34.89	32.80	55.48	59.19	57.84	71.21	86.96	97.78	38.60	47.65	54.70	95.73
5	ความสูงต้น	9.61	11.59	10.31	30.44	21.78	34.08	42.77	48.03	61.78	57.63	88.06	78.22	97.22	104.38	100.13
	ความยาวราก	9.42	9.26	24.54	40.31	39.35	32.70	49.75	57.36	76.55	99.34	99.33	81.05	90.28	92.68	92.18
6	ความสูงต้น	9.87	12.79	17.12	20.25	30.74	35.14	37.81	31.68	33.12	85.04	81.69	87.37	91.80	103.78	102.06
	ความยาวราก	12.21	15.10	37.36	21.16	27.97	35.78	46.85	66.91	71.10	95.98	85.55	45.58	69.15	66.83	55.52

ตารางที่ ข.18 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ภาคที่ 2 โรงเรียนความอุดมสมบูรณ์แห่งใหม่และเพิ่มข้าวโม่งแสง (ต่อ)

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		21/11/2022	22/11/2022	23/11/2022	24/11/2022	25/11/2022	26/11/2022	27/11/2022	28/11/2022	29/11/2022	30/11/2022	1/12/2022	2/12/2022	3/12/2022	4/12/2022	5/12/2022
7	ความสูงต้น	9.25	11.07	15.27	20.96	26.05	25.26	29.56	33.14	41.82	65.69	64.11	72.83	98.18	91.10	101.36
	ความยาวราก	10.24	19.71	21.48	42.84	45.61	57.07	53.42	56.62	68.91	94.10	93.43	32.82	88.12	91.78	38.24
8	ความสูงต้น	7.69	11.75	18.96	34.11	29.54	26.67	38.19	49.55	39.94	86.17	72.10	71.63	87.55	94.88	103.39
	ความยาวราก	6.93	14.94	39.33	29.96	38.62	50.75	59.60	54.76	68.59	94.41	88.93	55.42	80.49	55.91	80.09
9	ความสูงต้น	9.99	13.21	22.03	15.16	28.10	22.54	29.08	49.37	45.20	52.40	77.20	82.07	99.76	102.67	106.08
	ความยาวราก	9.69	12.68	23.97	22.67	23.49	33.94	48.63	56.73	61.55	79.43	95.90	83.88	84.37	85.27	59.50
10	ความสูงต้น	13.99	12.54	19.77	19.90	32.33	28.93	40.86	31.69	45.81	56.61	79.25	84.85	90.09	91.16	106.43
	ความยาวราก	13.05	14.11	20.67	25.08	34.58	46.87	52.04	63.00	62.44	97.92	54.48	99.11	91.87	68.55	68.33
Mean	ความสูงต้น	9.14	12.02	19.04	23.40	27.57	28.56	36.70	40.18	45.39	72.69	75.47	79.16	92.41	96.35	103.18
SD	ความสูงต้น	2.00	1.37	3.90	6.68	4.41	5.00	5.20	7.17	8.28	14.22	8.99	5.35	5.85	5.37	2.45
Mean	ความยาวราก	10.12	14.93	29.27	31.28	34.68	44.03	53.01	59.11	69.08	90.62	77.76	69.03	72.96	65.97	66.20
SD	ความยาวราก	2.15	2.92	8.25	8.65	7.60	10.48	4.26	4.95	4.53	7.22	21.07	24.03	19.47	18.68	18.29

ตารางที่ ข.19 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ภาคที่ 3 โรงเรียนความอุดมสมบูรณ์ อำเภอเมืองและเพิ่มข้าวโม่งแสง

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		21/1/2022	22/1/2022	23/1/2022	24/1/2022	25/1/2022	26/1/2022	27/1/2022	28/1/2022	29/1/2022	30/1/2022	1/12/2022	2/12/2022	3/12/2022	4/12/2022	5/12/2022
1	ความสูงต้น	9.99	12.34	25.35	34.14	21.33	37.95	35.26	47.43	60.37	79.41	71.86	73.72	88.31	99.18	105.97
	ความยาวราก	12.67	13.41	36.53	20.92	42.33	52.40	56.71	68.14	76.05	81.38	30.81	59.64	42.33	41.46	52.42
2	ความสูงต้น	12.47	11.63	29.16	18.39	22.75	26.20	29.70	46.71	35.68	59.34	65.10	85.81	92.18	98.69	100.97
	ความยาวราก	6.12	13.60	35.47	22.63	41.21	33.99	44.63	62.10	75.98	76.07	81.35	75.83	32.16	69.10	66.96
3	ความสูงต้น	9.74	14.87	29.29	31.36	32.48	27.78	40.71	38.61	43.43	85.24	82.82	88.38	94.41	101.22	106.35
	ความยาวราก	7.39	12.23	26.95	23.67	33.47	55.61	54.76	63.94	72.22	90.78	51.98	82.43	49.15	73.97	98.80
4	ความสูงต้น	13.90	14.61	13.29	16.70	31.06	26.56	35.80	40.31	30.84	68.05	74.08	78.10	85.03	96.72	108.61
	ความยาวราก	12.93	16.14	22.23	44.54	23.03	48.27	56.68	68.69	64.11	73.23	32.55	61.73	32.64	53.22	94.00
5	ความสูงต้น	14.07	12.25	18.26	33.45	27.38	21.27	35.09	39.71	49.30	73.55	65.94	78.66	89.66	94.49	105.78
	ความยาวราก	14.19	14.12	21.14	29.26	38.21	59.51	59.44	62.13	63.39	69.00	36.36	78.80	51.18	51.44	35.72
6	ความสูงต้น	11.60	12.23	10.51	16.89	26.66	34.43	25.12	30.81	59.61	52.30	80.97	71.48	84.26	100.84	108.31
	ความยาวราก	13.62	12.60	25.58	39.73	43.78	59.32	44.91	59.21	77.82	76.43	63.82	66.87	39.35	37.93	40.35

ตารางที่ ข.19 ความสูงต้นกล้าและความยาวรากของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 ภาคที่ 3 โรงเรียนความอุดมสมบูรณ์อำเภอเมืองและเพิ่มข้าวโม่งแสง (ต่อ)

ต้นที่	หน่วย (mm)	วันที่														
		21/1/2022	22/1/2022	23/1/2022	24/1/2022	25/1/2022	26/1/2022	27/1/2022	28/1/2022	29/1/2022	30/1/2022	1/12/2022	2/12/2022	3/12/2022	4/12/2022	5/12/2022
7	ความสูงต้น	9.90	12.29	17.05	24.86	21.27	31.44	32.82	41.12	30.86	66.26	80.70	85.53	95.10	91.55	108.67
	ความยาวราก	9.65	17.82	27.01	44.85	36.03	47.24	41.04	63.01	73.74	91.03	45.26	62.88	94.69	68.54	72.01
8	ความสูงต้น	7.37	10.83	25.78	18.80	33.52	23.32	34.51	39.02	58.21	71.42	88.77	88.47	93.46	91.74	102.61
	ความยาวราก	12.24	17.75	34.80	25.34	28.66	49.35	44.13	58.72	67.84	90.69	31.46	44.16	30.62	97.28	91.04
9	ความสูงต้น	8.93	11.21	24.70	25.04	20.46	29.62	42.84	31.22	40.15	50.15	62.63	82.35	86.35	99.24	106.55
	ความยาวราก	8.34	13.76	24.39	33.45	30.22	56.06	47.41	58.33	74.31	67.70	60.60	77.10	56.80	92.29	53.83
10	ความสูงต้น	14.39	13.13	15.46	16.46	27.00	35.72	28.11	30.86	35.08	56.46	87.47	80.57	92.42	90.30	103.83
	ความยาวราก	9.72	13.02	33.49	42.77	33.20	57.54	56.66	61.63	68.48	96.36	84.75	95.42	36.32	73.93	71.08
Mean		11.24	12.54	20.89	23.61	26.39	29.43	34.00	38.58	44.35	66.22	76.03	81.31	90.12	96.40	105.77
SD		2.42	1.33	6.78	7.19	4.85	5.44	5.40	6.05	11.79	11.62	9.47	5.89	3.97	4.08	2.60
Mean		10.69	14.45	28.76	32.72	35.01	51.93	50.64	62.59	71.39	81.27	51.89	70.49	46.52	65.92	67.62
SD		2.82	2.05	5.78	9.59	6.61	7.73	6.81	3.59	5.13	10.28	20.24	14.39	19.09	19.94	22.19

ตารางที่ ข.20 ปริมาณรงควัตถุของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 โรงเรือนแบบเปิด

ภาคที่	ซ้ำที่	คลื่นความถี่ (nm)			ปริมาณรงควัตถุ ($\mu\text{g/ml}$)		
		470	645	663	คลอโรฟิลล์ เอ	คลอโรฟิลล์ บี	แคโรทีนอยด์
1	1	0.91	0.32	0.84	9.41	2.67	800.71
	2	0.91	0.32	0.84	9.37	2.63	799.35
	3	0.89	0.32	0.82	9.20	2.58	786.47
2	1	1.05	0.38	0.98	10.91	3.08	921.74
	2	1.02	0.37	0.98	10.90	3.07	891.35
	3	1.04	0.37	0.97	10.84	2.99	917.19
3	1	1.10	0.40	1.08	12.15	2.97	971.93
	2	1.11	0.40	1.04	11.63	3.38	972.25
	3	1.09	0.39	1.02	11.43	3.19	954.08
Mean		1.01	0.36	0.95	10.65	2.95	890.56
SD		0.09	0.03	0.10	1.08	0.27	76.03

ตารางที่ ข.21 ปริมาณรงควัตถุของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 โรงเรือนแบบเปิด

ภาคที่	ซ้ำที่	คลื่นความถี่ (nm)			ปริมาณรงควัตถุ ($\mu\text{g/ml}$)		
		470	645	663	คลอโรฟิลล์ เอ	คลอโรฟิลล์ บี	แคโรทีนอยด์
1	1	0.79	0.27	0.71	7.96	2.22	694.10
	2	0.78	0.27	0.71	7.94	2.21	692.53
	3	0.78	0.27	0.71	7.92	2.19	689.97
2	1	1.03	0.36	0.92	10.28	3.10	903.02
	2	1.02	0.36	0.91	10.18	3.11	895.06
	3	1.01	0.36	0.90	10.03	3.17	878.08
3	1	0.79	0.28	0.70	7.84	2.47	685.10
	2	0.77	0.28	0.69	7.70	2.45	673.18
	3	0.79	0.28	0.71	7.85	2.47	686.27
Mean		0.86	0.30	0.77	8.63	2.60	755.26
SD		0.12	0.04	0.10	1.15	0.41	102.97

ตารางที่ ข.22 ปริมาณรังควัตถุของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 โรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาว

ภาคที่	ซ้ำที่	คลื่นความถี่ (nm)			ปริมาณรังควัตถุ ($\mu\text{g/ml}$)		
		470	645	663	คลอโรฟิลล์ เอ	คลอโรฟิลล์ บี	แคโรทีนอยด์
1	1	0.20	0.06	0.15	1.61	0.53	175.72
	2	0.19	0.06	0.14	1.60	0.53	171.55
	3	0.20	0.06	0.15	1.64	0.56	176.68
2	1	0.21	0.06	0.15	1.63	0.46	186.19
	2	0.20	0.06	0.15	1.62	0.49	184.25
	3	0.22	0.06	0.15	1.71	0.55	192.91
3	1	0.19	0.05	0.14	1.53	0.42	172.77
	2	0.19	0.05	0.14	1.52	0.45	173.83
	3	0.20	0.06	0.14	1.58	0.48	181.53
Mean		0.20	0.06	0.14	1.61	0.50	179.49
SD		0.01	0.00	0.01	0.06	0.05	7.19

ตารางที่ ข.23 ปริมาณรังควัตถุของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 โรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาว

ภาคที่	ซ้ำที่	คลื่นความถี่ (nm)			ปริมาณรังควัตถุ ($\mu\text{g/ml}$)		
		470	645	663	คลอโรฟิลล์ เอ	คลอโรฟิลล์ บี	แคโรทีนอยด์
1	1	0.24	0.07	0.17	1.87	0.66	208.48
	2	0.24	0.07	0.17	1.91	0.65	212.98
	3	0.24	0.07	0.17	1.90	0.61	210.35
2	1	0.20	0.06	0.14	1.52	0.61	172.03
	2	0.20	0.06	0.14	1.53	0.62	173.43
	3	0.20	0.06	0.14	1.54	0.64	174.82
3	1	0.25	0.08	0.18	1.93	0.78	220.41
	2	0.25	0.08	0.17	1.91	0.73	222.08
	3	0.25	0.08	0.18	1.93	0.74	220.64
Mean		0.23	0.07	0.16	1.78	0.67	201.69
SD		0.02	0.01	0.02	0.19	0.06	21.72

ตารางที่ ข.24 ปริมาณรังควัตถุของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 โรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาว ให้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงแสง

ภาคที่	ซ้ำที่	คลื่นความถี่ (nm)			ปริมาณรังควัตถุ ($\mu\text{g/ml}$)		
		470	645	663	คลอโรฟิลล์ เอ	คลอโรฟิลล์ บี	แคโรทีนอยด์
1	1	0.79	0.26	0.70	7.82	2.05	706.22
	2	0.77	0.25	0.68	7.66	1.98	685.11
	3	0.77	0.26	0.69	7.68	2.01	686.91
2	1	0.72	0.23	0.61	6.87	1.86	639.57
	2	0.71	0.23	0.61	6.81	1.80	632.65
	3	0.75	0.26	0.65	7.19	2.19	664.06
3	1	0.69	0.22	0.58	6.54	1.69	618.95
	2	0.69	0.21	0.58	6.54	1.61	619.86
	3	0.70	0.22	0.59	6.61	1.66	626.95
Mean		0.73	0.24	0.63	7.08	1.87	653.36
SD		0.04	0.02	0.05	0.52	0.20	32.91

ตารางที่ ข.25 ปริมาณรังควัตถุของข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 โรงเรือนควบคุมสภาวะจำลองฤดูหนาว ให้น้ำอุ่นและเพิ่มชั่วโมงแสง

ภาคที่	ซ้ำที่	คลื่นความถี่ (nm)			ปริมาณรังควัตถุ ($\mu\text{g/ml}$)		
		470	645	663	คลอโรฟิลล์ เอ	คลอโรฟิลล์ บี	แคโรทีนอยด์
1	1	0.73	0.21	0.57	6.39	1.65	658.64
	2	0.75	0.22	0.59	6.57	1.72	675.92
	3	0.74	0.22	0.58	6.50	1.69	668.22
2	1	0.55	0.16	0.43	4.83	1.20	497.91
	2	0.56	0.16	0.44	4.89	1.22	506.37
	3	0.56	0.16	0.44	4.93	1.20	509.86
3	1	0.60	0.19	0.48	5.39	1.52	535.80
	2	0.60	0.19	0.48	5.41	1.55	538.59
	3	0.60	0.19	0.48	5.40	1.54	536.20
Mean		0.63	0.19	0.50	5.59	1.48	569.72
SD		0.08	0.02	0.06	0.71	0.21	74.90

ตารางที่ ข.26 สมบัติทางกายภาพข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1

วันที่เก็บ ตัวอย่าง	จำนวน ข้าวที่	จำนวน รวง (g)	น้ำหนัก เมล็ด (g)	น้ำหนัก แฉะ (g)	น้ำหนักเมล็ด สะอาด (g)	น้ำหนักสิ่งเจือปน เมล็ดดิบ (g)	ความชื้นเมล็ด %w.b.	น้ำหนักเมล็ดสะอาด (g) 14% w.b.	Yield @ วัน เก็บ (kg/rai)	Yield @ 14% w.b. (kg/rai)
25/11/2565	1	271	936.33	882.95	811.82	71.13	43.47	533.59	1298.92	853.75
	2	306	1076.10	1014.76	940.83	73.93	41.96	634.98	1505.33	1015.97
	3	289	927.78	874.89	804.98	69.91	40.43	557.55	1287.96	892.08
Mean			980.07	924.20	852.54	71.66	41.96	575.37	1364.07	920.60
SD			83.28	78.53	76.54	2.06	1.52	52.99	122.46	84.79
30/11/2565	1	262	856.04	806.36	733.11	73.25	34.10	561.81	1172.98	898.89
	2	300	981.36	932.86	853.70	79.16	32.30	672.01	1365.93	1075.22
	3	284	848.86	798.45	728.89	69.56	31.14	583.64	1166.22	933.82
Mean			895.42	845.89	771.90	73.99	32.51	605.82	1235.04	969.31
SD			74.51	75.42	70.87	4.84	1.49	58.36	113.40	93.37

ตารางที่ ข.26 สมบัติทางกายภาพข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 (ต่อ)

วันที่เก็บ ตัวอย่าง	จำนวน ซ้าที่	น้ำหนัก รวง (g)	น้ำหนัก เมล็ด (g)	น้ำหนัก แฉก (g)	น้ำหนักเมล็ด สะอาด (g)	น้ำหนักสิ่งเจือปน เมล็ดรีบ (g)	ความชื้นเมล็ด %w.b.	น้ำหนักเมล็ดสะอาด (g) 14% w.b.	Yield @ วัน เก็บ (kg/rai)	Yield @ 14% w.b. (kg/rai)
5/12/2565	1	833.38	787.72	734.28	53.44	25.39	637.00	1174.85	1019.20	
	2	650.63	605.95	547.59	58.36	25.17	476.47	876.15	762.35	
	3	719.35	673.76	619.97	53.79	25.73	535.44	991.95	856.71	
Mean		734.46	689.14	633.95	55.20	25.43	549.64	1014.31	879.42	
SD		92.31	91.86	94.13	2.75	0.28	81.20	150.60	129.92	
10/12/2565	1	981.76	872.03	689.14	182.89	20.68	635.63	1102.62	1017.01	
	2	639.54	583.69	490.62	93.07	12.02	501.92	785.00	803.08	
	3	706.07	651.63	560.89	90.74	16.57	544.10	897.42	870.56	
Mean		775.79	702.45	580.22	122.23	16.42	560.55	928.35	896.88	
SD		181.45	150.73	100.66	52.54	4.33	68.36	161.05	109.37	

ตารางที่ ข.26 สมบัติทางกายภาพข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 (ต่อ)

วันที่เก็บ ตัวอย่าง	จำนวน รวง	น้ำหนัก รวง (g)	น้ำหนัก เมล็ด (g)	น้ำหนัก เมล็ด สะอาด (g)	น้ำหนักสิ่งเจือปน เมล็ดรีบ (g)	ความชื้นเมล็ด %w.b.	น้ำหนักเมล็ดสะอาด (g) 14% w.b.	Yield @ วัน เก็บ (kg/rai)	Yield @ 14% w.b. (kg/rai)
1	250	634.98	574.98	547.64	27.34	18.73	517.55	876.22	828.08
15/12/2565	227	657.42	597.42	569.66	27.77	19.96	530.18	911.45	848.28
3	246	718.57	658.57	626.49	32.08	22.76	562.65	1002.38	900.24
Mean		670.33	610.33	581.26	29.06	20.48	536.79	930.02	858.87
SD		43.26	43.26	40.68	2.62	2.07	23.27	65.10	37.22
1	235	481.80	467.54	444.10	23.44	18.47	421.03	710.57	673.65
20/12/2565	244	586.53	569.52	541.76	27.76	14.90	536.08	866.82	857.72
3	230	536.66	523.95	497.30	26.66	13.61	499.58	795.67	799.32
Mean	236	534.99	520.34	494.39	25.95	15.66	485.56	791.02	776.90
SD	7	52.38	51.08	48.89	2.24	2.52	58.79	78.23	94.06

ตารางที่ ข.27 สมบัติทางกายภาพข้าวเปลือกพันธุ์กข - แม่โจ้ 2

วันที่เก็บตัวอย่าง	ซ้ำที่	จำนวน รวง	น้ำหนัก รวง (g)	น้ำหนัก เมล็ด (g)	น้ำหนัก แฉะ (g)	น้ำหนักเมล็ด สะอาด (g)	น้ำหนักสิ่งเจือปน เมล็ดรีบ (g)	ความชื้นเมล็ด %w.b.	น้ำหนักเมล็ดสะอาด (g) 14% w.b.	Yield @ วัน เก็บ (kg/rai)	Yield @ 14% w.b. (kg/rai)
1	238	913.12	806.07	729.58	76.49	33.89	560.80	1167.32	717.82		
26/11/2565	2	224	746.05	645.98	574.45	71.53	435.14	919.12	556.98		
3	246	967.72	809.43	730.15	79.28	34.50	556.13	1168.24	711.85		
Mean	236	875.63	753.83	678.06	75.77	34.42	517.36	1084.89	662.22		
SD	11	115.49	93.41	89.73	3.93	0.49	71.24	143.56	91.19		
1/12/2565	1	259	763.38	710.39	633.35	77.04	478.00	1013.36	611.84		
2	232	778.36	726.99	655.48	71.51	34.70	497.71	1048.77	637.07		
3	245	812.64	763.02	690.03	72.99	34.57	525.02	1104.05	672.03		
Mean	245	784.79	733.47	659.62	73.85	34.79	500.24	1055.39	640.31		
SD	14	25.25	26.91	28.57	2.86	0.28	23.61	45.71	30.23		

ตารางที่ ข.27 สมบัติทางกายภาพข้าวเปลือกพันธุ์กข - แม่โจ้ 2 (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง ซ้ำที่	จำนวน รวง	น้ำหนัก รวง (g)	น้ำหนัก เมล็ด (g)	น้ำหนักเมล็ด สะอาด (g)	น้ำหนักสิ่งเจือปน เมล็ดรับ (g)	ความชื้นเมล็ด %w.b.	น้ำหนักเมล็ดสะอาด (g) 14% w.b.	Yield @ วัน เก็บ (kg/rai)	Yield @ 14% w.b. (kg/rai)
1	222	780.90	731.90	663.50	68.40	32.92	517.56	1061.60	662.48
6/12/2565	273	825.40	786.40	708.00	78.40	32.96	551.95	1132.80	706.49
3	237	748.89	699.89	631.49	68.40	33.52	488.14	1010.38	624.81
Mean	244	785.06	739.40	667.66	71.73	33.13	519.21	1068.26	664.59
SD	26	38.42	43.74	38.42	5.77	0.34	31.94	61.48	40.88
1	240	754.78	675.61	596.44	79.17	19.68	557.08	954.30	713.06
11/12/2565	224	734.40	651.61	568.82	82.79	19.92	529.66	910.11	677.96
3	268	922.75	824.40	726.05	98.35	19.67	678.22	1161.68	868.12
Mean	244	803.98	717.21	630.44	86.77	19.75	588.32	1008.70	753.05
SD	22	103.36	93.60	83.95	10.19	0.14	79.05	134.32	101.19

ตารางที่ ข.27 สมบัติทางกายภาพข้าวเปลือกพันธุ์กข - แมโจ 2 (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	ซ้ำที่	จำนวน รวง	น้ำหนัก รวง (g)	น้ำหนัก เมล็ด (g)	น้ำหนัก เปลือก (g)	น้ำหนักเมล็ด สะอาด (g)	น้ำหนักสิ่งเจือปน เมล็ดรีบ (g)	ความชื้นเมล็ด %w.b.	น้ำหนักเมล็ดสะอาด (g) 14% w.b.	Yield @ วัน เก็บ (kg/rai)	Yield @ 14% w.b. (kg/rai)
	1	311	950.20	945.90	892.91	52.99	24.98	778.96	1428.66	997.07	
	2	228	759.35	755.05	703.68	51.37	23.78	623.68	1125.89	798.31	
	3	244	779.72	775.42	725.80	49.62	20.68	669.43	1161.28	856.87	
Mean		261	829.76	825.46	774.13	51.33	23.14	690.69	1238.61	884.08	
SD		44	104.80	104.80	103.46	1.69	2.22	79.79	165.53	102.13	
	1	256	611.21	591.39	524.13	67.26	19.31	491.75	838.61	629.43	
	2	249	645.21	634.26	601.72	32.54	19.06	566.31	962.75	724.87	
	3	314	1049.63	1013.12	959.05	54.07	16.84	927.34	1534.48	1187.00	
Mean		273	768.68	746.26	694.97	51.29	18.41	661.80	1111.95	847.10	
SD		36	243.90	232.10	231.97	17.53	1.36	232.97	371.15	298.20	

ตารางที่ ข.28 ความชื้นของข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1

วันที่เก็บ ตัวอย่าง	ซ้ำที่	น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	น้ำหนักของน้ำที่ ระเหย (g)	ความชื้นฐานเปียก (% w.b.)
25/11/2565	1	10.42	4.53	5.89	43.47
	2	10.32	4.33	5.99	41.96
	3	10.14	4.10	6.04	40.43
Mean		10.29	4.32	5.97	41.96
SD		0.14	0.22	0.08	1.52
30/11/2565	1	10.06	3.43	6.63	34.10
	2	10.03	3.24	6.79	32.30
	3	10.02	3.12	6.90	31.14
Mean		10.04	3.26	6.77	32.51
SD		0.02	0.16	0.14	1.49
5/12/2565	1	10.16	2.58	7.58	25.39
	2	10.29	2.59	7.70	25.17
	3	10.34	2.66	7.68	25.73
Mean		10.26	2.61	7.65	25.43
SD		0.09	0.04	0.06	0.28
10/12/2565	1	10.64	2.20	8.44	20.68
	2	10.40	1.25	9.15	12.02
	3	10.80	1.79	9.01	16.57
Mean		10.61	1.75	8.87	16.42
SD		0.20	0.48	0.38	4.33
15/12/2565	1	10.04	1.88	8.16	18.73
	2	10.02	2.00	8.02	19.96
	3	10.06	2.29	7.77	22.76
Mean		10.04	2.06	7.98	20.48
SD		0.02	0.21	0.20	2.07
20/12/2565	1	10.18	1.88	8.30	18.47
	2	10.20	1.52	8.68	14.90
	3	10.29	1.40	8.89	13.61
Mean		10.22	1.60	8.62	15.66
SD		0.06	0.25	0.30	2.52

ตารางที่ ข.29 ความชื้นของข้าวเปลือกพันธุ์กข - แม่โจ้ 2

วันที่เก็บ ตัวอย่าง	ซ้ำที่	น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	น้ำหนักของน้ำที่ ระเหย (g)	ความชื้นฐานเปียก (% w.b.)
26/11/2565	1	10.09	3.42	6.67	33.89
	2	10.07	3.51	6.56	34.86
	3	10.03	3.46	6.57	34.50
Mean		10.06	3.46	6.60	34.42
SD		0.03	0.05	0.06	0.49
1/12/2565	1	10.03	3.52	6.51	35.09
	2	10.00	3.47	6.53	34.70
	3	10.01	3.46	6.55	34.57
Mean		10.01	3.48	6.53	34.79
SD		0.02	0.03	0.02	0.28
1/12/2565	1	10.39	3.42	6.97	32.92
	2	10.59	3.49	7.10	32.96
	3	10.56	3.54	7.02	33.52
Mean		10.51	3.48	7.03	33.13
SD		0.11	0.06	0.07	0.34
1/12/2565	1	10.47	2.06	8.41	19.68
	2	10.14	2.02	8.12	19.92
	3	10.17	2.00	8.17	19.67
Mean		10.26	2.03	8.23	19.75
SD		0.18	0.03	0.16	0.14
1/12/2565	1	10.09	2.52	7.57	24.98
	2	10.22	2.43	7.79	23.78
	3	10.01	2.07	7.94	20.68
Mean		10.11	2.34	7.77	23.14
SD		0.11	0.24	0.19	2.22
1/12/2565	1	10.2	1.97	8.23	19.31
	2	10.44	1.99	8.45	19.06
	3	10.39	1.75	8.64	16.84
Mean		10.34	1.90	8.44	18.41
SD		0.13	0.13	0.21	1.36

ตารางที่ ข.30 ความหนาแน่นกองของข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1

วันที่	น้ำหนักเมล็ด (g) 14% w.b.	ปริมาตรภาชนะ (m ³)	ความหนาแน่น กอง (kg/ m ³)
95	568.17	0.95 x 10 ⁻³	596.15
100	583.59	0.95 x 10 ⁻³	612.33
105	580.53	0.95 x 10 ⁻³	609.12
110	689.65	0.95 x 10 ⁻³	723.61
115	666.81	0.95 x 10 ⁻³	699.64
120	654.11	0.95 x 10 ⁻³	686.32

ตารางที่ ข.31 ความหนาแน่นกองของข้าวเปลือกพันธุ์กข - แม่โจ้ 2

วันที่	น้ำหนักเมล็ด (g) 14% w.b.	ปริมาตรภาชนะ (m ³)	ความหนาแน่น กอง (kg/ m ³)
95	556.89	0.95 x 10 ⁻³	584.31
100	567.46	0.95 x 10 ⁻³	595.40
105	613.55	0.95 x 10 ⁻³	643.76
110	641.26	0.95 x 10 ⁻³	672.84
115	637.78	0.95 x 10 ⁻³	669.18
120	635.24	0.95 x 10 ⁻³	666.52

ตารางที่ ข.32 การสีข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1

วันที่	น้ำหนักเมล็ด ข้าวเปลือก (g)	น้ำหนักเมล็ด ข้าวขาว (g)	น้ำหนักแกลบ, เต็มเมล็ด (g)	น้ำหนักข้าว รำ (g)	น้ำหนักข้าว เต็มเมล็ด (g)	น้ำหนักข้าว หัก (g)	น้ำหนักเมล็ด แกลบ, รำ (g)	% น้ำหนัก ข้าวเต็ม (g)	% น้ำหนักเมล็ด ข้าวหัก (g)
95	300	163.41	136.59	124.73	38.68	45.53	41.58	12.89	
100	300	186.73	113.27	146.38	40.35	37.76	48.79	13.45	
105	300	193.06	106.94	148.45	44.61	35.65	49.48	14.87	
110	300	208.17	91.83	165.54	42.63	30.61	55.18	14.21	
115	300	198.56	101.44	148.85	49.71	33.81	49.62	16.57	
120	300	198.49	101.51	135.79	62.70	33.84	45.26	20.90	

ตารางที่ ข.33 การสีข้าวเปลือกพันธุ์ข - แม่ใจ 2

วันที่	น้ำหนักเมล็ด ข้าวเปลือก (g)	น้ำหนักเมล็ด ข้าวขาว (g)	น้ำหนักแกลบ, รำ (g)	น้ำหนักข้าว เต็มเมล็ด (g)	น้ำหนักเมล็ด ข้าวหัก (g)	% น้ำหนัก แกลบ, รำ (g)	% น้ำหนักเมล็ด ข้าวเต็ม (g)	% น้ำหนักเมล็ด ข้าวหัก (g)
95	300	184.38	115.62	142.15	42.23	38.54	47.38	14.08
100	300	182.35	117.65	138.23	44.12	39.22	46.08	14.71
105	300	202.81	97.19	163.27	39.54	32.40	54.42	13.18
110	300	228.87	71.13	187.07	41.80	23.71	62.36	13.93
115	300	202.23	97.77	147.76	54.47	32.59	49.25	18.16
120	300	203.35	96.65	143.43	59.92	32.22	47.81	19.97

ตารางที่ ข.34 ผลวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

Parameter		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Seed moisture content (% w.b.)	Between Groups	1572.703	5	314.541	55.534	0.000
	Within Groups	67.967	12	5.664		
	Total	1640.670	17			
No. of ears in m ²	Between Groups	7848.944	5	1569.789	3.531	0.034
	Within Groups	5334.667	12	444.556		
	Total	13183.611	17			
Wgt. of ears (g.m ⁻²)	Between Groups	345964.080	5	69192.816	7.074	0.003
	Within Groups	117367.402	12	9780.617		
	Total	463331.481	17			
Wgt. of seeds (g.m ⁻²)	Between Groups	331719.013	5	66343.803	8.381	0.001
	Within Groups	94993.163	12	7916.097		
	Total	426712.177	17			
Wgt. of dust (g.m ⁻²)	Between Groups	18868.048	5	3773.610	8.063	0.002
	Within Groups	5615.853	12	467.988		
	Total	24483.901	17			
Wgt. of cleaned seed (g.m ⁻²)	Between Groups	269751.595	5	53950.319	9.543	0.001
	Within Groups	67838.021	12	5653.168		
	Total	337589.616	17			
Wgt. of cleaned seed at 14% w.b. (g.m ⁻²)	Between Groups	22589.817	5	4517.963	1.073	0.422
	Within Groups	50525.112	12	4210.426		
	Total	73114.929	17			
Yield (kg.rai ⁻¹)	Between Groups	690570.000	5	138114.000	9.544	0.001
	Within Groups	173663.357	12	14471.946		
	Total	864233.356	17			
Yield at 14% w.b. (kg.rai ⁻¹)	Between Groups	62719.317	5	12543.863	1.369	0.303
	Within Groups	109961.911	12	9163.493		
	Total	172681.228	17			

ตารางที่ ข.35 ผลวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ข้าวพันธุ์กข - แม่โจ้ 2

Parameter		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Seed moisture content (% w.b.)	Between Groups	882.071	5	176.414	146.641	0.000
	Within Groups	14.436	12	1.203		
	Total	896.507	17			
No. of ears in m ²	Between Groups	2813.778	5	562.756	0.718	0.622
	Within Groups	9402.667	12	783.556		
	Total	12216.444	17			
Wgt. of ears (g.m ⁻²)	Between Groups	23021.386	5	4604.277	0.286	0.912
	Within Groups	193215.527	12	16101.294		
	Total	216236.913	17			
Wgt. of seeds (g.m ⁻²)	Between Groups	21428.811	5	4285.762	0.303	0.902
	Within Groups	169960.125	12	14163.344		
	Total	191388.936	17			
Wgt. of dust (g.m ⁻²)	Between Groups	3050.203	5	610.041	7.775	0.002
	Within Groups	941.584	12	78.465		
	Total	3991.787	17			
Wgt. of cleaned seed (g.m ⁻²)	Between Groups	36027.426	5	7205.485	0.528	0.751
	Within Groups	163809.712	12	13650.809		
	Total	199837.138	17			
Wgt. of cleaned seed at 14% w.b. (g.m ⁻²)	Between Groups	98975.179	5	19795.036	1.615	0.230
	Within Groups	147085.015	12	12257.085		
	Total	246060.194	17			
Yield (kg.rai ⁻¹)	Between Groups	92233.022	5	18446.604	0.528	0.751
	Within Groups	419353.577	12	34946.131		
	Total	511586.599	17			
Yield at 14% w.b. (kg.rai ⁻¹)	Between Groups	162158.980	5	32431.796	1.615	0.230
	Within Groups	240994.504	12	20082.875		
	Total	403153.484	17			

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	ศุภณัฐ ภายถวาย
เกิดเมื่อ	25 มิถุนายน 2541
ประวัติการศึกษา	2560 สายวิทย์ – คณิต โรงเรียนชัยมงคลพิทยา สุโขทัย 2564 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและ อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่
ประวัติการทำงาน	- Email : psksupanut@gmail.com

