



ปัญหาพิเศษ

อุณหภูมิสะสมของข้าวพันธุ์ กข49 ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต

Growing Degree Days at Different Growth Stages of
RD49 Rice Cultivar

นาย รณกร จินนະบุตร

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

DEPARTMENT OF AGRONOMY

FACULTY OF AGRICULTURE KASETSART UNIVERSITY



ใบรับรองปัญหาพิเศษ
คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์เกษตร)

ปริญญา

.....วิทยาศาสตร์เกษตร.....

สาขา

.....พืชไร่นา.....

ภาควิชา

เรื่อง อุณหภูมิสะสมของข้าวพันธุ์ กข49 ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต

Growing Degree Days at Different Growth Stages of RD 49 Rice Cultivar

นามผู้วิจัย นาย รณกร จินนะบุตร

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษหลัก

.....
(.....ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุตเขตต์ นาคะเสถียร, Ph.D.....)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษร่วม

.....
(.....อาจารย์ ปาริชาติ พรหมโชติ.....)

หัวหน้าภาควิชา

.....
(.....ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปิยะ กิตติภาดากุล, Ph.D.....)

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

อุณหภูมิสะสมของข้าวพันธุ์ กข49 ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต

Growing Degree Days at Different Growth Stages of RD49 Rice Cultivar

โดย

นาย รณกร จินนะบุตร

เสนอ

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

DEPARTMENT OF AGRONOMY

FACULTY OF AGRICULTURE KASETSART UNIVERSITY

รณกร จินนะบุตร 2560: อุณหภูมิสะสมของข้าวพันธุ์ กข49 ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์เกษตร ภาควิชาพืชไร่ฯ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุดเขตต์ นาคะเสถียร, Ph.D. 22 หน้า.

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกที่ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นอุณหภูมิโลก มีผลกระทบทางตรงต่อการพัฒนาในระยะต่าง ๆ ของข้าว วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้คือ เปรียบเทียบอุณหภูมิสะสมของข้าวพันธุ์ กข49 ระหว่างสภาพแปลงปลูกและโรงเรือน ที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ได้แก่ ระยะต้นกล้า ระยะแตกกอ ระยะแตกกอสูงสุด ระยะสร้างรวง ระยะออกดอก ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา และระยะเก็บเกี่ยว วิธีดำเนินการทดลอง ทำการวัดอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุดของแต่ละวันในแปลงปลูกข้าวพันธุ์ กข49 ที่ตำบลสนับทึบ อำเภอน้ำน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และในโรงเรือนปลูกข้าวพันธุ์ กข49 ที่ภาควิชาพืชไร่ฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จากนั้นคำนวณค่าอุณหภูมิสะสมและเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิสะสมที่ได้ระหว่างแปลงปลูกและโรงเรือน จากผลการทดลองพบว่า ที่ระยะแตกกออยู่ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ค่าอุณหภูมิสะสมรวมในแปลงปลูกและโรงเรือน อยู่ที่ 306.83 และ 329.23 °Cd ตามลำดับ ที่ระยะสร้างรวงอยู่ในช่วงสัปดาห์ที่ 10 ค่าอุณหภูมิสะสมรวมในแปลงปลูกและโรงเรือน อยู่ที่ 1,533.30 และ 1,489.98 °Cd ตามลำดับ จำนวนต้นตอกอในแปลงปลูก 2.37 ต้นตอกอ ซึ่งน้อยกว่าในโรงเรือนที่มี 6.50 ต้นตอกอ การสร้างรวงในแปลงปลูกมีจำนวนรวง 3.75 รวงตอกอ แต่ไม่พบการสร้างรวงในโรงเรือน ที่ระยะเก็บเกี่ยวในสัปดาห์ที่ 14 อุณหภูมิสะสมรวมในแปลงปลูกและโรงเรือนตลอดฤดูปลูก 2,106.65 และ 2,033.48 °Cd ตามลำดับ สรุปผลการทดลอง ข้อมูลอุณหภูมิสะสมที่ได้จากการทดลองนี้สามารถนำไปประกอบการคาดการณ์การเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข49 ที่ระยะต่าง ๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในการจัดการแปลงปลูก

Ronnakorn Chinnabut, 2017: Growing Degree Days at Different Growth Stages of RD49 Rice Cultivar. Bachelor of Agricultural Science, Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Special problem Advisor: Assistant Professor Sutkhet Nakasathien, Ph.D. 22 pages.

Global climate change that results in the increased global temperatures is known as the directional effect on several growth stages of rice. The aim of this study was to compare the Growing Degree Day (GDD) of rice RD49 at several growth stages of rice (seedling, tillering, the highest-tillering, panicle initiation, flowing, physiological maturity and harvest stage) between the field and greenhouse condition. An experiment was performed by collecting the highest and lowest temperature of the day from paddy field condition at Snabtub sub-district, Wang Noi district, Ayutthaya province and from greenhouse condition at Department of Agronomy, Kasetsart University which were used for GDD values calculation. Comparison of the calculated GDD values obtained from field and greenhouse was then performed. The results showed that the accumulated GDD values of tillering stage (2 weeks after planting) of field and greenhouse condition were 306.83 and 329.23 °d, respectively. The accumulated GDD values of panicle initiation (10 weeks after planting) of field and greenhouse condition were 1,533.30 and 1,489.98 °d, respectively. The number of tillers per plant under field condition was 2.37 tillers per plant, which was lower than greenhouse condition (6.5 tillers per plant). The numbers of panicle under field condition were 3.75 panicles per plant. Alternatively, there was no the panicle initiation under greenhouse condition. The accumulated GDD values of harvest stage (14 weeks after planting) of field and greenhouse condition were 2,106.65 and 2,033.48 °d, respectively. Collectively, an assessment of rice growth by using GDD value can be used for prediction several growth stages of rice RD49, which will be useful for the rice cultivation management.

Student's signature

Special problem advisor's signature

___ / ___ / ___

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุตเชตต์ นาคะเสถียร อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษหลัก อาจารย์ปาริชาติ พรหมโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษร่วม ที่ท่านได้อบรม สั่งสอน และให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาทั้งในด้านการศึกษา การทำงานวิจัย ตลอดจนตรวจทานแก้ไขปัญหาพิเศษให้สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และรองศาสตราจารย์ดร.ธานี ศรีวงศ์ชัย ที่สนับสนุนอุปกรณ์ในการทำทดลอง

ขอขอบพระคุณนิสิตปริญญาโทและดร.อรุณี วงษ์แก้วห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาและชีวโมเลกุลพืชไร่ (Crop Physio-Molecular Biology Laboratory) ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้คำปรึกษาในขั้นตอนการทดลอง ขั้นตอนปฏิบัติงาน และชี้แนวทางให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนช่วยตรวจแก้ไขปัญหาค้นคว้าพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

รณกร จินะบุตร

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	7
อุปกรณ์	7
วิธีการ	8
สถานที่และระยะเวลาการวิจัย	11
ผลและวิจารณ์	12
สรุปและข้อเสนอแนะ	15
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	17
ภาคผนวก	19
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	22

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	จำนวนวันหลังปลูกและจำนวนวันที่ห่างกันแต่ของข้าวพันธุ์ กข49	12
2	อุณหภูมิสะสมของแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข49 ในแต่ละสัปดาห์	13
3	อุณหภูมิสะสมเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ กข49 ระหว่างโรงเรือนและแปลงปลูก	14

ในช่วงศตวรรษที่ 20 เป็นต้นมา พบว่าพื้นผิวโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น 0.5°C โดยประมาณ และคาดการณ์ว่าในศตวรรษที่ 21 นี้ จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น $1.5\text{--}4.5^{\circ}\text{C}$ (Peng *et al.*, 2004) เนื่องจากสภาวะโลกร้อน ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลก มีผลต่อภาคการเกษตรในประเทศไทย ทำให้ฤดูกาลของฝนเปลี่ยนแปลงไป โดยมีผลกระทบทางตรงจากอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น ปริมาณน้ำฝนที่ลดลง ช่วงระยะเวลาฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้ผลผลิตภาพของข้าวซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญได้รับผลกระทบด้วย ในการเพาะปลูกข้าวในปัจจุบันมีความเสี่ยงเนื่องจากสภาพภูมิอากาศร้อนและแล้งโดยเฉพาะการปลูกข้าวในสภาพนาข้าวมีโอกาสน้ำฝนมีโอกาสน้ำจะประสบกับปัญหาฝนทิ้งช่วงหรือฝนแล้งระหว่างฤดูได้ ในการเพาะปลูกข้าวมักใช้ปฏิทินในการทำนายการพัฒนาของพืชในระยะต่างๆ เพื่อรองรับการตัดสินใจด้านการจัดการ ซึ่งการใช้จำนวนวันตามปฏิทิน อาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงแรกของการเจริญเติบโต วิธีการที่แม่นยำกว่าสำหรับการประเมินระยะการเจริญเติบโตของพืชคือการใช้ ค่าอุณหภูมิสะสม (Growing Degree Days: GDD) ซึ่งเป็นดัชนีที่เกิดจากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิ สามารถใช้ค่า GDD เพื่อประมาณเวลาที่พืชหรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ มีการสุกแก่หรือประมาณเวลาที่พืชจะเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตอื่นๆ ที่แน่นอน เป็นประโยชน์ในการจัดการพืช หรือเพื่อการทำนายเหตุการณ์และกำหนดเวลากิจกรรมการจัดการใดๆ การที่สภาพภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงและส่งผลต่อการผลิตข้าว อาจทำให้การคาดการณ์โดยการใช้วันจากปฏิทินมีความคลาดเคลื่อนได้

เมื่อทราบถึงปัญหาที่พบจึงได้มีแนวคิดที่จะทดลองเก็บค่าอุณหภูมิสะสมและทำการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิสะสมในแต่ละสถานที่ปลูกว่าแตกต่างกันหรือไม่จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติสะสมของข้าวพันธุ์ กข49 ในสภาพแปลงปลูกและโรงเรือน
2. เพื่อประเมินคุณสมบัติสะสมของข้าวพันธุ์ กข49 สำหรับการพัฒนาเป็นดัชนีเพื่อใช้ในการประกอบการทำนายเวลาในการเจริญเติบโตและเวลาในการให้ผลผลิตของพืช

การตรวจเอกสาร

1. ข้าว

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญทั้งการบริโภคภายในประเทศและส่งออกในตลาดโลก เป็นธัญพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย (กรมวิชาการเกษตร, 2549) อีกทั้งประชากรของโลกมากกว่าครึ่งบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักโดยเฉพาะชาวเอเชียบริโภคมากถึงร้อยละ 90 (Khush *et al.*, 1979; Sood *et al.*, 1983) จากข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ในปี พ.ศ. 2543 ประเทศไทยผลิตข้าวได้รวม 24.2 ล้านตันข้าวเปลือก ใช้เพื่อการบริโภค ทำพันธุ์ และอื่นๆ ในประเทศรวม 13.6 ล้านตัน ข้าวเปลือกส่งออกไปขายในตลาดโลก 9.2 ล้านตันข้าวเปลือก หรือ 6.1 ล้านตันข้าวสาร มีมูลค่า 67,914 ล้านบาทและในปี พ.ศ. 2544 ประเทศไทยสามารถผลิตข้าว ได้รวม 27 ล้านตันข้าวเปลือก ใช้เพื่อการบริโภคทำพันธุ์และอื่นๆ ในประเทศรวม 15 ล้านตันข้าวเปลือก ส่งออกไปขายในตลาดโลกประมาณ 12 ล้านตัน ข้าวเปลือกหรือ 7 ล้านตันข้าวสาร การผลิตข้าวมีแนวโน้มมากกว่าความต้องการของตลาดโลก ทั้งนี้เนื่องจากผลของการควบคุมจำนวน ประชากรในประเทศต่างๆ มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนา นอกจากนี้เทคโนโลยีในการผลิตข้าวมีความก้าวหน้ามากขึ้นทำให้ประเทศผู้ซื้อข้าวสามารถผลิตข้าวใช้ในประเทศได้มากขึ้น ปริมาณการนำเข้าจึงลดลง ข้าวเป็นสินค้าเกษตรที่มีเป้าหมายเพื่อการส่งออก

2. ข้าวพันธุ์ กข49

ข้าวพันธุ์ กข49 เกิดจากการผสม 3 ทาง ระหว่าง PSL00508-3-1-1-4 กับ IR66738-118-1-2 และ IR68544-29-2-1-3-1-2 ได้สายพันธุ์ PSL05102-19-1-5-4 เป็นข้าวเจ้านาสวน ไม้ไวต่อช่วงแสง ต้นสูงประมาณ 80-89 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยว 102-107 วันสำหรับหว่านน้ำตม ทรงกอตั้ง ใบสีเขียวเข้ม รวงแน่นปานกลาง คอรวงสั้น เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง ให้ผลผลิตสูง (ศักยภาพการเฉลี่ย 939 กิโลกรัมต่อไร่) ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลชนิดใหม่และต้านทานโรคไหม้ (กรมวิชาการเกษตร, 2559)

3. การเจริญเติบโตของข้าว

การเจริญเติบโตของข้าวโดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็นระยะต่างๆ ไดดังนี้

3.1 การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative growth) โดยมี 2 ระยะคือ

- 1) ระยะต้นกล้า (seedling stage) เป็นระยะจากข้าวงอกจนกระทั่งถึงข้าวแตกกอ ใช้ระยะเวลาประมาณ 20 วัน (ขึ้นอยู่กับพันธุ์) สิ้นสุดระยะนี้ต้นข้าวจะมีใบประมาณ 5-6 ใบ
- 2) ระยะแตกกอ (tillering stage) นับจากข้าวเริ่มแตกกอดังกล่าวจนถึงข้าวเริ่มสร้างช่อดอกอ่อน (panicle initiation) ใช้เวลาประมาณ 30-50 หลังจากระยะต้นกล้าขึ้นอยู่กับสภาพการตอบสนองต่อช่วงแสงของพันธุ์ข้าว

3.2 การเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ (reproductive growth) เริ่มจากข้าวเริ่มสร้างช่อดอกอ่อน ผ่านระยะตั้งท้อง (booting stage) จนถึงโผล่ช่อดอกและผสมเกสร (heading, flowering, fertilization) โดยจะใช้ระยะเวลาช่วงนี้ประมาณ 30-35 วัน ลักษณะของระยะต่างๆ มีดังนี้

- 1) ระยะเริ่มสร้างช่อดอกอ่อน หลังจากแตกกอเต็มที่แล้วก็จะเข้าสู่ระยะสร้างช่อดอกอ่อน (พันธุ์ที่ไวแสงจะต้องได้รับช่วงแสงที่เหมาะสมก่อน จึงจะก่อให้เกิดระยะนี้ได้) ระยะนี้ต้นข้าวจะเปลี่ยนจากต้นที่มีลักษณะแบนเป็นต้นกลม และจะมีการยืดปล้อง (stem elongation) ในอัตราเร็ว เมื่อผ่าลำต้นดูจะเห็นจุดกำเนิดช่อดอก (panicle primordium) ลักษณะเป็นสามเหลี่ยมมีสีขาวปุยๆ และจะเจริญเติบโตเรื่อยๆ เป็นช่อดอกที่มีดอกเรียกว่า spikelets

- 2) ระยะตั้งท้อง เป็นระยะที่ช่อดอกอ่อนของข้าวขยายตัวใหญ่ขึ้นจนเป็นช่อดอกที่สมบูรณ์ ตรงกาบใบตรงจะอ้วนพองขึ้น

- 3) ระยะออกดอกและผสมเกสร ระยะที่ช่อดอกโผล่จากกาบใบ (heading) ดอกข้าวบาน (flowering) และผสมเกสร (fertilization) ซึ่งจะเกิดพร้อมกันหรือเหลื่อมกันบางเพียงเล็กน้อย

3.3 การพัฒนาการของเมล็ด (grain development) ได้แก่ ระยะภายหลังการผสมเกสร ซึ่งรังไข่ที่ได้รับการผสมจะเจริญเติบโต อาหารที่ได้รับการสังเคราะห์แสงจะถูกสะสมในเมล็ดเป็นลำดับในหลายแห่งจึงเรียกระยะนี้ว่าระยะสะสมในเมล็ด (grain filling period) ในระยะแรกจะอยู่ในระยะน้ำนม (milky) เปลี่ยนเป็นแป้งอ่อน (dough) จนกระทั่งเมล็ดสุก (ripening) เป็นแป้งแข็งเป็นระยะสุกแก่หรือเก็บเกี่ยว (harvest maturity)

จะใช้เวลาการพัฒนาการของเมล็ดทั้งหมดประมาณ 25-30 วัน ดังนั้นเมื่อรวมระยะต่างๆแล้วข้าวจะมีอายุในระหว่าง 110-120 วัน สำหรับข้าวไม่ไวแสงและประมาณ 120-140 วันสำหรับข้าวไวแสง (กรมวิชาการเกษตร, 2534)

3. ภาวะโลกร้อน

สภาวะโลกร้อนเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากโลกไม่สามารถระบายความร้อนที่ได้รับจากรังสีดวงอาทิตย์ออกไปได้อย่างปกติ จึงทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น และทำให้สภาพอากาศของโลกเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2550) จากการศึกษาของสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย ระบุว่า ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อภาคการเกษตรในประเทศไทยสัมพันธ์กับปริมาณน้ำ ในประเทศไทยมีแนวโน้มว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะทำให้ปริมาณน้ำลดลง (ประมาณร้อยละ 5-10) ซึ่งจะมีผลต่อผลผลิตด้านการเกษตรโดยเฉพาะข้าว ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและต้องอาศัยปริมาณน้ำฝนและแสงแดดที่แน่นอน รวมถึงความชื้นของดินและอุณหภูมิเฉลี่ยที่พอเหมาะด้วย (มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2557)

4. ผลของภาวะโลกร้อนต่อการพัฒนาของพืช

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อภาคการเกษตรในประเทศไทย ทำให้ฤดูกาลของฝนเปลี่ยนแปลงไป กระบวนการระเหยและการกลั่นตัวจะเร็วขึ้น หมายถึงว่า ฝนอาจจะตกบ่อยขึ้นแต่น้ำจะระเหยเร็วขึ้นด้วย ทำให้ดินแห้งเร็วกว่าปกติในช่วงฤดูกาลเพาะปลูก สัมพันธ์กับปริมาณน้ำในประเทศไทย มีแนวโน้มว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะทำให้ปริมาณน้ำลดลง (ประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งจะมีผลต่อผลผลิตด้านการเกษตร นอกจากผลกระทบโดยตรงจากอุณหภูมิ ฝน ช่วงระยะเวลาฤดูกาล เพาะปลูกแล้ว ยังเกิดจากผลกระทบ ทางอ้อมอีกด้วย คือ การระบาดของโรคพืช ศัตรูพืชและวัชพืชโดยเฉพาะข้าว ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ที่ต้องอาศัยปริมาณน้ำฝนและแสงแดดที่แน่นอนรวมถึงความชื้นของดินและอุณหภูมิเฉลี่ยที่พอเหมาะด้วย (กรีนพีซ, 2551)

5. Growing Degree Day (GDD)

อุณหภูมิสะสม (GDD) เป็นดัชนีที่คำนวณโดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิ มักใช้เพื่อประมาณเวลาที่พืชหรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ มีการสุกแก่ หรือประมาณเวลาที่พืชจะเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตนั้นๆ ที่แน่นอน (Ackerman and Martin, 2010) การพัฒนาของพืช อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่ กำหนดการแพร่กระจายและการเจริญของพืช พืชแต่ละชนิดมีการปรับตัวและ ตอบสนองต่ออุณหภูมิไม่เหมือนกัน มีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุดไม่เท่ากันและยัง ต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อการสังเคราะห์แสง และเจริญเติบโตไม่เท่ากัน ช่วงอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และเหมาะสมของพืชเรียกว่า Cardinal temperature ระยะพัฒนาการของพืชในแต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโตในวงจรชีวิต นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนสะสมหรือค่าอุณหภูมิสะสมที่ เรียกว่า Accumulated growing degree days ปัจจัยมีหน่วยเป็น °C (ศักดิ์ดา และคณะ, 2548) ค่าอุณหภูมิดังกล่าวหมายถึงปริมาณความร้อนหรือพลังงานความร้อนที่พืชต้องการเพื่อที่จะพัฒนาจากระยะการเจริญเติบโตระยะหนึ่งไปสู่อีกระยะหนึ่ง ถึงแม้สภาพภูมิอากาศที่พืชนั้นปลูกอยู่จะผันแปร อย่างไรก็ตามพืชจะเจริญถึงระยะนั้นๆ ได้จะต้องมีอุณหภูมิสะสม ถึงจำนวนที่กำหนดให้ถ้าในระหว่างที่พืชนั้นขึ้นอยู่มีอากาศหนาวเย็นหรือมีอุณหภูมิต่ำ พืชก็จะต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นเพื่อรวมอุณหภูมิให้ได้ถึงจำนวนที่กำหนดก่อน ในทางตรงกันข้ามถ้าพืชนั้นเจริญอยู่ในระหว่างที่มีอุณหภูมิสูง พืชก็ใช้จำนวนวันน้อยกว่าในการสะสมอุณหภูมิให้ได้จำนวนเดียวกันนั้น จะเห็นได้ว่าการใช้ค่าอุณหภูมิสะสมเป็น ตัวกำหนดความอ่อนหรือแก่ของพืชจะมีความแปรปรวนน้อยกว่าการใช้วิธีนับจำนวนวันจากหลักการนี้ เราสามารถคาดการณ์การเจริญของระยะต่างๆ ของพืชได้ เพียงมีการบันทึกอุณหภูมิของแต่ละวัน แล้วนำไปคำนวณหาค่าอุณหภูมิ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. พืชทดสอบ
 - 1.1 ข้าวพันธุ์ กข49
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
 - 2.1 เครื่องหยอดเมล็ด
 - 2.2 กระถาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว
 - 2.3 U-Tube Max - Min Thermometer
 - 2.4 Weather station
3. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับบันทึกข้อมูล
 - 3.1 กระดาษสำหรับบันทึกข้อมูล
 - 3.2 ดินสอ ปากกา
 - 3.3 กล้องบันทึกภาพ
 - 3.4 คอมพิวเตอร์

วิธีการ

1. แผนการทดลอง

ดำเนินการทดลองที่แปลงเกษตรกรรมและโรงเรียนทดลองในระหว่างเดือน กรกฎาคม ถึงพฤศจิกายน 2560 โดยมีแผนการทดลองดังนี้

- 1) ในแปลงเกษตรกรรม อัตราปลูก 15 กิโลกรัมต่อไร่
- 2) ในโรงเรียนทดลอง กระจายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว ในหนึ่งกระถางต่อหนึ่งต้น

การทดลองปลูกข้าวพันธุ์ กข 49 ในช่วงเดือน กรกฎาคม ถึงพฤศจิกายน 2560 ณ แปลงเกษตรกรรมโดยใช้เครื่องปลูกข้าวแบบโรยเมล็ดและติดตั้งเครื่องวัดสภาพอากาศเพื่อเก็บอุณหภูมิในแต่ละวัน

ปลูกทดสอบในกระถาง ที่โรงเรียนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 50 กระถาง และเก็บข้อมูลอุณหภูมิเหมือนกับในแปลงเพื่อเปรียบเทียบข้อมูล

2. การปลูกและดูแลรักษา

2.1 การเตรียมเมล็ดพันธุ์

นำเมล็ดพันธุ์ข้าวไปแช่น้ำเป็นเวลา 2 คืน

2.2 การปลูกและการดูแลรักษาในแปลงเกษตรกรรม

การดูแลรักษาและการจัดการแปลงนาทำตามวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ มีการปรับเปลี่ยนนาให้เรียบสม่ำเสมอและทำร่องระบายน้ำระหว่างแปลงย่อย หลังจากนั้นจึงปลูกข้าวตามแผนการทดลองและพ่นสารควบคุมวัชพืชพืชบาทคอล์ ในอัตราส่วน 100มล.ต่อน้ำ 25 ลิตร ที่ระยะ 7 วันหลังปลูก พ่นสาร 2, 4-D ควบคุมวัชพืชหลังออก โดยใช้อัตราส่วน 100 มล.ต่อน้ำ 25 ลิตร ที่ระยะ 20 วัน หลังปลูก ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 23 กิโลกรัมต่อไร่ และพ่นสารคาร์บาริว กำจัดศัตรูพืชเพื่อป้องกันการเข้าทำลายพืชปลูกของเพลี้ยไฟ ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ที่ระยะข้าวแตกกอหรือที่ 30 วันหลังปลูก โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3 ที่ระยะข้าวสร้างรวงอ่อนหรืออายุ 45 วันหลังปลูก โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ พร้อมทั้งพ่นน้ำส้มควันไม้ อัตราส่วน 300 มิลลิลิตรต่อน้ำ 25 ลิตร เมื่อข้าวอายุได้ 68 วันหลังปลูก พ่นสารฮอร์โมนไข่เพื่อเร่งรวงข้าว อัตราส่วน 200 มิลลิลิตรต่อน้ำ 25 ลิตร และพ่นสารเชื้อราไตรโคเดอร์มา เมื่อข้าวมีอายุ 75และ85 วันหลังปลูก หลังจากนั้นระบายน้ำออกจากนา เมื่อข้าวได้อายุ 90 วัน และเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อข้าวอายุ 108 วัน

2.3 การปลูกและการดูแลรักษาในโรงเรือนทดลอง

นำดินมาจากแปลงเกษตรกร แบ่งใส่กระถาง 50 กระถาง หลังจากนั้นจึงปลูกข้าวตามแผนการทดลอง ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 5.64 กรัมต่อกระถาง กำจัดวัชพืชโดยใช้การถอน ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ที่ระยะข้าวแตกกอหรือที่ 30 วันหลังปลูก โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 6.14 กรัมต่อกระถาง และใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3 ที่ระยะข้าวสร้างรวงอ่อนหรืออายุ 45 วันหลังปลูก โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 1.23 กรัมต่อกระถาง และปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 3.68 กรัมต่อกระถาง คุ้ระดับน้ำในกระถางในแต่ละวันไม่ให้แห้งจนเกินไป ช่วงก่อนเก็บเกี่ยวจะงดการให้น้ำแก่ต้นข้าว

3. การเก็บข้อมูล

มีการเก็บข้อมูลในแปลงทดลองและกระถาง ดังนี้

3.1 ข้อมูลการพัฒนาการข้าว โดยการสังเกต และจดบันทึกวันที่เมื่อข้าวเข้าสู่ระยะต่างๆดังนี้

- 1) ระยะต้นกล้า (seedling stage)
- 2) ระยะเริ่มแตกกอ (tillering stage)
- 3) การแตกกอสูงสุด (maximum tillering)
- 4) ระยะการสร้างช่อดอก (panicle initiation)
- 5) การออกดอก (flowering)
- 6) ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturation)
- 7) ระยะเก็บเกี่ยว (harvest stage)

3.2 ข้อมูลอุณหภูมิ (temperature)

บันทึกข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละวัน นำค่าอุณหภูมิมาคำนวณค่าอุณหภูมิสะสมที่ข้าวใช้ในการพัฒนาในแต่ละระยะโดยใช้สมการตามวิธีการของ Tollenaar (1979) ดังนี้

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

โดย $T_{\max}$ = Daily maximum temperature คือ ค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวัน ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{\min}$ = Daily minimum temperature คือ ค่าอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน ($^{\circ}\text{C}$)

T base = The minimum threshold temperature คือ ค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่พืชจะ

เจริญเติบโตได้ สำหรับ ข้าวมีค่า เท่ากับ 10 °C

3.3 จำนวนต้นตอกและจำนวนรวง

เก็บข้อมูลจำนวนต้นตอกและจำนวนรวงตั้งแต่ต้นข้าวเริ่มแตกกอ โดยเก็บข้อมูลทุก 2 สัปดาห์ทั้งในแปลงปลูกและโรงเรือนและเก็บข้อมูลจำนวนรวง และนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับ อุณหภูมิสะสม

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิในแปลงและในโรงเรือน วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อก สมบูรณ์ (Randomized Completely blocks design) การนำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Fisher's Least-Significant Difference; LSD ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95 เปอร์เซ็นต์ด้วยโปรแกรม Statistical Tool for Agricultural Research (STAR)

สถานที่และระยะเวลาการทําวิจัย

1. สถานที่การทําวิจัย

ตำบลสนับทึบ อำเภอบางบาล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
โรงเรียน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

2. ระยะเวลาการทําวิจัย

ทดลองปลูกข้าวพันธุ์ กข49 เดือน กรกฎาคม-พฤศจิกายน 2560

ผลและวิจารณ์

ตารางที่ 1 จำนวนวันหลังปลูก จำนวนวันที่ห่างกันแต่ละระยะการเจริญเติบโตของ
ข้าวพันธุ์ กข49 ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ

ระยะการเจริญเติบโต	ปลูกวันที่ 21 กรกฎาคม 2560		ปลูกวันที่ 4 สิงหาคม 2560	
	แปลงปลูก		โรงเรือน	
	จำนวนวันหลัง ปลูก (วัน)	จำนวนวันที่ห่างกัน ของแต่ละระยะการ เจริญเติบโต (วัน)	จำนวนวันหลัง ปลูก (วัน)	จำนวนวันที่ห่างกัน ของแต่ละระยะการ เจริญเติบโต (วัน)
ระยะต้นกล้า	8		9	
ระยะแตกกอ	14	6	13	4
ระยะแตกกอสูงสุด	50	36	57	44
ระยะสร้างรวง	67	17	75	18
ระยะออกดอก	81	14	85	10
ระยะสุกแก่ทาง สรีรวิทยา	92	11	94	9
ระยะเก็บเกี่ยว	104	12	103	9

จากการทดลองเปรียบเทียบจำนวนวันหลังปลูกข้าวพันธุ์ กข49 ในแปลงปลูกและโรงเรือน พบว่า ระยะต้นกล้าของแปลงปลูกใช้ระยะเวลา 6 วันจึงเข้าสู่ระยะแตกกอ ในขณะที่โรงเรือนใช้ระยะเวลา 4 วัน จากระยะแตกกอเข้าสู่ระยะแตกกอสูงสุดในแปลงปลูกใช้เวลา 36 วัน และในโรงเรือนใช้เวลา 44 วัน หลังจากเข้าสู่ระยะแตกกอสูงสุดในแปลงปลูกใช้เวลา 17 วัน ส่วนในโรงเรือนใช้เวลา 8 วันเพื่อเข้าสู่การเจริญเติบโตในระยะสร้างรวง และพัฒนาเป็นระยะออกดอกใช้เวลา 14 วัน ในแปลงปลูก และ 20 วันในโรงเรือน จากนั้นใช้เวลา 11 วันในแปลงปลูก และ 9 วันในโรงเรือน เพื่อพัฒนาระยะการเจริญเติบโตเป็นระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา แล้วจะเข้าสู่ระยะเก็บเกี่ยวโดยใช้เวลา 12 วันในแปลงปลูก และ 9 วันภายในโรงเรือน

ตารางที่ 2 อุณหภูมิสะสมของแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข49 ในแต่ละสัปดาห์

สัปดาห์	อุณหภูมิสะสม (°d)	
	แปลงปลูก	โรงเรือน
สัปดาห์ที่ 2	306.83	329.23
สัปดาห์ที่ 4	620.16	646.98
สัปดาห์ที่ 6	921.48	944.73
สัปดาห์ที่ 8	1,234.63	1,228.98
สัปดาห์ที่ 10	1,533.30	1,489.98
สัปดาห์ที่ 12	1,816.13	1,769.48
สัปดาห์ที่ 14	2,106.65	2,033.48

จากการศึกษาอุณหภูมิสะสมของแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข49 พบว่า สัปดาห์ที่ 2 ในแปลงปลูกและของโรงเรือน มีค่าอุณหภูมิสะสมเท่ากันอยู่ที่ 306.83 และ 329.23 °d ตามลำดับ ในขณะที่สัปดาห์ที่ 4 ในแปลงปลูกมีค่าอุณหภูมิสะสมอยู่ที่ 620.16 °C ซึ่งน้อยกว่าในโรงเรือนที่มีค่าอุณหภูมิสะสมอยู่ที่ 646.98 °d สัปดาห์ที่ 6 ในแปลงปลูกมีค่าอุณหภูมิสะสมอยู่ที่ 921.48 °d ซึ่งน้อยกว่าในโรงเรือนมีค่าอุณหภูมิสะสมอยู่ที่ 944.73 °d เมื่อถึงสัปดาห์ที่ 8 ในแปลงปลูกมีค่าอุณหภูมิสะสมอยู่ที่ 1,234.63 °C ซึ่งมากกว่าในโรงเรือนที่มีค่าอุณหภูมิสะสมอยู่ที่ 1,228.98 °d ในสัปดาห์ที่ 10 แปลงปลูกที่มีค่าอุณหภูมิสะสมอยู่ที่ 1,533.30 °d ซึ่งมากกว่าในโรงเรือนที่มีอุณหภูมิสะสม 1,489.98 °d สัปดาห์ที่ 12 ในแปลงปลูกมีค่าอุณหภูมิสะสมอยู่ที่ 1,816.13 °d ซึ่งมีอุณหภูมิสะสมมากกว่าในโรงเรือนที่มีอุณหภูมิสะสมเท่ากับ 1,769.48 °d และสัปดาห์ที่ 14 ในแปลงปลูกมีค่าอุณหภูมิสะสมอยู่ที่ 2,106.65 °d ส่วนในโรงเรือนมีอุณหภูมิสะสมเท่ากับ 2,033.48 °d

ตารางที่ 3 จำนวนต้นตอกอ จำนวนรวงตอกอที่สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 10 ของข้าวพันธุ์ กข49 ในสภาพแปลง ปลุกและโรงเรือน

สถานที่	สัปดาห์	จำนวนต้นตอกอ	จำนวนรวงตอกอ
สัปดาห์ที่ 8			
แปลงปลูก		2.38b	0
โรงเรือน		4.75a	0
LSD 0.05		*	Ns
CV (%)		21.25	0
เฉลี่ย		3.56	0
สัปดาห์ที่ 10			
แปลงปลูก		2.37b	3.75a
โรงเรือน		6.5a	0b
LSD 0.05		*	*
CV (%)		21.94	17.21
เฉลี่ย		4.44	1.88

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแถวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $p < 0.05$ (Fisher's LSD) * = แตกต่างกันทางสถิติที่ $p < 0.05$ (Fisher's LSD), ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

จากตารางที่ 3 จำนวนต้นตอกอ จำนวนรวงตอกอ ที่สัปดาห์ที่ 8 และ สัปดาห์ที่ 10 ของข้าวพันธุ์ กข49 พบว่า จำนวนกอของข้าวในสภาพแปลงปลุกและสภาพโรงเรือน ที่สัปดาห์ที่ 8 มีความแตกต่างทางสถิติ คือ ในโรงเรือนมีจำนวนกอ 4.75 กอ มากกว่าจำนวนกอในแปลงปลุกที่มีจำนวนกอ 2.38 กอ และมีจำนวนกอที่สัปดาห์ที่ 10 ของข้าวในสภาพแปลงปลุกและสภาพโรงเรือนมีค่าแตกต่างทางสถิติ คือ สภาพโรงเรือนมีจำนวน 6.5 กอ ซึ่งมากกว่าสภาพแปลงปลุกที่มีค่า 2.375 กอ แต่จำนวนรวงในระยะเดียวกันนี้มีจำนวนรวงในทิศทางตรงข้ามคือ จำนวนรวงสภาพแปลงปลุกและสภาพโรงเรือนมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยในสภาพแปลงปลุกมีค่า 3.75 รวง ซึ่งมากกว่าสภาพโรงเรือน ที่ไม่พบการสร้างรวง (ตารางที่ 3)

สรุปและวิจารณ์

จากผลการทดลองระยะต่างๆ ของข้าวพันธุ์ กข49 ในแปลงปลูกและในโรงเรือนมีระยะเวลาการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน เมื่อนำผลการทดลองอุณหภูมิสะสมของข้าวพันธุ์ กข49 ในแต่ละสัปดาห์มาเปรียบเทียบพบว่า ระยะแตกกออยู่ในช่วง สัปดาห์ที่ 2 มีอุณหภูมิสะสมในแปลงปลูกและโรงเรือนอยู่ที่ 306.83 และ 329.23 °d ตามลำดับ ระยะแตกกอสูงสุด อยู่ในสัปดาห์ที่ 8 มีอุณหภูมิสะสมในแปลงปลูกและโรงเรือน อยู่ที่ 1,234.63 และ 1,228.98 °d ตามลำดับ มีจำนวนต้นตอกในโรงเรือน 4.75 กอ ซึ่งมากกว่าในแปลงปลูก 2.38 กอ Datta (2009) พบว่าการปลูกข้าวโดยใช้ระยะปลูกห่างจะมีการแตกกอได้ดีกว่าการใช้ระยะปลูกที่แคบ ซึ่งสอดคล้องกับการแตกกอในโรงเรือนที่มีจำนวนมากกว่าในแปลงปลูก ในระยะสร้างรวงอยู่ในช่วงสัปดาห์ที่ 10 อุณหภูมิสะสมในแปลงปลูกและโรงเรือน อยู่ที่ 1,533.30 และ 1,489.98 °d ตามลำดับ จำนวนต้นตอก 2.37 กอ ซึ่งมากกว่าในแปลงปลูก 6.5 กอ แต่ในแปลงเริ่มสร้างรวงซึ่งสร้างรวงที่ 3.75 รวง แต่ในโรงเรือนยังไม่มีการสร้างรวงเกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสิริพร (2559) ที่ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญโตของข้าวพบว่า ที่อุณหภูมิสูงในระยะต้นกล้ามีการเพิ่มขึ้นของต้นกล้าภายใต้ภาวะอุณหภูมิสูง ในแต่ละระยะ โดยจากการทดลองพบว่าในการปลูกข้าวในสภาพแปลงปลูกมีการสะสมอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น สัปดาห์ที่ 12 จากการสังเกตต้นข้าวจะเริ่มเข้าสู่ระยะดอกบานอุณหภูมิสะสมในแปลงปลูกและโรงเรือน 1,533.และ 1,489.98 °d ตามลำดับ และเก็บเกี่ยวในสัปดาห์ที่ 14 อุณหภูมิสะสมในแปลงปลูกและโรงเรือน 2,106.65 และ 2,033.48 °d ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลอง เก็บข้อมูลอุณหภูมิสะสม ตลอดฤดูการเพาะปลูก เมื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิสะสมของแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข49 ที่ภายในสภาพแปลงปลูก จะมีค่าอุณหภูมิความร้อนสะสม ที่มากกว่าในโรงเรือน ทำให้มีการเจริญเติบโตแต่ละระยะรวดเร็วกว่า โดยเฉพาะระยะออกดอก แต่นอกจากอุณหภูมิความร้อนสะสม แล้วยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของต้นข้าว

จากผลการทดลองนี้เป็นการประเมินประสิทธิภาพการผลิตในแต่ละฤดู ส่งผลให้สามารถคาดการณ์การเพาะปลูกในฤดูถัดไปได้ และเพื่อแนะนำเกษตรกรในการปลูกข้าวพันธุ์ กข49 แต่การทดลองนี้ควรมีการทำการทดลองซ้ำในฤดูปลูกถัดๆไป เพื่อความถูกต้องและแม่นยำของข้อมูล เพื่อใช้ในการกำหนดระยะเวลาการกิจกรรม การทำนายเหตุการณ์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการจัดการพืช หรือเพื่อเป็นประโยชน์ในการเพาะปลูกข้าวพันธุ์ กข49

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

จำรัส โปรงศิริวัฒนา. 2534. **ความรู้เรื่องข้าว**. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.

นันทิยา คำบุญเรือง. 2554. ผลของช่วงแสงต่อการกำเนิดช่อดอก และประโยชน์ของการใช้ช่วงแสงสั้นในการปลูกข้าวนอกฤดูของข้าวขาวดอกมะลิ 105. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

พรเพ็ญ สมจิตและนิตยา ผกามาศ. 2554. ผลของวันปลูกต่ออัตราการเจริญเติบโตในระยะการสืบพันธุ์และผลผลิตของข้าวพันธุ์ไม่วางแสง. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 30 (1): 62-70.

เฉลิมพล แซมเพชร. 2542. **สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่**. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประพาส วีระแพทย์. (2517). **ความรู้เรื่องข้าว**. พิมพ์ครั้งที่2. มปท.

วรวิทย์ พาณิชย์พัฒน์, สุเทพ ลิ้มทองกุล และ สุเทพ นุชสวาท. 2529. **ความรู้เรื่องข้าว**. ปรับปรุงและจัดพิมพ์ครั้งที่ 7. ฝ่ายฝึกอบรม สถาบันวิจัยข้าว, กรมวิชาการเกษตร.

นวรรตน์ อุดมประเสริฐ. 2558. **สรีรวิทยาของพืชภายใต้สภาวะเครียด**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. 2559. **องค์ความรู้เรื่องข้าว**. แหล่งที่มา:
<http://www.ricethailand.go.th/rkb3/index.htm>, 15 ธันวาคม 2561.

มาณี วิวัฒน์วงศวนา. 2533. **สรีรวิทยาของพืช**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วาสนา ผลารักษ์. 2523. **ข้าว**. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. **สรีรวิทยาของพืช**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์มหา
วิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Ma. Rebecca C. Laza and Hidemitsu Sakai. 2015. **Differential response of rice plants
to high night temperatures imposed at varying developmental phases.**
Agricultural and Forest Meteorology 209-210: 69-77.

Nurul Hidayati, Triadiati and Iswandi Anas. 2016. **Photosynthesis and Transpiration
Rates of Rice Cultivated Under the System of Rice Intensification and the
Effects on Growth and Yield.** HAYATI Journal of Biosciences 23: 67-72.

ภาคผนวก

ภาพการดำเนินการทดลอง



ภาพผนวกที่ 1 ปลุกข้าวในแปลงเกษตรกร



ภาพผนวกที่ 2 ปลุกข้าวในโรงเรือน



ภาพผนวกที่ 3 กำจัดวัชพืชในกระถางด้วยการถอน



ภาพผนวกที่ 4 รดน้ำให้ต้นข้าวในโรงเรือน



ภาคผนวกที่ 5 ใส่ปุ๋ยให้ต้นข้าวที่ปลูกภายในโรงเรือน ครั้งที่ 1



ภาคผนวกที่ 6 ใส่ปุ๋ยให้ต้นข้าวที่ปลูกภายในโรงเรือน ครั้งที่ 2



ภาคผนวกที่ 4 เก็บบันทึกค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดในแต่ละวัน

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นายธกร จินนะบุตร
วัน เดือน ปี เกิด	16 ตุลาคม 2539
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	ระดับชั้นมัธยมศึกษา โรงเรียนดอนเมืองจาตุรจินดา
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-