

ผลของช่วงแสงต่อการกำเนิดช่อดอก และประโยชน์ของการใช้ช่วงแสงสั้นในการ
ปลูกข้าวนอกฤดู ของข้าวขาวดอกมะลิ 105



นางสาวนันทิยา คำบุญเรือง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2554

**EFFECTS OF LIGHT DURATION ON PANICLE
INITIATION AND ADVANTAGES OF OFF- SEASON
GROWING KDML105 RICE USING
SHORT DAY PERIOD**

Nuntiya Kumboonreang



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Degree of Master of Science Program in Crop Science

Suranaree University of Technology

Academic Year 2011

ผลของช่วงแสงต่อการกำเนิดช่อดอก และประโยชน์ของการใช้ช่วงแสงสั้นในการปลูก
ข้าวออกฤดู ของข้าวขาวดอกมะลิ 105

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.สุทธชล วัณประเสริฐ)

ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.หัสไชย บุญจง)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(รศ. ดร.ยุวดี มานะเกษม)

กรรมการ

(ดร.ดวงใจ สุริยาอรุณโรจน์)

กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)

คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

นันทิยา คำบุญเรือง : ผลของช่วงแสงต่อการกำเนิดช่อดอก และประโยชน์ของ
การใช้ช่วงแสงสั้นในการปลูกข้าวนอกฤดู ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 (EFFECTS OF
LIGHT DURATION ON PANICLE INITIATION AND ADVANTAGES OF
OFF- SEASON GROWING KDML105 RICE USING SHORT DAY PERIOD)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หัสไชย บุญจง, 74 หน้า.

ช่วงแสงมีอิทธิพลมากที่สุดต่อการกำเนิดช่อดอกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นข้าว
ที่ไวต่อช่วงแสง ที่ผ่านมามีการศึกษาระยะการกำเนิดช่อดอกของข้าวพันธุ์นี้จำนวนมาก โดยมีการ
กำหนดระยะกำเนิดช่อดอกที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของกล้องที่ใช้ศึกษา ดังนั้นเพื่อความ
แม่นยำ การศึกษาในครั้งนี้จะใช้กล้องทั้งสองชนิดสำหรับระยะการกำเนิดช่อดอกของข้าวขาวดอก
มะลิ 105 สำหรับการทดลองแรกมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของช่วงแสงต่อการกำเนิดช่อดอก
และการพัฒนาใบของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทำการทดลองในเรือนเพาะชำ อาคารศูนย์เครื่องมือ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (มทส.) วางแผนการทดลองแบบ
CRD จำนวน 4 ซ้ำ 4 ดำรับการทดลองดังนี้ 1) ช่วงแสง 10 ชม. 2) ช่วงแสง 11 ชม. 3) ช่วงแสง 12
ชม. และ 4) แสงธรรมชาติ (ช่วงแสงเฉลี่ย 12.40 ชม.) ปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อวันที่ 1 ก.ค.
2553 ในกระถางขนาด 12 นิ้ว จำนวน 6 ต้นต่อกระถาง รวมทั้งสิ้น 200 กระถาง เมื่อข้าวมีอายุ 20 วัน
จึงใช้ผ้าดำคลุมเพื่อให้ความยาวของช่วงเวลาการรับแสงเป็นไปตามดำรับของการทดลอง สุ่มเก็บ
ตัวอย่างต้นแม่จากทุกดำรับการทดลอง ครั้งละ 10 ซ้ำ เพื่อศึกษาพัฒนาการของปลายยอดด้วยกล้อง
stereo microscope ก่อนแล้วจึงนำไปถ่ายภาพด้วยกล้อง SEM ทำการเก็บตัวอย่างมาศึกษาครั้งแรก
หลังเริ่มดำรับการทดลอง 5 วันและทำซ้ำทุกวัน จนพบการกำเนิดช่อดอกคือระยะ primary rachis
branches ด้วยกล้อง stereo microscope จึงสิ้นสุดการสุ่มตัวอย่าง ในส่วนของภาพจากกล้อง SEM จะ
ใช้ระยะ neck node differentiation เป็นระยะมาตรฐานสำหรับการกำหนดการเกิด PI ของข้าว และ
การศึกษการพัฒนาใบแต่ละใบจนถึงใบธงจะดำเนินการไปพร้อมกันตั้งแต่ปลูกข้าว ผลการทดลอง
พบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในดำรับการทดลองที่ 1 (10 ชม.) และ 2 (11 ชม.) กำเนิดช่อดอกเมื่อ
อายุ 37 วันหลังปลูก ส่วนข้าวในดำรับการทดลองที่ 3 (12 ชม) และ 4 (12.40 ชม.) จะกำเนิดช่อดอก
เมื่ออายุ 82 วันหลังปลูก นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากทุกดำรับการทดลองจะกำเนิด
ช่อดอกได้ เมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยช่วงแสงที่สั้นกว่าช่วงแสงวิกฤต (11.52 ชม.) จำนวน 12 รอบ
หลังสิ้นสุดระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น โดยดำรับการทดลองที่ 3 (12 ชม.) และ 4 (12.40 ชม.) จะ
ได้รับช่วงแสงสั้นกว่า 11.52 ชม. ครั้งแรกในวันที่ 9 ก.ย. 2553 และให้กำเนิดช่อดอกในวันที่ 21 ก.ย.
2553 สำหรับการพัฒนาใบในทุกดำรับการทดลอง พบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีใบรวมทั้งสิ้น 22
ใบ (รวมใบธง) โดยข้าวจะมีจำนวนใบในระยะกำเนิดช่อดอกที่ใบที่ 14 โดยการพัฒนาใบแต่ละใบ

ของข้าวภายใต้ช่วงแสงสั้น จะมีการพัฒนาใบเร็วกว่าภายใต้ช่วงแสงยาว สำหรับการทดลองที่สองมีวัตถุประสงค์เพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 นอกฤดู ของจังหวัดนครราชสีมา ทำการทดลองในแปลงนาสวนเกษตรอินทรีย์ มทส. วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 4 ซ้ำ 5 ดำรับการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย 5 วันปักดำ คือ 1) 20 พ.ย. 2553 2) 20 ธ.ค. 2553 3) 20 ม.ค. 2554 4) 20 ก.พ. 2554 และ 5) 20 มี.ค. 2554 ใช้อายุกล้า 15 วัน ปักดำ 1 ต้นต่อหลุม ระยะปลูก 25×25 ซม. การศึกษาการกำเนิดช่อดอกและการพัฒนาใบข้าวเช่นเดียวกับการทดลองแรก ผลการทดลองพบเช่นเดียวกับการทดลองแรกคือข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีใบรวมทั้งสิ้น 22 ใบ และกำเนิดช่อดอกเมื่อมีใบที่ 14 ส่วนวันปลูกที่ 20 พ.ย. 20 ธ.ค. และ 20 ม.ค. จะกำเนิดช่อดอกเมื่อข้าวอายุได้ 36 วัน และ วันปลูกที่ 20 ก.พ. จะกำเนิดช่อดอกเมื่อข้าวอายุได้ 37 วัน ส่วนวันปลูกที่ 20 มี.ค. ข้าวอายุได้ 150 วันยังคงมีการเจริญเติบโตทางลำต้น จากผลการทดลองสรุปว่า การปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 นอกฤดูของจังหวัดนครราชสีมา สามารถปลูกได้ในช่วงเดือน พ.ย. ถึง ก.พ. แต่การปลูกในเดือน ธ.ค. จะมีการเจริญเติบโตและผลผลิตดีที่สุด



สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
ปีการศึกษา 2554

ลายมือชื่อนักศึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

NUNTIYA KUMBOONREANG: EFFECTS OF LIGHT DURATION
ON PANICLE INITIATION AND ADVANTAGES OF OFF- SEASON
GROWING KDML105 RICE USING SHORT DAY PERIOD. THESIS
ADVISOR: ASST. PROF. HATSACHAI BOONJUNG, Ph.D., 74 PP.

PANICLE INITIATION/KDML105/SHOOT APEX/PHOTOPERIOD

The photoperiod has the greatest influence on PI in KDML105 rice, sensitive type to photoperiod. The study of PI in rice has been conducted a great deal and the PI is identified differently depending on the type of cameras used for the study. For accuracy and effectiveness, two types of cameras were used to identify the PI of KDML105 rice. The objectives of the first experiment were to study the influence of photoperiod on PI and leaf development of KDML105 rice. The experiment was conducted in a nursery at the Center for Scientific and Technological Equipment 3, Suranaree University of Technology (SUT). Four photoperiod treatments as follows 1) 10 hr, 2) 11 hr, 3) 12 hr and 4) natural conditions (average 12.40 hr) were laid out in CRD with 4 replications. The experiment started on Jul 1, 2009. Six rice seedlings were sown in each 12 inch pot of 200 in total. On day 20 after sowing (DAS), black fabric was used to cover the rice pots for different photoperiod treatments. Ten main culms were randomly selected to study shoot apex development using a stereo microscope. After that they were photographed with a SEM. The first sample was inspected after 5 days of treatments and repeated every day until the primary rachis branches stage was found with a stereo microscope. SEM image of the neck node differentiation stage was used as the standard for PI identification of the rice. The study on development of rice leaves from the first leaf to the flag leaf was also carried out simultaneously. The results showed that the shoot apex of KDML105 rice in treatments 1 (10 hr) and 2 (11 hr) had PI at 37 DAS whereas treatments 3 (12 hr) and 4 (12.40 hr) had PI at 82 DAS. Regardless of all

treatments, KDML105 rice needed 12 cycles of photoperiod shorter than the critical day length (11.52 hr) for PI stimulation after complete vegetative growth. For treatments 3 (12 hr) and 4 (12.40 hr), photoperiod shorter than 11.52 hr was on Sep 9, 2009 and PI appeared on Sep 21, 2009. For the leaves in all treatments, it was found that KDML105 rice had a total number of 22 leaves (including the flag leaf) and PI appeared at the 14th leaf. Under short photoperiods, leave development was faster than under long photoperiods. The objective of the second experiment was to find the suitable time of growing KDML105 rice off cropping season in Nakhon Ratchasima province. Experiments were administered in the field of the organic farming lot, SUT. Five transplanting dates were on 1) 20 Nov, 2) 20 Dec, 3) 20 Jan, 4) 20 Feb and 5) 20 Mar. The treatments were arranged in RCBD with 4 replications. Fifteen day old seedlings were transplanted for 1 plant/hill at the spacing of 25×25 cm. Leaf development and PI were examined, following the same procedures as in the first experiment. The results confirmed that KDML105 rice had reached PI at the 14th leaf and had the total of 22 leaves. When shoot apex was inspected for morphological change using a SEM, it revealed that the shoot apex of KDML105 rice in treatment 1 (Nov) 2 (Dec) and 3 (Jan) had PI at the age of 36 days and treatment 4 (Feb) has PI at the age of 37 days. On the contrary, treatment 5 (Mar) rice age of 150 days was still in vegetative stage. From the results of the experiment, it could be concluded that KDML105 rice can be planted off cropping season in Nakhon Ratchasima from Nov to Feb, but Dec will give the best growth and yield.

School of Crop Production Technology

Academic Year 2011

Student's Signature_____

Advisor's Signature_____

Co-advisor's Signature_____

Co-advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หัสไชย บุญจูง อาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหา และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

รองศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี มานะเกษม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธล วัณประเสริฐ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ศาสตราจารย์ ดร.นันทกร บุญเกิด ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการและให้พื้นที่ทำการทดลองในแปลงนาเกษตรอินทรีย์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย ชินขุนทด ที่กรุณาให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการ และการนำเสนอข้อมูลที่ดี

ดร. ดวงใจ สุริยาอรุณโรจน์ ที่กรุณาให้คำแนะนำทางด้านวิชาการ

ขอขอบคุณ คุณนวลปรายค์ อุทัยดา คุณสมขง พิมพ์พรม คุณสพรัฐ นภาภาส คุณอนุชิต เรื่องวิทยานนท์ เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ และให้คำแนะนำในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ พร้อมทั้งคุณอุทัย พลแสงจันทร์ และเจ้าหน้าที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยเหลือ และสนับสนุนการปฏิบัติงานในแปลงทดลอง

ขอขอบคุณ พี่ น้องบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชทุกท่าน ที่ช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ให้การปฏิบัติงานเป็นไปได้อย่างดี ให้คำปรึกษาด้านวิชาการ และให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้โอกาสในการศึกษาระดับมหาบัณฑิต แก่ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ด้วยทุนอุดหนุน โครงการวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา จนทำให้ประสบความสำเร็จในชีวิต

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป.....	ณ
บทที่	

1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3

2 ปรัชญ่วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติความเป็นมาของข้าว.....	4
2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และการเจริญเติบโตของข้าว	4
2.3 อิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อการออกดอกของข้าว.....	8
2.4 กระบวนการเกิดและพัฒนาการของดอก และการกำหนดระยะกำเนิด ช่อดอกของข้าว	15
2.5 ฤดูกาลทำนาของประเทศไทย	18
2.6 ลักษณะสำคัญด้านสรีรวิทยา.....	22

3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษาอิทธิพลของช่วงแสงต่อการกำเนิดช่อดอกข้าวขาวดอกมะลิ 105.....	26
3.2 การปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 นอกฤดู	29

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล และการอภิปรายผล

4.1.1 สภาพภูมิอากาศ.....	32
--------------------------	----

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.2 การพัฒนาใบข้าวภายใต้ความยาวช่วงของแสงที่ต่างกัน	32
4.1.3 ลักษณะทางสัณฐานของปลายยอดข้าวภายใต้กล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM)	35
4.1.4 จำนวนรอบของช่วงแสงสั้นที่มีต่อการกำเนิดช่อดอก (PI)	42
4.1.5 อิทธิพลของอุณหภูมิสะสมต่อการพัฒนาการของข้าวภายใต้ช่วงแสงที่ต่างกัน	43
4.1.6 อิทธิพลของช่วงแสงต่อการพัฒนาการของข้าว (DAS) ระยะกำเนิดช่อดอก จนถึงระยะเก็บเกี่ยวและผลผลิต	44
4.1.7 สรุปผลการทดลองและการนำไปใช้ประโยชน์	46
4.2.1 สภาพภูมิอากาศ	47
4.2.2 การพัฒนาใบข้าวภายใต้ความยาวช่วงของแสงสั้น	47
4.2.3 ลักษณะทางสัณฐานของปลายยอดข้าวภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ชนิดส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM)	51
4.2.4 อิทธิพลของช่วงแสงสั้นต่อการพัฒนาการของข้าว ภายใต้ช่วงแสงสั้น กว่าช่วงแสงวิกฤต	52
4.2.5 อิทธิพลของอุณหภูมิสะสมต่อการพัฒนาการของข้าวภายใต้ช่วงแสงสั้น กว่าช่วงแสงวิกฤต	52
4.2.6 ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโตด้านสรีรวิทยา	54
5 บทสรุป	63
รายการอ้างอิง	64
ภาคผนวก	68
ประวัติผู้เขียน	74

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงอุณหภูมิสะสมรวม (ชั่วโมง) ตั้งแต่วันปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว 4 เดือน ของจังหวัดสุพรรณบุรีและจังหวัดนนทบุรีในช่วงที่ทำการทดลอง โดยนำจังหวัดนครราชสีมา มาเปรียบเทียบกับหากปลูกและเก็บเกี่ยวช่วงเวลาเดียวกัน	20
2.2	ตารางแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105	21
4.1	แสดงวันหลังปลูกที่พัฒนาการเกิดใบ (DAS) ช่วงแสงที่ข้าวได้รับ (เฉลี่ย) ในการเกิดใบที่ 1-21 ในแต่ละดำรับการทดลอง	34
4.2	ความยาวของช่วงแสงที่ข้าวได้รับตั้งแต่ปลูกจนกำเนิดช่อดอก (PI)	43
4.3	อุณหภูมิสะสมที่ข้าวได้รับในแต่ละระยะการเจริญเติบโตตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว ในแต่ละดำรับการทดลอง	44
4.4	ผลการวิเคราะห์พัฒนาการของข้าว (DAS) ตั้งแต่กำเนิดช่อดอกจนถึงเก็บเกี่ยว และผลผลิตการทดลองที่ 1	45
4.5	แสดงวันหลังปลูกที่พัฒนาการเกิดใบ (DAS) ช่วงแสงที่ข้าวได้รับ (เฉลี่ย) ในการเกิดใบที่ 1-21 ในแต่ละดำรับการทดลอง	50
4.6	แสดงช่วงแสง (ชม./วัน) เฉลี่ยในแต่ละช่วงของพัฒนาการของข้าว	52
4.7	อุณหภูมิสะสมที่ข้าวได้รับในแต่ละระยะการเจริญเติบโตตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว ในแต่ละดำรับการทดลอง	53
4.8	ผลการวิเคราะห์จำนวนวันหลังปลูก (DAS) กับพัฒนาการของพัฒนาการของข้าวขาวดอกมะลิ 105	54
4.9	ความสูงของต้นข้าวในแต่ละดำรับการทดลองที่ 30, 60 และ 90 DAS	55
4.10	แสดงพื้นที่ใบของข้าวในแต่ละดำรับการทดลองทดลองที่ 30 60 72 และ 90 DAS	56
4.11	ดัชนีมวลชีวภาพ (TDM) ของข้าวในแต่ละดำรับการทดลองที่ 30, 60 และ 90 DAS	57
4.12	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติองค์ประกอบผลผลิต ดัชนีการเก็บเกี่ยว และผลผลิตของข้าว	61

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	แสดงระยะกำเนิดปุ่มคอรรวงและระยะสร้างแกนกำเนิดช่อดอกย่อยที่ 1..... 18
4.1	แสดงภูมิอากาศ พฤษภาคม 2553 –มกราคม 2554 อุณหภูมิสูง-ต่ำเฉลี่ยรายเดือน ความยาวของช่วงแสง (ชม.) ความเข้มแสง ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) เฉลี่ยรายวัน ปริมาณน้ำฝนและการระเหยน้ำรวมแต่ละเดือน 33
4.2	พัฒนาการปลายยอดข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ทั้ง 4 ดำรับการทดลองที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติ ได้รับช่วงแสงเฉลี่ย 13.02 ชม. เป็นเวลา 20 วัน 36
4.3	พัฒนาการปลายยอดข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติ เมื่อได้รับช่วงแสง 10 และ 11 ชม. ช่วงแสง 12 ชม.และสภาพธรรมชาติ ช่วงแสงเฉลี่ย 12.58 ชม. เป็นเวลา 25 วัน 36
4.4	พัฒนาการปลายยอดข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติ เมื่อได้รับช่วง แสง 10 และ 11 ชม. ช่วงแสง 12 ชม.และสภาพธรรมชาติ ช่วงแสงเฉลี่ย 12.50 ชม. เป็นเวลา 34 วัน 37
4.5	พัฒนาการปลายยอดข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติ เมื่อได้รับช่วงแสง 10 และ 11 ชม. ช่วงแสง 12 ชม.และสภาพธรรมชาติ ช่วงแสงเฉลี่ย 12.48 ชม. เป็นเวลา 37 วัน 38
4.6	พัฒนาการปลายยอดข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติ เมื่อได้รับ ช่วงแสง 10 และ 11 ชม. ช่วงแสง 12 ชม.และสภาพธรรมชาติ ช่วงแสงเฉลี่ย 12.43 ชม. เป็นเวลา 40 วัน 39
4.7	พัฒนาการปลายยอดข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติ เมื่อได้รับช่วงแสง 10 และ 11 ชม. ช่วงแสง 12 ชม.และสภาพธรรมชาติ ช่วงแสงเฉลี่ย 12.39 ชม. เป็นเวลา 43 วัน 40
4.8	พัฒนาการปลายยอดข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติ เมื่อได้รับช่วงแสง 10 และ 11 ชม. ช่วงแสง 12 ชม.และสภาพธรรมชาติ ช่วงแสงเฉลี่ย 12.34 ชม. เป็นเวลา 45 วัน 41
4.9	แสดงพัฒนาการของข้าวภายใต้สภาพช่วงแสงที่ต่างกัน 46

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

- 4.10 แสดงภูมิอากาศ กันยายน 2553 –มิถุนายน 2554 อุณหภูมิสูง-ต่ำเฉลี่ยรายเดือน
ความยาวของช่วงแสง (ชม.) และความเข้มแสง ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) เฉลี่ยรายวัน
ปริมาณน้ำฝนและการระเหยน้ำรวมแต่ละเดือน 48
- 4.11 พัฒนาการปลายยอดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในเดือนพฤศจิกายน
ถึงกุมภาพันธ์ ในสภาพธรรมชาติ เมื่อได้รับช่วงแสงเฉลี่ย 11.24 11.18 11.26 และ
11.46 ชม./วัน และปลูกในเดือนมีนาคมได้รับช่วงแสงเฉลี่ย 12.24 ชม./วัน 51



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ไม่เพียงแต่เป็นแหล่งอาหารที่ให้การบริโภคโดยตรงประจำวันเท่านั้น ในแต่ละปีข้าวที่เหลือจากการบริโภค ยังถูกส่งไปจำหน่ายยังตลาด ต่างประเทศ เช่น จีน อินโดนีเซีย อิหร่าน ส่องกง มาเลเซีย และสิงคโปร์ นำเงินเข้าประเทศได้ไม่น้อย จึงทำให้ประเทศไทยครองความเป็นอันดับหนึ่งในการส่งข้าวไปทั่วโลก ในปัจจุบันตลาดข้าวคุณภาพต่ำของไทยถูกพม่าและเวียดนามยึดครองไปเกือบหมด เพราะประเทศดังกล่าวสามารถผลิตข้าวส่งออกเพิ่มมากขึ้นและขายข้าวในราคาต่ำกว่า ดังนั้น ทางออกเพื่อการแข่งขันในตลาดโลกของข้าวไทยจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะมุ่งเน้นคุณภาพข้าวเป็นสำคัญโดยอาศัยความได้เปรียบด้านชื่อเสียงว่าเป็นผู้ผลิตข้าวคุณภาพสูง และเป็นผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ที่สุดของโลกมาเป็นเวลานาน ในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวประมาณ 63 ล้านไร่ ซึ่งมากกว่าพืชชนิดอื่นคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 11.3% ของพื้นที่ทั่วประเทศ ผลผลิตที่ได้เฉลี่ย 387 กิโลกรัมต่อไร่ โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ทำนามากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ภาคกลาง ภาคเหนือและภาคใต้ตามลำดับ พันธุ์ที่นิยมปลูกมากได้แก่ ปทุมธานี 1 ชัยนาท 1 ขาวดอกมะลิ 105 กข.6 และ กข.15 สำหรับพันธุ์ข้าวที่มีชื่อเสียงระดับโลกและเป็นความหวังของไทย คือ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีถิ่นกำเนิดและปลูกได้คุณภาพดีเฉพาะในประเทศไทยเท่านั้น อีกทั้งยังเป็นข้าวที่มีคุณภาพและราคาสูงที่สุดของประเทศ ประกอบกับมีคุณภาพการหุงต้มดีเยี่ยมและมีกลิ่นหอมคล้ายใบเตย จึงเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552) รายงานว่าในปี 2551 ประเทศไทยสามารถส่งออกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้ 2,515,929 ตัน คิดเป็นมูลค่า 60,281.9 ล้านบาท ในปี 2552 สามารถผลิตได้ 2,631,133 ตัน คิดเป็นมูลค่า 68,577.7 ล้านบาท มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี แต่ปริมาณการผลิตข้าวคุณภาพดียังคงมีอยู่อย่างจำกัด เนื่องจากปลูกมากเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและบางพื้นที่ในภาคตะวันออกเท่านั้น ผลผลิตที่ได้ไม่แน่นอน และค่อนข้างต่ำอีกทั้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ยังเป็นข้าวที่ไวต่อช่วงแสง (photoperiod sensitive variety) จึงสามารถปลูกได้เฉพาะในฤดูนาปีเท่านั้น (สมศักดิ์ ทองดีแท้, 2541) โดยในฤดูนาปี เกษตรกรส่วนใหญ่จะนิยมปลูกข้าวในเดือน เมษายน – สิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงแสงยาวและออกดอกในเดือนตุลาคม และเก็บเกี่ยวในเดือน พฤศจิกายน เพราะการออกดอกของข้าวนี้มีอิทธิพลและสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องอยู่หลายปัจจัย แต่ปัจจัยที่มีอิทธิพลมากคือ อุณหภูมิและช่วงแสง ซึ่งทั้งสองปัจจัยนี้จะมี

ความสัมพันธ์กัน โดยพบว่าในช่วงของการปลูกข้าวในฤดูนาปี ปัจจัยที่ทำให้ข้าวกำเนิดช่อดอกคือช่วงแสงโดยต้องได้รับช่วงแสงสั้นกว่า 12 ชั่วโมงหรือมีจำนวนชั่วโมงของช่วงความยาวกลางวันอยู่ในระดับหนึ่งที่จะทำให้พืชมีการสร้างช่อดอกได้ เรียกว่าช่วงแสงวิกฤต (critical day length) โดยถ้าช่วงแสงมีจำนวนชั่วโมงมากกว่าช่วงแสงวิกฤตแล้ว พืชจะไม่กำเนิดช่อดอก จนกว่าจะได้รับช่วงแสงต่ำกว่าช่วงแสงวิกฤต จึงจะสามารถกำเนิดช่อดอกได้ สำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 นั้นมีช่วงแสงวิกฤตเท่ากับ 11.52 ชั่วโมง (วรวิทย์ และคณะ, 2529) การปลูกข้าวนอกฤดู ปัจจัยที่ทำให้ข้าวกำเนิดช่อดอกคือช่วงแสงและอุณหภูมิสะสมตั้งแต่ปลูกจนถึงกำเนิดช่อดอก โดยช่วงแสงจะมีผลในการกระตุ้นให้กำเนิดช่อดอก เมื่อข้าวกำเนิดช่อดอกแล้วช่วงแสงก็มีอิทธิพลน้อยลง แต่อุณหภูมิสะสมจะมีอิทธิพลมากขึ้นโดยมีผลต่อพัฒนาการของข้าวคือข้าวที่มีอุณหภูมิสะสมมาก จะมีพัฒนาการของข้าวเร็วกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิสะสมน้อยกว่า โดยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือการปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 นอกฤดู ตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวจะได้รับอุณหภูมิสะสมประมาณ 2,181 Degree days, °d (ศักดิ์ดา และคณะ, 2548) ปกติการกำเนิดช่อดอกของข้าว ชาวนาจะถือว่าเมื่อลำต้นข้าวเริ่มกลมหรือมีลักษณะขนนกเกิดขึ้นภายในลำต้น แสดงว่าข้าวเริ่มมีการกำเนิดช่อดอกแล้ว ซึ่งลักษณะดังกล่าวแสดงว่าข้าวกำเนิดช่อดอกมาระยะหนึ่งแล้ว เพราะการกำเนิดช่อดอกที่แท้จริง จะเกิดในระยะ photoperiod sensitive phase (PSP) คือ ระยะที่พืชมีการตอบสนองต่อช่วงแสง หรือมีการสร้างคอร์วขึ้น การใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ต่อการศึกษาพัฒนาการของดอก (flowering development) เพราะภาพที่ถ่ายได้สามารถนำมาวิเคราะห์ถึงระยะต่างๆ ของการพัฒนาดอกได้เป็นอย่างดี เนื่องจาก SEM เป็นเครื่องมือที่มีกำลังขยายสูง และให้ภาพ 3 มิติ จึงทำให้เห็นการพัฒนาการของข้าวได้อย่างแม่นยำ

การทดลองหาระยะการกำเนิดช่อดอก และช่วงเวลาในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 นั้นได้มีผู้ศึกษาไว้พอสมควร แต่การกำหนดระยะการกำเนิดช่อดอกของข้าวนั้นผู้ศึกษาใช้เกณฑ์การกำหนดระยะกำเนิดช่อดอกที่แตกต่างกัน ได้แก่ 1.) ระยะกำเนิดคอร์ว และ 2.) ระยะสร้างแกนช่อดอกย่อยที่ 1 เป็นระยะกำเนิดช่อดอก อีกทั้งข้อมูลการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 นอกฤดูของจังหวัดนครราชสีมายังมีข้อมูลไม่เพียงพอ เนื่องจากการปลูกข้าวนอกฤดูส่วนใหญ่จะให้ข้าวพันธุ์ไม่ไวต่อช่วงแสง ดังนั้นการศึกษการใช้ประโยชน์ของช่วงแสงสั้นเพื่อการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 นอกฤดูของจังหวัดนครราชสีมาจึงมีความสำคัญแก่เกษตรกรที่ไม่สามารถปลูกข้าวในช่วงฤดูนาปีเนื่องจากปัญหาอุทกภัยและยังเป็นการเพิ่มปริมาณการผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 อีกทางหนึ่งด้วย

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของช่วงแสงที่กระตุ้นการกำเนิดช่อดอกและพัฒนาการของใบข้าวพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในฤดูนาปีและนาปรัง

2. เพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสม ในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 นอกฤดูของจังหวัด นครราชสีมา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ทดลองศึกษาอิทธิพลความยาวของช่วงแสงสั้นหลายช่วงต่อการกำเนิดช่อดอกข้าวขาวดอกมะลิ 105 เริ่มทำการทดลองในวันที่ 1 กรกฎาคม 2553 ให้ข้าวเจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติเมื่ออายุข้าว 20 วันจึงใช้ผ้าดำคลุมแสงเพื่อให้ได้แสงตามที่กำหนดคือ

1.1 กลุ่มผ้าดำเวลา 16.00 น เปิดผ้าเวลา 06.00 น (แสง 10 ชั่วโมงต่อวัน)

1.2 กลุ่มผ้าดำเวลา 17.00 น เปิดผ้าเวลา 06.00 น (แสง 11 ชั่วโมงต่อวัน)

1.3 กลุ่มผ้าดำเวลา 18.00 น เปิดผ้าเวลา 06.00 น (แสง 12 ชั่วโมงต่อวัน)

1.4 ให้เจริญเติบโตในแสงธรรมชาติจนสิ้นสุดการทดลอง

2. ทดลองศึกษาการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 นอกฤดูของจังหวัดนครราชสีมา ใช้กล้าอายุ 15 วัน ปลูกทุกวันที่ 20 ของเดือนจำนวน 5 เดือนคือตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2553 ถึงเดือนมีนาคม 2554

3. ข้อมูลด้านอุณหภูมิตามความยาวของช่วงแสงในแต่ละวัน อุณหภูมิสูง – ต่ำในแต่ละวัน ได้จากสถานีตรวจวัดอากาศอ่างห้วยยาง อ.เมือง จ. นครราชสีมา ในปี 2553/2554

4. การศึกษาในครั้งนี้จะใช้ระยะสร้างปุ่มกำเนิดคอรวง (neck node differentiation stage) จากภาพถ่าย SEM เป็นระยะกำเนิดช่อดอกมาตรฐานของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทั้ง 2 การทดลอง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบอิทธิพลของช่วงแสงและอุณหภูมิสะสมที่มีผลต่อการเกิดใบและพัฒนาการของข้าวโดยเฉพาะการกำเนิดช่อดอกของข้าวขาวดอกมะลิ 105

2. ได้ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 นอกฤดู

บทที่ 2

ปรัทัศนัวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติความเป็นมาของข้าว

ข้าวเป็นพืชล้มลุกตระกูลหญ้าและจัดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ที่สามารถกินเมล็ดได้ ข้าวเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ *Gramineae* มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. เป็นแหล่งอาหารหลักที่ให้คาร์โบไฮเดรตที่สำคัญในการดำรงชีวิตของประชากรโลก จัดอยู่ในสกุล *Oryza* โดยมีประมาณ 23 species แต่มีเพียง 2 species เท่านั้นที่ถูกนำมาใช้ในการปลูกคือ *Oryza sativa* และ *Oryza glaberrima* โดย *Oryza glaberrima* ปลูกเฉพาะในเขตร้อนของแอฟริกาเท่านั้น ส่วน *Oryza sativa* ปลูกทั่วไปทุกประเทศ ซึ่งข้าว *Oryza sativa* แบ่งออกเป็น 3 subspecies ได้แก่ *japonica*, *indica* และ *javanica* โดยยึดถือเอาลักษณะภายนอกของต้น เมล็ดและเปอร์เซ็นต์ เมล็ดลึบของ ข้าวลูกผสมระหว่างข้าวทั้ง 3 ชนิดเป็นหลักโดย *japonica* เป็นข้าวที่ปลูกในประเทศจีนตอนเหนือและ ตะวันออก ญี่ปุ่น เกาหลี และประเทศอื่นๆที่อยู่ในเขตอบอุ่น *indica* เป็นข้าวที่ปลูกในประเทศต่างๆ ในเขตร้อน เช่น ศรีลังกา จีนตอนใต้และตอนกลาง อินเดีย อินโดนีเซีย บังกลาเทศ ไทย ฟิลิปปินส์ ส่วน *javanica* เป็นข้าวที่ปลูกในประเทศอินโดนีเซียเท่านั้น อย่างไรก็ตามแหล่งปลูก ข้าวกันมากในโลกนี้จะอยู่ระหว่าง เส้นรุ้งที่ 50 องศาเหนือและ 35 องศาใต้ นอกจากนี้ยังพบว่ามีารปลูกข้าวที่ระดับความสูงต่างกันมาก คือตั้งแต่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเล (ในประเทศอินเดีย) จนถึงความสูง 2,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล อีกทั้งข้าวยังสามารถปลูกได้ทั้งในสภาพไร่ และสภาพน้ำขัง (Purseglove, 1978; วาสนา ผลารักษ์, 2523; The International Rice Research Institute [IRRI], 1985)

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และการเจริญเติบโตของข้าว

ข้าวเป็นพืชล้มลุก ลำต้นมีความสูงประมาณ 50-150 ซม. รากเป็นระบบรากฝอย รากแบ่งออกเป็นสองชุด ชุดแรก เป็นรากที่อยู่ชั่วคราวซึ่งมี 2 ชนิด ได้แก่ รากที่งอกออกมาจากเมล็ด เรียก radicle และรากที่งอกออกมาจาก scutellar node ซึ่งจะอยู่ชั่วคราวในระยะต้นกล้ามีใบแท้ 6-7 ใบ เรียก seminal root ทำหน้าที่ดูดน้ำและลำเลียงอาหาร ส่วนรากชุดที่สองเป็นรากที่แตกออกมาจาก coleoptilar node และข้อใต้ดิน เรียก adventitious root ลำต้น มีลักษณะทรงกลม ประกอบด้วยข้อและปล้องจำนวนมาก ปล้องมีลักษณะกลวง ลำต้นห่อหุ้มด้วยกาบใบ ใบเกิดสลับสองทิศทางบน ลำต้นส่วนประกอบของใบที่สำคัญ คือกาบใบและแผ่นใบ ซึ่งมีลักษณะแบนบาง และแคบ ยาวประมาณ 30-50 ซม. ส่วนที่เชื่อมระหว่างกาบใบและแผ่นใบเรียกว่า คอใบ (collar) บริเวณคอใบมี

เยื่อกันน้ำ (ligule) และเขี้ยวกันแมลง (auricle) ใบสุดท้ายก่อนที่ต้นข้าวจะออกรวมมีชื่อเรียกว่า ใบธง (flag leaf) ช่อดอกเป็นแบบช่อกระจุก (panicle) ยาวประมาณ 15-20 ซม. ประกอบด้วยช่อดอกย่อย (spikelet) จำนวนมาก ยาวประมาณ 8-12 มม. บริเวณฐานของช่อดอกย่อยมีร่องรอยของใบประดับช่อดอกลักษณะเป็นตุ่มเล็กๆ 2 อัน เรียก กาบช่อดอกย่อย (rudimentary glume) อยู่ข้างละอันแต่ละช่อดอกย่อยประกอบด้วยดอกย่อยจำนวน 3 ดอก ดอกย่อยล่าง 2 ดอกไม่สมบูรณ์เพศ และลดรูปเหลือเพียงใบประดับรูปหอก เรียก empty lemma หรือ sterile lemma ยาวประมาณ 1 ใน 4 ส่วนของช่อดอกย่อย ดอกย่อยบนสมบูรณ์เพศ ประกอบด้วยใบประดับสองอันเหลื่อมซ้อนกันอยู่ ใบประดับอันนอกมีขนาดใหญ่ เรียก กาบล่าง (lemma) มีเส้นตามยาว 5 เส้น ใบประดับอันในมีขนาดเล็ก เรียก กาบบน (palea) มีเส้นตามยาว 3 เส้น ซึ่งกาบบนและกาบล่างทำหน้าที่หุ้มส่วนประกอบอื่นๆ ของดอกย่อยไว้ ถัดเข้าไปเป็นวงกลีบรวมที่ลดรูปเหลือเป็นดั่งเล็กๆ เรียก กลีบเกล็ด (lodicule) ทำหน้าที่ช่วยในการบานของดอก ถัดเข้ามาภายในจะมีเกสรเพศผู้ 6 อัน และเกสรเพศเมีย 1 อันโดยท่อเกสรเพศเมียสั้น ยอดเกสรเพศเมียแยกออกเป็น 2 แฉก รูปคล้ายพู่หรือขนนก มีรังไข่ 1 รังไข่ อยู่เหนือส่วนอื่นของดอก (วาสนา ผลารักษ์, 2523; Lamp *et al.*, 1990; Moldenhauer and Gibbons, 2003)

วงจรชีวิตของข้าวเริ่มหลังจากการปฏิสนธิ เจริญเติบโตเป็นต้นอ่อน และพัฒนาเป็นต้นแก่ออกรวง จนกระทั่งเมล็ดสุกแก่ ซึ่งมีระยะเวลาประมาณ 100-200 วัน สามารถแบ่งวงจรชีวิตของข้าวเป็น 3 ระยะ (IRRI, 1985; วรวิทย์ และคณะ, 2529; ทวี คุปต์กาญจนากุล, 2541; Moldenhauer and Gibbons, 2003) ได้แก่

1. **ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative growth phase)** เริ่มตั้งแต่เมล็ดงอกจนกระทั่งระยะกำเนิดช่อดอก (PI) การเจริญเติบโตทางลำต้นของข้าวมีความสำคัญเกี่ยวกับการดำรงชีวิตและเตรียมสารอาหารต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการสร้างส่วนต่างๆ สำหรับการเจริญเติบโตของต้นข้าว และอีกส่วนหนึ่งนำไปสะสมไว้สำหรับใช้ในระยะการสืบพันธุ์และระยะการยืดปล้องจนถึงก่อนระยะกำเนิดช่อดอก สามารถแบ่งระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นออกเป็น 2 ระยะย่อย คือ

1) **basic vegetative phase (BVP)** คือ ระยะที่ข้าวยังมีการเจริญเติบโตทางลำต้น ซึ่งความยาวนานของระยะ BVP ถูกควบคุมด้วยพันธุกรรมและช่วงแสงไม่มีอิทธิพลต่อระยะ BVP

จากรายงานของ IRRI (1985) กล่าวว่า ข้าวมีระยะ BVP เมื่ออายุ 10-63 วัน ซึ่งแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ส่วน Yin *et al.*, (1997) ได้ศึกษาการตอบสนองของข้าวต่อช่วงแสงในระยะก่อนการกำเนิดช่อดอกของข้าว คือ ระยะ BVP โดยทดลองปลูกข้าว *indica* type และ *japonica* type จำนวน 20 พันธุ์ ในเรือนทดลองกระจกที่มีอุณหภูมิช่วงกลางวัน/กลางคืน เท่ากับ 32/24 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) ให้ได้รับช่วงแสง 9 ชม./วัน (ตั้งแต่ 8.00-17.00 น.) จากนั้น แบ่งข้าวออกเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งปลูกในสภาพวันสั้น (ช่วงแสง 10 ชม.) และอีกส่วนหนึ่งอยู่ในสภาพวันยาว (ช่วงแสง 14 ชม.) และสังเกตระยะ PI จากระยะที่ปลายยอดมีขนาดประมาณ 0.2-0.5 มม. และมีขนสั้น ๆ ปกคลุมพบว่า

ข้าว *indica* type มีระยะ BVP ที่ยาวนานกว่าข้าว *japonica* type โดยข้าว *indica* type จะมีระยะ BVP 20-45.4 วัน ในขณะที่ข้าว *japonica* type จะมีระยะ BVP 16.7-34.1 วัน ส่วน กมรินทร์ และคณะ (2548) ได้ศึกษาระยะการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พบว่ามีระยะ BVP ประมาณ 23 วันเมื่อปลูกในสภาพธรรมชาติ

2) photoperiod sensitive phase (PSP) คือ ระยะที่พืชมีการตอบสนองต่อช่วงแสงและกระตุ้นให้เกิดการออกดอกได้ ความยาวนานของระยะ PSP ขึ้นกับการได้รับช่วงแสงของข้าว (IRRI, 1985; วรวิทย์ และคณะ, 2529; ทวี คุปต์กาญจนากุล, 2541; Moldenhauer and Gibbons, 2003

จากรายงานของ IRRI (1985) กล่าวว่า ระยะ PSP ของข้าวพันธุ์ที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสงจะอยู่ที่ 0-30 วัน ในขณะที่ข้าวพันธุ์ที่ตอบสนองต่อช่วงแสงจะมีระยะ PSP ไม่ต่ำกว่า 31 วัน

Yin *et al.*, (1997) ศึกษาการตอบสนองของข้าวต่อแสงในระยะก่อนการกำเนิดช่อดอกของข้าว ได้แก่ ระยะ PSP และ PPP (post-photoperiod sensitive phase) หรือระยะหลังจากตอบสนองต่อช่วงแสง โดยทดลองปลูกข้าว *indica* type และ *japonica* type จำนวน 20 พันธุ์ ในเรือนกระจก ทดลองที่มีอุณหภูมิช่วงกลางวัน/กลางคืน เท่ากับ 32/24 °C ให้ได้รับช่วงแสง 9 ชม./วัน (ตั้งแต่ 8.00-17.00 น.) จากนั้น แบ่งข้าวออกเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งปลูกในสภาพวันสั้น (ช่วงแสง 10 ชม.) และอีกส่วนหนึ่งอยู่ในสภาพวันยาว (ช่วงแสง 14 ชม.) และสังเกตระยะ PI จากระยะที่ปลายยอดมีขนาดประมาณ 0.2-0.5 มม. และมีขนสั้นๆ ปกคลุม พบว่า การตอบสนองต่อช่วงแสงเกิดขึ้นเพียงในช่วง PSP ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความยาวของช่วงแสงที่ได้รับ โดยระยะ PSP ไม่จำเป็นว่าจะต้องยุติลงเมื่อถึงระยะ PI แต่โดยเฉลี่ยแล้วจะหยุดที่ 4-5 วันหลังระยะ PI และ ส่วนระยะ PPP จะมีระยะเวลาโดยเฉลี่ย 18-37.2 วัน ช่วงเวลาของแต่ละระยะนั้นจะผันแปรแตกต่างกันไปตามชนิดและสายพันธุ์ของข้าวด้วย และในทุกๆ พันธุ์ ช่วง PSP ในสภาพวันสั้น (24.1 – 36 วัน) จะสั้นมากกว่าในสภาพวันยาว (10.5-76.5 วัน) นอกจากนี้ยังพบว่า หากข้าวได้รับรอบการชักนำมากกว่าความต้องการขั้นต่ำแล้วช่วงแสงที่ตามมาต่อจากนั้นจะมีผลต่อการออกดอกและการยืดยาวของช่อดอกน้อยมาก

2. ระยะการสืบพันธุ์ (reproductive phase) เป็นช่วงการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะกำเนิดช่อดอกจนถึงระยะดอกข้าวบาน (flowering) ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30-35 วัน สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระยะย่อย คือ

1) ระยะเริ่มสร้างดอกอ่อน เมื่อข้าวได้รับช่วงแสงที่เหมาะสมจะเริ่มยืดตัวสูงขึ้น โคนเปลี่ยนลักษณะจากลำต้นแบน มาเป็นลำต้นกลม และต้นข้าวจะสร้างปุ่มกำเนิดช่อดอก และพัฒนาช่อดอก

2) ระยะตั้งท้อง (booting stage) เป็นระยะที่ช่อดอกอ่อนของข้าวเริ่มขยายตัวเติบโตขึ้น จนกระทั่งเป็นช่อดอกที่สมบูรณ์ กาบใบของใบธงจะทำหน้าที่ห่อหุ้มช่อดอกไว้ภายใน

3) ระยะออกดอกและการผสมพันธุ์ (flowering and fertilization stage) เป็นระยะที่ต้น

ข้าวส่งช่อดอกออกจากกาบใบ จากนั้นดอกข้าวจะบานและเกิดการผสมระหว่างเกสรเพศผู้และเพศเมีย (IRRI, 1985; วรวิทย์ และคณะ, 2529; ทวี คุปต์กาญจนากุล, 2541; Moldenhauer and Gibbons, 2003)

สำหรับระยะของพัฒนาการของดอก ข้าวดี มานะเกษม (2550) กล่าวไว้ดังนี้

1. induction stage เป็นการเปลี่ยนแปลงขั้นแรกของการเกิดดอก พืชเริ่มมีการตอบสนองต่อการกระตุ้น หรือชักนำจากปัจจัยต่างๆ ประกอบด้วย แสง ความสมบูรณ์ของต้น อุณหภูมิ เป็นต้น induction stage เป็นระยะที่มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการสร้างสารเมตาโบไลต์ต่างๆ ภายในเซลล์ เพื่อสังเคราะห์ฮอร์โมนที่กระตุ้นการเกิดดอก และลำเลียงฮอร์โมนนี้ไปยังส่วนเนื้อเยื่อที่ตาหรือยอด เพื่อเปลี่ยนเป็นตาดอกต่อไป

2. initiation stage เป็นระยะที่เริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงของตาที่จะเจริญเป็นดอก (floral promodia) โดยเซลล์เนื้อเยื่อเจริญเริ่มขยายตัว ทำให้มีการพองตัวของตาดอก (floral bud)

3. floral development เป็นระยะที่มีการเกิดส่วนประกอบของดอก คือ มีกลีบเลี้ยง (sepal) กลีบดอก (petal) อวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ (stamen) และอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย (pistil)

4. emergence เป็นระยะที่หลังจากดอกพัฒนาอวัยวะต่างๆ อยู่ภายในเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็จะมีการแทงตาดอกหรือช่อดอกออกมาภายนอก

5. blooming หลังจากแทงช่อดอกออกมาแล้วก็จะเริ่มมีการบานของดอกเกิดขึ้น

6. anthesis เป็นระยะดอกบาน ซึ่งถือว่าเป็นระยะสุดท้ายของการพัฒนาดอก

7. senescence หลังจากดอกบานก็จะมีการเหี่ยวของกลีบดอก กลีบเลี้ยงและหลอดรวงไป เพราะมีการผสมพันธุ์ระหว่างเกสรเพศผู้และเพศเมียเรียบร้อยแล้ว

Counce *et al.*, (2000) จำแนกระยะสืบพันธุ์ (reproductive phase) ประกอบไปด้วย 10 ระยะย่อย ได้แก่ ระยะกำเนิดช่อดอก (panicle initiation, R_0) ระยะระยะเริ่มสร้างแกนช่อดอกย่อย สร้าง glume, lemma และ palea (panicle differentiation, R_1) ระยะตั้งท้องมีการพัฒนาช่อดอกและสร้าง microspore (flag leaf collar formation, R_2) ระยะช่อดอกโผล่พ้นใบธง (panicle exertion, R_3) ระยะการถ่ายละอองเกสร (anthesis, R_4) ระยะที่ช่อดอกย่อยมีการเพิ่มขนาดทั้งด้านยาวและด้านกว้าง (grain length and width expansion, R_5) ระยะนํ้านม เมล็ดข้าวมีสีเขียว (grain depth expansion, R_6) ระยะเมล็ดมีการสะสมแป้งเป็นลักษณะนํ้านม เมล็ดสีเหลือง (grain dry down, R_7) ระยะเมล็ดมีการสะสมแป้งเป็นลักษณะแข็ง เมล็ดสีน้ำตาล (single grain maturity, R_8) คือ และ ระยะเมล็ดมีสีน้ำตาล และสุกแก่เต็มที่ (complete panicle maturity, R_9) โดยระยะ R_0 - R_3 หมายถึงช่วงการพัฒนาช่อดอก (developing panicle) ส่วนระยะ R_4 - R_8 หมายถึงช่วงการพัฒนาดอกย่อย (florete) จนกระทั่งเป็นเมล็ด (grain) ที่สุกแก่เต็มที่ โดยช่วงปลายของระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น ตั้งแต่ระยะ V_F-4 - V_F (F คือ ใบธง) นั้นจะปรากฏขึ้นพร้อมกับช่วงต้นของระยะการสืบพันธุ์คือ ระยะ R_0 - R_2

3. **ระยะการเจริญเติบโตของเมล็ด (ripening phase)** ตั้งแต่ระยะดอกบาน จนกระทั่งเมล็ดมีการพัฒนาเต็มที่ ช่วงการเจริญเติบโตของเมล็ดเริ่มหลังจากผสมเกสรถึงการสุกแก่ของเมล็ด ใช้เวลาประมาณ 25-35 วัน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ คือ

1) **ระยะเมล็ดนํ้านม (milk stage)** เป็นระยะหลังจากดอกข้าวผสมติดและเริ่มเจริญเป็นเมล็ดขนาดเล็กในดอกข้าว มีการเริ่มสะสมแป้ง ภายในมีของเหลวสีขาวคล้ายนํ้านม

2) **ระยะแป้งในเมล็ดแข็งตัว (soft dough stage)** เป็นระยะที่เมล็ดมีการสะสมแป้งมากขึ้น แป้งเริ่มมีการแข็งตัว แต่ยังคงนุ่มอยู่

3) **ระยะเมล็ดสุกแก่ (mature grain stage)** เป็นระยะที่มีการสะสมแป้งจนเต็มเมล็ดและแป้งแข็งตัว สีของกลีบดอกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ความชื้นสัมพัทธ์ในเมล็ดน้อยกว่า 20% (IRRI, 1985; วรวิทย์ และคณะ, 2529; ทวี คุปต์กาญจนากุล, 2541; Moldenhauer and Gibbons, 2003)

2.3 อิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อการออกดอกของข้าว

Moldenhauer and Gibbons (2003) กล่าวว่า การออกดอกของพืชคือการเปลี่ยนแปลงของการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งก้านสาขา (vegetative growth) ต่อกับการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ (reproductive growth) เพราะดอกก็คืออวัยวะสืบพันธุ์ของต้นไม้นั่นเอง หลังจากที่พืชมีการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งก้านสาขาจนถึงอายุที่มีความพร้อมที่จะออกดอก (ripeness to flower) จะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นที่ใบพืช ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการออกดอกได้ สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการออกดอกของพืช อาจจะแตกต่างจากสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตได้ โดยอิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวนั้นมีปัจจัยที่ควบคุมและเกี่ยวข้องอยู่หลายประการ โดยอาศัยทั้งปัจจัยภายนอก และปัจจัยภายในดังนี้

ปัจจัยภายนอก

1. **ช่วงแสง** มีอิทธิพลต่อการสร้างดอกของพืชหลายชนิด พืชแต่ละชนิดต้องการความยาวของช่วงแสงที่แตกต่างกันออกไปซึ่งแบ่งพืชตามความต้องการช่วงแสงได้ 3 ชนิด

1.1 พืชที่ตอบสนองต่อช่วงวันสั้นเรียกว่าพืชวันสั้น (short day plant หรือ SDP) พืชชนิดนี้จะออกดอกได้เมื่อได้รับความยาวของวันสั้นกว่าวันวิกฤต

1.2 พืชที่ตอบสนองต่อช่วงวันยาวเรียกว่าพืชวันยาว (long day plant หรือ LDP) จะออกดอกเมื่อได้รับความยาวของวันซึ่งยาวกว่าวันวิกฤต

1.3 พืชที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสงเรียกว่า day neutral plant

2. **อุณหภูมิ** มีผลต่อการออกดอกของพืช โดยเฉพาะพืชเมืองหนาว ต้องการอุณหภูมิต่ำในการกระตุ้นการออกดอก หรือทำลายการพักตัวของพืช

3. **น้ำ** สภาพที่พืชขาดน้ำ หรือพืชเกิดความเครียด จะมีการชักนำในการสร้างดอก หรือใน

ช่วงที่พืชสร้างดอกแล้วแต่พืชขาดน้ำมากเกินไป กระบวนการสร้างตาดอกอาจมีผลให้การสร้างตาดอกช้าลงได้

4. ปริมาณธาตุอาหารในพืช การออกดอกของพืชขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนถ้าปริมาณไนโตรเจนสูงจะส่งเสริมการสร้างใบ ถ้าปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง หรือได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม จะกระตุ้นการสร้างตาดอก

5. สารเคมี หลายชนิดรวมทั้ง สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชด้วยที่ได้รับจากภายนอกสามารถชักนำให้เกิดดอกได้ เช่นเดียวกับฮอร์โมนพืช พืชแต่ละชนิดตอบสนองต่อการได้รับฮอร์โมนต่างกันโดย ยวดี มานะเกษม (2550) กล่าวว่า ethylene เร่งการเกิดดอกในสับปะรด gibberellin ส่งเสริมการออกดอกในพืชตระกูลกะหล่ำ paclobutrazol จัดเป็นสารชะลอการเจริญเติบโต ส่งเสริมการออกดอกในมะม่วง ทูเรียน เป็นต้น

ปัจจัยภายใน

1. ชนิดและพันธุ์พืช ที่ต่างกันแม้ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน จะมีความสามารถในการสร้างดอกต่างกันด้วย พืชล้มลุกสร้างดอกได้เร็วกว่าพืชยืนต้น

2. อายุของพืช พืชต้องมีการเจริญเติบโตทางด้าน vegetative ถึงช่วงอายุที่เหมาะสมจึงมีการสร้างดอก อายุของพืชจะมีความสัมพันธ์กับขนาดของต้นพืช ซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาณอาหารในพืชโดยตรง คาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการสังเคราะห์แสง และสะสมในพืชมีผลต่อการสร้างดอก ความสัมพันธ์ของคาร์โบไฮเดรตกับไนโตรเจน (C/N ratio) มีความสัมพันธ์ต่อการสร้างตาดอก ในพืชที่มีค่า C/N ratio สูงจะส่งเสริมการสร้างตาดอก ส่วนเนื้อเยื่อที่มีค่า C/N ratio ต่ำ จะส่งเสริมการสร้างใบและกิ่งก้าน

3. ปริมาณสารฮอร์โมนในพืช ฮอร์โมนที่พืชสร้างขึ้น เกี่ยวข้องกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ทั้งภายในและภายนอก เช่น ท่อ แอปเปิล สาลี่ จะสร้างดอกเมื่อปริมาณจิบเบอเรลลินในพืชมีต่ำ หรือเบญจมาศเป็นพืชที่ตอบสนองต่อความหนาวเย็น และความเย็นกระตุ้นให้สร้างดอก (Moldenhauer and Gibbons, 2003)

ปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นจะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อเจริญ (meristem) จากระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น เป็นระยะการเจริญเติบโตทางด้านสืบพันธุ์ โดยทั่วไป การพัฒนาของดอกและกระบวนการเกิดดอกหลังจากที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่ (maturation stage) และมีสภาพแวดล้อมเหมาะสมพืชจึงตอบสนองต่อปัจจัยกระตุ้นให้เกิดดอก แต่ปัจจัยที่มีความสำคัญและมีอิทธิพลมากต่อข้าว ได้แก่ ช่วงแสง และอุณหภูมิ ซึ่งทั้งสองปัจจัยนี้มักจะมีความสัมพันธ์กัน พืชจะตอบสนองต่ออุณหภูมิ และช่วงแสงในเวลาเดียวกัน และแต่ละสายพันธุ์จะมีระยะการตอบสนองที่แตกต่างกันด้วย (Moldenhauer and Gibbons, 2003) กล่าวคือถ้าเป็นข้าวพันธุ์ไม่ไวต่อช่วงแสง (photoperiod insensitive varieties) พันธุ์ข้าวจำพวกนี้จะออกดอกได้โดยไม่ขึ้นกับความยาวของช่วง

วัน อายุเก็บเกี่ยวค่อนข้างแน่นอน ซึ่งใช้เป็นพันธุ์ข้าวที่ปลูกในนาปรัง ได้แก่พันธุ์ กข.1, กข.2, กข.3, กข.4 แต่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวที่ไวแสง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542) ช่วงแสงจึงเป็นอิทธิพลหลักที่จะทำให้ข้าวออกดอกได้แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นกับอุณหภูมิสะสมด้วย ซึ่งการออกดอกของพืชคือการเปลี่ยนแปลงของการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งก้านสาขา (vegetative growth) ผู้การเจริญเติบโตทางด้านกิ่งก้านสาขาเพราะดอกก็คือ อวัยวะสืบพันธุ์ของพืช หลังจากที่พืชมีการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งก้านสาขาจนถึงอายุที่มีความพร้อมที่จะออกดอก (ripeness to flower) ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นที่ใบพืช ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการออกดอกได้ การเปลี่ยนแปลงของใบจะได้รับการกระตุ้นจากสภาพแวดล้อม คือ ความยาวของวันและอุณหภูมิ สภาพแวดล้อมดังกล่าวที่เหมาะสมต่อการออกดอกของพืช อาจจะแตกต่างจากสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต (เขวาลักษณ์ ทองสิมา, 2544)

ช่วงแสง

ข้าวต้องการแสงแตกต่างกันไปตามอายุการเจริญเติบโต การบังแสงในระหว่างการเจริญเติบโตทางด้านต้น และใบ จะมีผลกระทบต่อผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตไม่มากนัก แต่ถ้าการบังแสงในช่วงการเจริญพันธุ์แล้ว จะทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมากอันเป็นผลมาจากจำนวนดอก (ต่อพื้นที่) ลดลง ส่วนการบังแสงในช่วงการสะสมน้ำหนักเมล็ดก็มีผลทำให้ผลผลิตลดลงมากเช่นกัน อันเป็นผลมาจากมีเมล็ดลีบมากขึ้น จะเห็นได้ว่าข้าวต้องการแสงมากในระหว่างการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งก้านสาขา เมื่อเปรียบเทียบกับการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบ ในระหว่างการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งก้านสาขา ถ้าข้าวได้รับแสง $300 \text{ cal./cm}^2/\text{lay}$ มีความเป็นไปได้สูงที่ข้าวจะให้ผลผลิต 5 t/ha ถ้าไม่มีปัจจัยอื่นเป็นตัวจำกัด ดังนั้นถ้าจะให้ข้าวให้ผลผลิตสูงกว่นี้ ข้าวจะต้องได้รับแสงมากกว่า 300 cal. ซึ่งพลังงานแสงระดับนี้คงเป็นปัญหาสำหรับเขตร้อน ถึงแม้ในระหว่างฤดูฝน ซึ่งเป็นฤดูที่มีพลังงานแสงน้อยกว่าฤดูอื่น อันเนื่องมาจากมีเมฆปกคลุมมากก็ตาม บทบาทของแสงที่มีต่อการเจริญ และผลผลิตนอกจากพิจารณาถึงพลังงานแสงรวมที่พืชได้รับแล้ว จะต้องพิจารณาถึงความยาวของวันด้วยเพราะความยาวของวันจะเป็นตัวกำหนดการออกดอกของข้าว (วรวิทย์ และคณะ, 2529) โดยเฉพาะพันธุ์พื้นเมือง เช่น พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 จะมีความไวต่อแสงมาก (เฉลิมพล แซมเพชร, 2542)

ความยาวของช่วงแสง ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าวประกอบด้วยความยาวของช่วงแสงในเวลากลางวันและแสงในขณะพระอาทิตย์ขึ้นหรือตกดิน (civil twilight) ดังนั้นความยาวของเวลากลางวัน คือช่วงเวลาดังแต่พระอาทิตย์ขึ้นจนกระทั่งถึงช่วงเวลาที่พระอาทิตย์ตก ช่วงแสงระหว่างที่พระอาทิตย์ขึ้นจนถึงพระอาทิตย์ตก ในประเทศไทยนั้น ช่วงวันที่ยาวที่สุดอยู่ที่ปลายเดือนมิถุนายน ช่วงวันที่สั้นที่สุดอยู่ที่ปลายเดือนธันวาคม ส่วนช่วงที่กลางวันและกลางคืนเท่ากันจะมีสองช่วง คือ ช่วงเดือนมีนาคมและช่วงปลายเดือนกันยายน สำหรับข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 นั้น

เป็นข้าวไวแสงซึ่งมีช่วงแสงวิกฤตเท่ากับ 11.52 ชม. (วรวิทย์ และคณะ, 2529) การจำแนกข้าวตามความไวต่อช่วงแสงนั้น ทวี คุปต์กาญจนากุล (2541) ได้จำแนกข้าวตามความไวต่อช่วงแสงไว้ 2 กลุ่ม ดังนี้

1. ข้าวที่ไวต่อช่วงแสง คือ ข้าวที่ปลูกโดยมีวันออกดอกและวันเก็บเกี่ยวตามปฏิทิน เพราะการออกดอกถูกควบคุมด้วยความยาวของช่วงแสง ทำให้ปลูกได้ผลดีในสภาพธรรมชาติเพียงปีละครั้ง มักมีต้นสูง ให้ผลผลิตต่ำ อ่อนแอต่อการทำลายของโรคและแมลงเช่น พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105, เหลืองประทิว 123, ขาวตาแห้ง 17, นางมกลเอส 4, กข.6, กข.8, กข.15, เหนียวสันป่าตอง และปทุมธานี 60 เป็นต้น พันธุ์ข้าวที่ไวแสงในประเทศไทยต้องการช่วงแสงประมาณ 11.30 ชม./วัน เป็นระยะเวลา 15 วันติดต่อกัน หากไม่ได้ช่วงแสงที่พอเหมาะครบจำนวนวันตามที่ต้องการก็จะมีอาการเจริญเติบโตทางลำต้นต่อไป

2. ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วง คือ ข้าวที่ปลูกโดยมีอายุนับจากวันปลูกถึงวันเก็บเกี่ยวคงที่เพราะการออกรวงไม่เกี่ยวข้องกับ ความยาวของช่วงแสง จึงปลูกได้ตลอดปีหากมีน้ำเพียงพอและสภาพแวดล้อมอื่นๆ เหมาะสม มักเป็นพันธุ์ข้าวลูกผสมต้นเตี้ย ให้ผลผลิตสูง ต้านทานต่อโรคและแมลงได้ดี เช่น พันธุ์ กข.7, กข.23, ชัยนาท 1, สุพรรณบุรี 1, สุพรรณบุรี 2, สุพรรณบุรี 60 และ สุพรรณบุรี 90 เป็นต้น (ประพาส วีระแพทย์, 2517; วาสนา ผลารักษ์, 2523; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542) ทั้งนี้พบว่า ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีระยะ BVP ประมาณ 60 และ 40 วัน เมื่อเจริญได้ช่วงแสง 11 ชม. และ 12 ชม. ตามลำดับ (เขวาลักษณ์ ทองลิมา, 2544) ในส่วนของความเข้มแสงและคุณภาพของแสงที่เหมาะสมในการชักนำการออกดอกของข้าว นั้น ความเข้มแสงที่ใช้ชักนำการออกดอกของข้าวต้องไม่ต่ำกว่า 200 lux หากได้รับความเข้มแสงที่อยู่ในช่วง 10-100 lux จะสามารถชะลอการกำเนิดดอกได้ ซึ่งแสงที่ได้รับอาจเป็นแสงธรรมชาติ แสงจากหลอดอินแคนดิเซนต์ หลอดทังสเตน หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ ก็ได้ มีการทดลองใช้แสงสีต่างๆ พบว่าแสงสีฟ้า-ม่วง จะขัดขวางการออกดอกของข้าว ในขณะที่แสงสีแดงจะมีผลต่อการออกดอกมากที่สุดโดยแสงสีแดงนั้นจะส่งผลในทางยับยั้งหากให้ขัดจังหวะในระหว่างช่วงมืด จำนวนรอบของการชักนำด้วยช่วงแสงที่เพียงพอต่อการชักนำให้เกิดดอกนั้นมีความผันแปรตั้งแต่ 5-24 วัน ซึ่งจำนวนวันนั้นจะผันแปรตามพันธุ์ข้าวและช่วงแสงที่ได้รับด้วย (IRRI, 1985) ในข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 จะเริ่มพบการเปลี่ยนแปลงของจุดกำเนิดช่อดอกหลังจากควบคุมช่วงแสง 8 ชม./วันเป็นเวลา 9 วันโดยปลายยอดมีลักษณะยืดยาวขึ้น มีการพัฒนาของใบประดับรองรับแกนช่อดอกย่อย และหลังจากนั้นจะพบพัฒนาการของช่อดอกต่อเนื่องเรื่อยมา ส่วนข้าวที่ได้รับแสงวันยาวจะไม่พบการเปลี่ยนแปลงของจุดกำเนิดช่อดอก (อุดมลักษณ์ ศิริกายน, 2543) ส่วน วาสนา ผลารักษ์ (2523) รายงานว่า ข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 นั้น ต้องการช่วงแสงที่น้อยกว่า 11.52 ชม./วัน ติดต่อกันเป็นเวลา 15 วัน จึงจะสามารถสร้างรวงได้

ส่วน IRRI (1985) ได้จำแนกข้าวตามความไวต่อช่วงแสงไว้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. photoperiod non-sensitive คือ ข้าวที่มีระยะ PSP ที่สั้นมาก (น้อยกว่า 30 วัน) และมีระยะ BVP ต่างกัน

2. weakly photoperiod-sensitive คือ ข้าวที่มีการเจริญทางลำต้นยาวนานขึ้นเมื่อได้รับช่วงแสงที่ยาวมากกว่า 12 ชม./วัน มีระยะ PSP มากกว่า 30 วัน และสามารถปรากฏการกำเนิดช่อดอกภายใต้ช่วงแสงยาว

3. strongly photoperiod sensitive คือ ข้าวที่มีการเจริญทางลำต้นต่อไปเรื่อยๆ และไม่มีการกำเนิดช่อดอกเมื่อได้รับช่วงแสงที่ยาวกว่าช่วงแสงวิกฤติ

Yin and Kropff (1998) ศึกษาอิทธิพลของช่วงแสงที่มีต่อข้าวในช่วงก่อนระยะ PI และช่วงหลังจากระยะ PI ไปจนถึงระยะดอกบาน ในข้าว 2 ประเภท คือ *indica* type และ *japonica* type ที่มีความแตกต่างกันในเรื่องของการตอบสนองต่อช่วงแสง โดยทำการทดลองปลูกข้าว 12 พันธุ์ ในช่วงแสงที่ต่างกัน 6 ช่วงแสง ได้แก่ 10 11 12 13 14 และ 15 ชม. จากนั้นเก็บตัวอย่างข้าวจนถึงระยะ PI ของแต่ละพันธุ์ พบว่า หลังจากปลูกเป็นระยะเวลา 114 วันแล้ว ข้าวเกิดการกำเนิดช่อดอกทุกพันธุ์ ยกเว้น ข้าวที่เป็น strong photoperiod sensitivity ที่อยู่ภายใต้ช่วงแสง 14 และ 15 ชม.จะไม่กำเนิดดอกแม้ว่าจะปลูกเป็นระยะเวลานานถึง 365 วันโดย ข้าวที่เป็น *japonica* type จะมีการกำเนิดช่อดอกที่เร็วกว่าข้าว *indica* type หลังจากนั้นได้มีการศึกษาต่อถึงอิทธิพลของช่วงแสงที่มีต่อระยะ PI จนถึงระยะดอกบาน โดยเมื่อข้าวถึงระยะ PI แล้ว จะย้ายข้าวส่วนหนึ่งที่อยู่ในสภาพแสงสั้น คือ 10 11 และ 12 ชม. ไปอยู่ในสภาพช่วงแสงยาว คือ 13 14 และ 15 ชม. และ ย้ายข้าวที่ปลูกอยู่ในช่วงแสงยาว คือ 13 14 และ 15 ชม. ไปอยู่ในสภาพช่วงแสงสั้น คือ 10 11 และ 12 ชม. (ย้ายต้นข้าวไปอยู่ในสภาพที่มีแสงสั้นหรือยาวกว่าเดิม 3 ชม.) พบว่า ส่วนใหญ่ ข้าวที่เดิมอยู่ในสภาพวันยาวแล้วถูกย้ายมาอยู่ในสภาพวันสั้นจะมีระยะจาก PI ถึงระยะดอกบานที่สั้นลงกว่าข้าวที่อยู่ในสภาพเดิมและเมื่อนับจำนวนใบในระยะกำเนิดช่อดอกพบว่าข้าวที่เป็น strong photoperiod sensitivity จะมีจำนวนใบอยู่ที่ 13-14 ใบ ส่วนข้าวที่เดิมอยู่ในสภาพวันสั้นแล้วย้ายมาอยู่ในสภาพวันยาวนั้นมีความผันแปรไปตามพันธุ์ ซึ่งเป็นไปได้ทั้งการมีระยะจาก PI ถึงระยะดอกบานสั้นลงกว่าเดิม ยาวนานขึ้นกว่าเดิม และไม่แตกต่างไปจากเดิม

อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต และพัฒนาของพืช เมื่ออุณหภูมิผันแปรไปไม่ว่าจะต่ำกว่า หรือสูงกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับพืชนั้น ๆ จะส่งผลให้อัตราการเจริญ และพัฒนาของพืชนั้นลดลง พืชแต่ละชนิดต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต และพัฒนาไม่เท่ากัน แม้ในพืชชนิดเดียวกันแต่ที่ระยะการเจริญต่างกันก็ต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมไม่เท่ากัน และพืชที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนไปไม่เหมือนกัน เช่น กระบวนการงอกของเมล็ด และการเจริญของใบมีความ

อ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมากกว่ากระบวนการสังเคราะห์แสง รวมทั้งการออกดอกของพืช โดยพืชแต่ละชนิดมีความทนทานต่ออุณหภูมิต่ำสุด และสูงสุดได้ไม่เท่ากัน และยังมีความต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตไม่เท่ากันอีกด้วย (เฉลิมพล แชมเพชร, 2542) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Manakasem and Goodwin (1998) ที่ได้ศึกษาการพัฒนารากเกิดดอกของสอเบอรี่ด้วย SEM พบว่าอุณหภูมิต่ำมีผลต่อการเกิดดอกของสอเบอรี่มากกว่าอุณหภูมิสูงและความยาวของช่วงแสง

การเจริญเติบโตนับตั้งแต่เมล็ดงอกจนถึงออกดอกของข้าวพันธุ์ที่ไม่ไวต่อแสงนั้นจะถูกกำหนดโดยอุณหภูมิทั้งของน้ำ และอากาศในระยะแรกของการเจริญของเนื้อเยื่อเจริญต่าง ๆ เช่น ใบหน่อ และช่อรวงยังอยู่ใต้น้ำ ดังนั้น อุณหภูมิของน้ำจึงมีบทบาทสำคัญต่อข้าวเมื่อเจริญเติบโตถึงระยะทอดปล้อง และช่อดอกอยู่เหนือน้ำ บทบาทอุณหภูมิของน้ำก็จะลดลง และอุณหภูมิของอากาศก็เข้ามามีบทบาทมากขึ้นจนกระทั่งสุกแก่ ข้าวเป็นพืชที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าและการแตกกอของข้าวอยู่ระหว่าง 25-30 °C ต้นข้าวจะชะงักการแตกกอเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 15 °C หรือสูงกว่า 35 °C (ทวี คุปต์กาญจนากุล, 2541) โดยทั่วไปแล้ว อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและต่ำลงจะทำให้การออกดอกล่าช้า ข้าวปลูก (cultivated rice) ส่วนใหญ่นั้น หากอุณหภูมิต่ำจะทำให้ระยะ PSP และ PPP ยาวนานขึ้น และอุณหภูมิสูงทำให้ระยะดังกล่าวสั้นลง โดยอุณหภูมิมิผลทั้งต่อข้าวพันธุ์ไวแสงและไม่ไวแสง (IRRI, 1985) นอกจากนี้ อุณหภูมิที่สูงกว่า 35 °C ทำให้ดอกข้าวผสมไม่ติดและเมล็ดลีบ หากได้รับอุณหภูมิต่ำดอกข้าวจะไม่สมบูรณ์ โรคและแมลงเข้าทำลายได้ง่าย (วรวิทย์ และคณะ, 2529) ส่วน Yin *et al.*, (1996) พบว่าอิทธิพลของอุณหภูมิช่วงกลางคืน และกลางวัน จะมีปฏิสัมพันธ์ในข้าวบางสายพันธุ์เท่านั้น โดยส่วนมากอุณหภูมิที่เหมาะสมของช่วงกลางคืนอยู่ที่ 25-29°C ซึ่งจะต่ำกว่าอุณหภูมิช่วงกลางวัน 2-4 °C ผลจากการศึกษาถึงอิทธิพลของอุณหภูมิ (ภายใต้การควบคุม) ที่มีผลต่อการออกรวงพบว่า หากอุณหภูมิลดลงจาก 24 °C เป็น 21 °C มีผลทำให้อายุการออกรวงเพิ่มขึ้นจาก 96 วัน เป็น 134 วัน (พันธุ์ IR26) หรือเท่ากับว่าเมื่ออุณหภูมิลดลง 1 °C ทำให้การออกรวงล่าช้าออกไป 13 วัน แต่ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 24 °C เป็น 27 °C อายุการออกดอกจะเป็น 91 วัน และเหลือเพียง 86 วัน ถ้าอุณหภูมิเป็น 30 °C นั้นหมายความว่าถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 °C ทำให้อายุการออกดอกเร็วขึ้นประมาณ 2 วัน จากผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า อุณหภูมิต่ำกว่า 24 °C จะมีผลกระทบต่ออายุการออกรวงรุนแรงกว่าอุณหภูมิที่สูงกว่า อุณหภูมิของอากาศนับว่ามีอิทธิพลมาก ต่อการสะสมน้ำหนักรวมเมล็ดอัตราการสะสมน้ำหนักรวมเมล็ดจะเพิ่มขึ้น และอายุการสะสมน้ำหนักรวมเมล็ดจะสิ้นสุดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ผลนี้เกิดขึ้นทั้งข้าว *indica* และ *japonica* ส่วน Moldenhauer and Gibbons (2003) กล่าวว่าข้าวเป็นพืชที่ไม่ชอบอุณหภูมิต่ำ การเจริญของข้าวจะได้รับผลกระทบถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 20 °C จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะการเจริญ เช่น ทำให้เมล็ดไม่งอก งอกพื้นดินช้า การเจริญชะงัก ใบเปลี่ยนสี ส่วนปลายของรวงจะ

เสียหาย รวงอาจจะแทงช่อรวงไม่สมบูรณ์ ออกรวงช้า ดอกไม่มีการผสม (เป็นหมัน) และเมล็ดแก่ไม่พร้อมกัน ช่วง 14–17 วัน ก่อนออกรวงนับว่าเป็นช่วงวิกฤตสำหรับอุณหภูมิต่ำ เพราะจะทำให้ดอกเป็นหมันมากขึ้น ข้าว *japonica* จะมีความทนทานต่ออุณหภูมิต่ำได้ดีกว่าข้าว *indica* สำหรับผลกระทบที่เกิดจากอุณหภูมิสูง ข้าวเป็นพืชที่ทนทานต่ออุณหภูมิที่สูงแต่อย่างไรก็ตาม ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 35°C จะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต โดยระยะวิกฤตที่สุดของข้าวต่ออุณหภูมิสูงคือ ระยะที่ข้าวกำลังออกรวงและรองลงมาคือ 9 วันก่อนออกรวง ซึ่งถ้าอุณหภูมิสูงนานเพียง 1–2 ชม. ในระยะผสมเกสรจะทำให้ดอกเป็นหมันมากขึ้น

อุณหภูมิสะสม

อุณหภูมิสะสม หรือ growing degree day (GDD, °d) กับการพัฒนาของพืชอุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่กำหนดการแพร่กระจายและการเจริญของพืช พืชแต่ละชนิดมีการปรับตัว และตอบสนองต่ออุณหภูมิไม่เหมือนกัน มีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุดไม่เท่ากัน และยังต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อการสังเคราะห์แสง และเจริญเติบโตไม่เท่ากันช่วงอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด และเหมาะสมของพืชเรียกว่า cardinal temperature (เฉลิมพล แซมเพชร, 2542) ส่วน ศักดิ์ดา และคณะ (2548) กล่าวว่า ระยะพัฒนาการของพืชในแต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโตในวงจรชีวิตนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนสะสมหรือค่าอุณหภูมิสะสมที่เรียกว่า accumulated growing degree-days ซึ่งมีหน่วยเป็น °C ค่าอุณหภูมิดังกล่าวหมายถึงปริมาณความร้อนหรือพลังงานความร้อนที่พืชต้องการ เพื่อที่จะพัฒนาจากระยะการเจริญเติบโตระยะหนึ่งไปสู่อีกระยะหนึ่ง เช่น การกำเนิดใบแรก ไปสู่การกำเนิดใบที่สอง หรือจากระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นไปสู่ระยะการเจริญเติบโตด้านการสืบพันธุ์ ถึงแม้สภาพภูมิอากาศที่พืชนั้นปลูกอยู่จะผันแปร อย่างไรก็ตามพืชจะเจริญถึงระยะนั้น ๆ ได้จะต้องมีอุณหภูมิสะสม ถึงจำนวนที่กำหนดให้ ถ้าในระหว่างที่พืชนั้นขึ้นอยู่มีอากาศหนาวเย็นหรือมีอุณหภูมิต่ำ พืชก็ต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้น (ในการเจริญถึงระยะนั้น ๆ) เพื่อรวมอุณหภูมิให้ได้ถึงจำนวนที่กำหนดก่อน ในทางตรงกันข้ามถ้าพืชนั้นเจริญอยู่ในระหว่างที่มีอุณหภูมิสูง พืชก็ใช้จำนวนวันน้อยกว่าในการสะสมอุณหภูมิให้ได้จำนวนเดียวกันนั้น จะเห็นได้ว่าการใช้ค่า อุณหภูมิสะสมเป็นตัวกำหนดความอ่อน-แก่ของพืชจะมีความแปรปรวนน้อยกว่าการใช้วิธีนับจำนวนวันจากหลักการนี้ เราสามารถคาดการณ์การเจริญของระยะต่างๆ ของพืชได้ เพียงมีการบันทึกอุณหภูมิของแต่ละวัน แล้วนำไปคำนวณหาค่าอุณหภูมิสะสม ตามสูตรดังนี้

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

โดยกำหนดให้ $T_{\max}$ (daily maximum temperature) คือ อุณหภูมิสูงสุดประจำวัน $T_{\min}$ (daily minimum temperature) คือ อุณหภูมิต่ำสุดประจำวัน T_{base} (the minimum threshold

temperature) คืออุณหภูมิต่ำสุดที่พืชจะหยุดพัฒนาการ ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชโดยข้าวจะมี T base เท่ากับ 8°C (เฉลิมพล แซมเพชร, 2542) ทั้งนี้ได้มีการใช้อุณหภูมิสะสมในการทำนายหรือกำหนดการเจริญของพืชในระยะต่าง ๆ รวมทั้งระยะการพัฒนาคาดอกและการสุกแก่ของพืชกับพืชหลายชนิดซึ่งได้ผลดี เช่น ข้าวโพด ถั่วเหลืองและทานตะวัน เป็นต้น ส่วนข้าวสาลีที่ปลูกในเขตร้อนนั้นเชื่อว่าอุณหภูมิสะสมมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาคาดอกและการเจริญหรือการสร้างจำนวนช่อดอก (เฉลิมพล แซมเพชร, 2542) จากการศึกษาของ เฉลิมพล และสมจิต (2532) กับข้าวสาลีพันธุ์สะเมิง 1 ที่จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อปลูกเวลาต่าง ๆ กัน คือ กลางเดือนตุลาคม ถึง ธันวาคมพบว่า การพัฒนาคาดอก เกิดขึ้นเมื่อมีค่า อุณหภูมิสะสมอยู่ระหว่าง 550 -585 $^{\circ}\text{C}$ (T base = 3°C) ในขณะที่ สวัสดิ์ มีชัย (2530) รายงานค่าดังกล่าว ในพันธุ์เดียวกันนี้เมื่อปลูกที่จังหวัดลำปางอยู่ระหว่าง 422-473 $^{\circ}\text{C}$ แต่ไม่ได้บอกค่า T base ไว้ อย่างไรก็ตามแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิสะสมมีความผันแปรน้อยมาก แสดงว่าข้าวสาลีจะพัฒนาคาดอกได้นั้นจะต้องได้รับอุณหภูมิสะสมถึงจุดหนึ่งก่อน ส่วน กมลทิพย์ เรารัตน์ (2551) พบว่า ข้าวเหนียวเก่าพันธุ์ 16815 ต้องการอุณหภูมิสะสมตั้งแต่ระยะปักดำจนกระทั่งถึงสุกแก่ 1,956 $^{\circ}\text{C}$ ซึ่งมากกว่าพันธุ์หอมสกลที่ต้องการอุณหภูมิสะสม 1,598.05 $^{\circ}\text{C}$ และพันธุ์หอมนิลที่ต้องการอุณหภูมิสะสม 1,515.21 $^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ

2.4 กระบวนการเกิดและพัฒนาการของดอก และการกำหนดระยะกำเนิดช่อดอกของข้าว

การเกิดดอกของพืชโดยทั่วไปต้องอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาหลายอย่างปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ได้แก่ แสง อุณหภูมิ อาหาร ฮอโมน และอิทธิพลภายในของต้นพืชเข้ามาเกี่ยวข้องในการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเจริญจากระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นไปเป็นระยะการเจริญเติบโตทางด้านกรสปีพันธุ์ (สมบุญ เศษะภัญญวัฒน์, 2544) พืชดอกเมื่อมีการเจริญเต็มวัย (mature) ต้องมีความพร้อมของอายุนอกเหนือจากปริมาณของอาหารสะสมในต้นและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม จึงจะสามารถตอบสนองต่อปัจจัยที่กระตุ้นให้เกิดดอกได้ (ลิลลี่ กาวิตะ, 2546) ก่อนการเกิดการสร้างดอกของพืชเนื้อเยื่อบริเวณปลายยอดของพืชจะอยู่ในสภาพเป็นตาใบ (vegetative bud) หากนำมาตัดตามขวาง จะเห็นรูปร่างของเนื้อเยื่อ (meristem) เป็นรูปกลม (dome shape) หรือรูปแบน (flat shape) ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ซึ่งพืชส่วนใหญ่จะมีเนื้อเยื่อเป็นรูปกลม (มานี วิวัฒน์วงสวน, 2533) จากรายงานของ Sprague and Dudle (1988) พบว่าการออกดอกของข้าวโพดนั้นจะมีการสร้างดอกก็ต่อเมื่อลำต้นสร้างข้อปล้องไปแล้วอย่างน้อย 16 ข้อปล้อง ซึ่งเกิดจากข้าวโพดจำเป็นต้องมีจำนวนใบวิกฤต ที่จำเป็นในการสังเคราะห์สารกระตุ้นการออกดอก และ Atherton (1987) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเนื้อเยื่อของ snapdragon (*Antirrhinum* sp.) พบว่าเนื้อเยื่อปลายยอดในระยะเริ่มแรกมีลักษณะเป็นโคนเตี้ย เมื่อเริ่มเกิดดอกปลายยอดจะเริ่มขยาย

เกิดเป็นปมของจุดกำเนิดกลีบเลี้ยงขึ้นรอบๆปลายยอด จากนั้นปลายยอดจะเริ่มโค้งแบนและขยายด้านกว้าง และเกิดปมกำเนิดกลีบดอก เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียตามลำดับ ซึ่งการพัฒนาจะเริ่มจากด้านนอกสู่ด้านใน นอกจากนี้ มาณี วิวัฒน์วงสวนา (2533) รายงานว่า เมื่อพืชมีการพัฒนาเป็นตาดอกแล้วไม่สามารถเปลี่ยนกลับเป็นตาใบได้อีก

ข้าวมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานของส่วนปลายยอด โดยมีการเปลี่ยนแปลงจากระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น เข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตทางด้าน การสืบพันธุ์ เมื่อลักษณะทางพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมเหมาะสม ในระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นจะมีการสร้างปมกำเนิดใบ หลังจากนั้น จะมีการสร้างปมกำเนิดคอร์รวงซึ่งเป็นระยะที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานจากการสร้างใบไปสร้างช่อดอก จึงเรียกระยะนี้ว่า ระยะ PI (Takeoka *et al.*, 1993) จากนั้น เขียวลักษณ์ ทองสิดา (2544) ได้ศึกษาพัฒนาการปลายยอดข้าวภายใต้กล้อง stereo microscope พบว่าสามารถแบ่งระยะการเจริญเติบโตได้เป็น 10 ระยะ ได้แก่ ระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ระยะสร้างปมกำเนิดคอร์รวง ระยะสร้างปมกำเนิดแกนช่อดอกย่อยที่ 1 (primary rachis branch stage) ระยะสร้างปมกำเนิดแกนช่อดอกย่อยที่ 2 (secondary rachis branch stage) ระยะสร้างปมกำเนิดช่อดอกย่อย (spikelet primordial stage) ระยะสร้างปมกำเนิดโครงสร้างช่อดอกย่อย ระยะพัฒนาโครงสร้างช่อดอกย่อย ระยะสร้างโครงสร้างสืบพันธุ์ ระยะยืดตัวของช่อดอกย่อย (elongate spikelet) และระยะออกดอก ซึ่ง ระยะพัฒนาการช่อดอก นั้นเริ่มตั้งแต่การสร้างฐานช่อดอกรวมไปถึงการสร้างคอร์รวงซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของการเปลี่ยนแปลงไปเป็นการกำเนิดช่อดอกโดยคอร์รวงจะสร้างใบประดับโอบล้อมปลายยอดและเริ่มมีขนปกคลุม เพื่อปกป้องปลายยอดที่กำลังพัฒนา การพัฒนาขั้นต่อไป คือ การสร้างแกนช่อดอกย่อยที่ 1 จำนวนมากออกมาจากแกนช่อดอก ซึ่งการพัฒนาในส่วนนี้จะเป็นตัวกำหนดจำนวนช่อดอกย่อย ต่อมาลำต้นหลักจะเริ่มยืดยาวขึ้น แต่ละแกนช่อดอกย่อยที่ 1 จะสร้างแกนช่อดอกย่อยที่ 2 ออกมาข้างๆ และในที่สุดก็จะสร้างปมกำเนิดช่อดอกย่อยโดยที่ปลายของแต่ละอันนั้นจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นช่อดอกย่อย แต่ละแกนช่อดอกย่อยที่ 2 มักจะมีปมกำเนิดช่อดอกย่อย 3-5 อัน ในระยะนี้ ปลายยอดจะปกคลุมไปด้วยขนซึ่งยาวประมาณ 1 ซม. สำหรับระยะพัฒนาการช่อดอกย่อยจะเริ่มจากการพัฒนากาบช่อดอกย่อย ซึ่งยังคงมีขนาดเล็กและไม่ชัดเจน ด้านข้างของดอกย่อยที่สมบูรณ์จะเกิดกาบล่างที่ลดรูป 2 อัน ต่อมาแต่ละข้างของดอกย่อยจะสร้างกาบล่างและกาบบน ซึ่งจะติดทนนานจนกระทั่งเมล็ดสุกแก่ ระยะต่อมา ปมกำเนิดอับเรณู 6 อันจะเริ่มกำเนิดขึ้นรอบๆปลายยอดของดอกที่กำลังพัฒนา ต่อมามีการพัฒนาเกสรเพศเมีย ในขณะที่เวลานั้นมีการสร้างปมกำเนิดกลีบเกล็ด 2 อัน ที่มีตำแหน่งอยู่ระหว่างวงของเกสรเพศผู้และกาบล่างที่กำลังพัฒนา ในส่วนของเกสรเพศเมียจะเริ่มสร้างออวุล 1 อัน และตามด้วยการพัฒนาท่อเกสรเพศเมียที่สั้นมากและมียอดเกสรเพศเมียสองแฉก หลังจากนั้น ช่อดอกจะเริ่มยืดยาวออกไป ช่อดอกในขณะนั้นมีความยาวประมาณ 10 ซม. ก่อนที่ดอกย่อยจะพัฒนาได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อทดสอบโดยการปลุกข้าวในกระถาง

โดยใช้อุณหภูมิสูงสุด $32-35^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิต่ำสุด $24-26^{\circ}\text{C}$ พบว่า พัฒนาการทางสัณฐานของปลายยอดสามารถแบ่งออกเป็น 13 ระยะ ก่อนที่ช่อดอกจะปรากฏให้เห็น โดยแต่ละพันธุ์มีระยะเวลาในการพัฒนาที่แตกต่างกัน (Senanayake *et al.*, 1991) ส่วน Greyson (1994) กล่าวถึงระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นไปสู่ระยะการเจริญเติบโตด้านสืบพันธุ์ว่า เริ่มจากจุดเจริญปลายยอดของลำต้นหลักเพิ่มขนาดขึ้นและมีการปรากฏของใบประดับรองรับแกนช่อดอกย่อย อย่างชัดเจน จากนั้นจะมีการสร้างปุ่มกำเนิดแกนช่อดอกย่อยที่ 1 จากแกนช่อดอกหลัก และเริ่มมีการพัฒนาของขนและมีการพัฒนาของปุ่มกำเนิดแกนช่อดอกย่อยที่ 2 ซึ่งพัฒนามาจากแกนช่อดอกย่อยที่ 1 ต่อมาสร้างโครงสร้างที่เป็น empty lemma และกาบช่อดอก ตามด้วยการสร้างโครงสร้างกาบล่างและกาบบน ที่เมื่อเจริญเต็มที่แล้วจะปกคลุมส่วนที่เป็นเกสรเพศผู้ไว้ภายใน

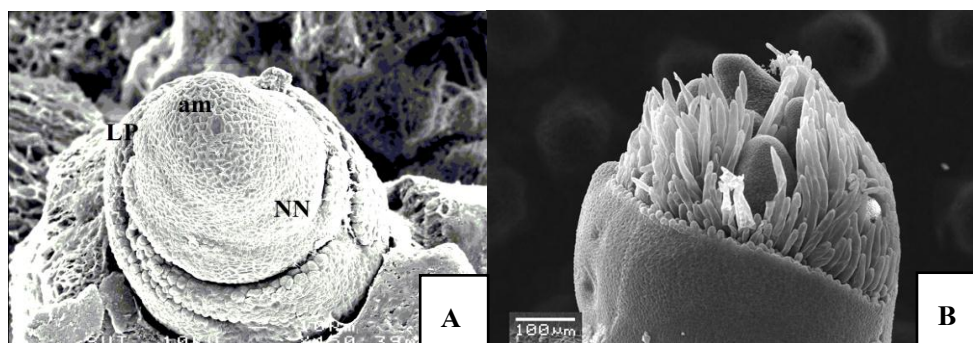
การกำเนิดช่อดอกของข้าวคือการที่ข้าวถูกกระตุ้นให้มีการตอบสนองต่อช่วงแสงที่สั้นกว่าช่วงแสงวิกฤติ เพื่อที่จะพัฒนาไปเป็นผลผลิตของข้าวต่อไป ซึ่งการกำหนดระยะการกำเนิดช่อดอกของข้าวนั้นได้มีผู้ศึกษาไว้พอสมควรแต่ใช้เกณฑ์การกำหนดระยะกำเนิดช่อดอกที่แตกต่างกันไป ซึ่งมี 2 ระยะ ได้แก่ 1) ระยะสร้างปุ่มกำเนิดคอร์รวง และ 2) ระยะสร้างแกนกำเนิดช่อดอกย่อยที่ 1

ระยะสร้างปุ่มกำเนิดคอร์รวง

ได้มีผู้ศึกษาโดยใช้ระยะกำเนิดคอร์รวง (ภาพ 2.1A) เป็นระยะกำหนดการกำเนิดช่อดอกของข้าวโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ประกอบด้วย Senanayake *et al.*, (1991) และ กมรินทร์ และคณะ (2548) ที่ได้ศึกษาอิทธิพลของช่วงแสงต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานของปลายยอดข้าวซึ่งสามารถเห็นได้ชัดเจนในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับช่วงแสงสั้น 11 ชม.เป็นเวลา 9-12 วันและปลายยอดข้าวพันธุ์ IR42 และ IR50 เมื่อกำเนิดคอร์รวงจะมีการปรากฏของปุ่มกำเนิดใบธงด้วย

ระยะสร้างแกนกำเนิดช่อดอกย่อยที่ 1

ได้มีผู้ศึกษาโดยใช้ระยะสร้างแกนกำเนิดช่อดอกย่อยที่ 1 (ภาพ 2.1B) จากกล้อง stereo microscope และกล้อง SEM เป็นวันกำเนิดช่อดอกของข้าว ได้แก่ (Suge and Osada, 1967; Xu and Vergara, 1986; Yin *et al.*, 1997 และ เขียวลักษณ์ ทองสิมา, 2544) ที่ได้ศึกษาพัฒนาของข้าวในการตอบสนองต่อช่วงแสงในระยะก่อนการกำเนิดช่อดอกของข้าวโดยสังเกตระยะ PI จากระยะที่ปลายยอดมีขนาดประมาณ 0.2-0.5 มม. และมีขนสั้น ๆ ปกคลุม



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงระยะสร้างปมกำเนิดคอร์ว (A) ระยะสร้างแกนกำเนิดช่อดอกย่อยที่ 1 (B)
(ที่มา: กมรินทร์ และคณะ, 2548)

2.5 การทำนาของประเทศไทย

สถาบันวิจัยข้าว (2533) ได้มีการจำแนกการปลูกทำนาตามฤดูกาลปลูกไว้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ฤดูนาปี คือข้าวที่ปลูกในฤดูการทำนาปกติตามฤดูฝน ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละ ภาค และท้องที่ ส่วนมากจะใช้พันธุ์ข้าวที่ไวแสง ซึ่งข้าวไวแสงยังสามารถแยกออกได้เป็น 3 พวก คือ 1) ข้าวเบา ออกดอกระหว่างเดือนกันยายน – ตุลาคม 2) ข้าวกลาง ออกดอกระหว่างเดือนตุลาคม – พฤศจิกายน และ 3) ข้าวหนัก ออกดอกระหว่างเดือนธันวาคม – กุมภาพันธ์ (วรวิทย์ และคณะ, 2529; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542) สำหรับข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวที่ไวต่อช่วงแสง จึงสามารถปลูกได้เฉพาะในฤดูนาปีเท่านั้น (สมศักดิ์ ทองดีแท้, 2541) โดยสมเจตต์ ชัมเจริญ (2544) ได้ศึกษาการตอบสนองของข้าวต่อวันปลูกในข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 เจ้าหอมคลองหลวง 1 และก่ำดอยสะเก็ด ที่ปลูกในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ได้แก่ วันที่ 15 มิถุนายน 15 กรกฎาคม 15 สิงหาคม และ 15 กันยายน พบว่าเมื่อปลูกในระยะเวลาที่แตกต่างกัน จะมีระยะพัฒนาการ (ระยะออกดอก และสุกแก่) วันที่ปรากฏน้ำหนักร้างสูงสุด น้ำหนักร้างสูงสุด และอัตราการสะสมน้ำหนักร้างในส่วนรวงต้นและใบมีแนวโน้มลดลงในพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด โดยพบว่าข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์มีผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกในวันที่ 15 กรกฎาคม ส่วนสมโรจน์ และราตรี (2545) ได้ทำการศึกษาในข้าว 5 สายพันธุ์ คือ สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 2 ชัยนาท 1 ข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรี และสายพันธุ์ PTL 88114-10-1-1 ปลูกก่อนน้ำท่วม (15 มิถุนายน 25 มิถุนายน 5 กรกฎาคม และ 15 กรกฎาคม) พบว่า ช่วงปลูกก่อน น้ำท่วม ที่เหมาะสมของข้าวทั้ง 5 สายพันธุ์คือ กลางเดือนมิถุนายน ถึง ต้นเดือนกรกฎาคม

2. ฤดูนาปรัง คือ ข้าวที่ปลูกนอกฤดูทำนาปกติส่วนใหญ่ใช้พันธุ์ข้าวที่ไม่ไวแสง ได้แก่ กข.1

กข.2 กข.3 กข.4 และใช้น้ำจากระบบชลประทานเป็นหลัก เพราะฤดูการทำนาในประเทศขึ้นอยู่กับช่วงของฤดูฝนเป็นส่วนใหญ่ โดย สมโรจน์และราตรี (2545) ได้ทำการศึกษาในข้าว 5 สายพันธุ์ คือ สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 2 ชัยนาท 1 ข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรี และสายพันธุ์ PTL 88114-10-1-1 ที่วันปลูกช่วงปลูกหลังน้ำลด (2 มกราคม 12 มกราคม 22 มกราคม และ 1 กุมภาพันธ์) พบว่า ปลูกหลังน้ำลดที่เหมาะสมของข้าวทั้ง 5 สายพันธุ์คือ คือ ช่วงต้นเดือนมกราคม จากนั้น เดชา และคณะ (2539) ได้ การศึกษาระยะเวลาปลูกต่อผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกนอกฤดู เมื่อวันที่ 10 20 และ 30 ธันวาคม ปี 2537 และ 2538 ที่สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี อำเภอมือง จังหวัดสุพรรณบุรี ดินภายในสถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรีเป็นดินชุดสระบุรี ซึ่งเป็นดินเหนียวเหมาะสำหรับการทำนา มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางไปจนถึงความอุดมสมบูรณ์สูง คุณสมบัติของดินชุดดังกล่าวมีศักยภาพการผลิตข้าวในฤดูนาปี โดยไม่ใช้ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอื่น ๆ สามารถให้ผลผลิตเฉลี่ย 450 กก./ไร่ และในฤดูนาปรังจะให้ผลผลิตสูงขึ้นที่ระดับ 600 กก./ไร่ โดยใช้พันธุ์ข้าวที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสงทั้ง 2 ฤดูแต่ทั้งนี้ได้ใช้ข้าวพันธุ์ไวแสงคือ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พบว่า ช่วงเวลาปลูกที่เหมาะสมที่สุด คือ วันที่ 20 ธันวาคม จะให้ผลผลิตสูงสุดที่ 518 กก./ไร่ ส่วนการปลูกในวันที่ 10 ธันวาคม ให้ผลผลิตต่ำลงที่ 463 กก./ไร่ ซึ่งในระยะนี้ข้าวที่ปลูกในแปลงจะได้รับผลกระทบจากอากาศหนาวเย็นที่ไปยับยั้งการเจริญเติบโตของข้าวในระยะแรก และการปลูกวันที่ 30 เดือนธันวาคม ให้ผลผลิตเพียง 381 กก./ไร่ เนื่องจากระยะนี้อากาศร้อนขึ้นตรงกับการผสมเกสรพอดีจึงมีผลทำให้ % การติดเมล็ดต่ำลง ส่งผลให้ผลผลิตต่ำที่สุด จากนั้น จำนง บางภูมิ (2541) ได้ทดลองปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2540 ที่ตำบล คลองข่อย อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี โดยวิธีหว่านน้ำตามอัตราเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อข้าวมีอายุ 84 วันได้ผลผลิต 350 กก./ไร่

จากตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่าการปลูกที่จังหวัดสุพรรณบุรี และ จ. นนทบุรี อุณหภูมิสะสม จะสูงกว่า จังหวัดนครราชสีมา ประมาณ 200-300 °d ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอายุการเก็บเกี่ยวของ จ.นครราชสีมาควรจะนานกว่าของ จ.สุพรรณบุรีและ จ.นนทบุรี เมื่อมีอุณหภูมิสะสมที่จำนวนเท่ากัน ดังนั้นในช่วงการปลูกข้าวนอกฤดูที่เหมาะสมของจังหวัดสุพรรณบุรี และ จ.นนทบุรี อาจไม่เหมาะกับจังหวัดนครราชสีมาก็เป็นได้

ตารางที่ 2.1 แสดงอุณหภูมิสะสมรวม (ชั่วโมง) ตั้งแต่วันปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว 4 เดือน ของจังหวัดสุพรรณบุรี และจังหวัดนนทบุรีในช่วงที่ทำการทดลอง โดยนำจังหวัดนครราชสีมา มาเปรียบเทียบกับหากปลูกและเก็บเกี่ยวช่วงเวลาเดียวกัน

วันที่ปลูก	อุณหภูมิสะสม ¹ (°d)		
	สุพรรณบุรี	นนทบุรี	นครราชสีมา
10 /12/2538	2,113.30	2,180.60	1,805.00
20 /12/2538	2,182.30	2,251.60	1,869.00
30 /12/2538	2,251.30	2,354.00	2,016.60
เฉลี่ย	2,182.30	2,262.07	1,896.87
10 /12/2540	2,113.30	2,214.00	1,903.00
20 /12/2540	2,182.30	2,284.00	1,959.80
30 /12/2540	2,251.30	2,354.00	2,016.60
เฉลี่ย	2,182.30	2,284.00	1,959.80

¹ หมายเหตุ อุณหภูมิสะสม = $\sum (T_{\text{average}} - T_{\text{base}} (8^{\circ}\text{C}))$

รายงานของศูนย์วิจัยข้าวสุรินทร์ (2554) ทดลองการปลูกข้าวนอกฤดูและคุณภาพข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยปลูกข้าวทุกวันที่ 15 ของเดือน โดยเริ่มจากเดือนพฤศจิกายน ถึงเมษายน เป็นเวลา 6 เดือนที่ศูนย์วิจัยข้าวสุรินทร์ พบว่า ข้าวที่ปลูกในเดือนพฤศจิกายน ถึงมกราคมมีการกำเนิดช่อดอก และเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุเฉลี่ย 105 วัน ส่วนที่เหลือจะไม่มีการกำเนิดช่อดอกเมื่ออายุเท่ากัน จากนั้นได้มีการวิเคราะห์คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ปลูกในฤดูนาปรังเทียบกับข้าวที่ปลูกในฤดูปลูกปกติโดยส่งตรวจสอบที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี พบว่าให้ผลการเปรียบเทียบของคุณภาพข้าวไม่แตกต่างจากฤดูปลูกปกติ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงการเปรียบเทียบคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105

ลักษณะ	ฤดูปลูกนาปี 2554*	ฤดูปลูกนาปี 2553**
ขนาดของเมล็ดข้าวสาร (มม.)		
กว้าง	7.30	7.30
ยาว	2.10	2.20
หนา	1.70	1.70
รูปร่าง (ยาว/กว้าง)	3.50	3.30
น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด (กรัม)	28.40	28.20
คุณภาพการสี (%)		
ข้าวกล้อง	76.20	76.40
ข้าวสาร	66.80	66.70
ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว	47.00	52.00
แกลบ	23.80	23.60
รำ	9.40	9.70
ความขาว	43.50	42.30
อมัยโลส (%)	15.86	16.04
กลิ่นหอม	2.00	2.00

หมายเหตุ : * เลื้จาก 56 ตัวอย่างเก็บเกี่ยวปลายเดือนมีนาคม 2554- ต้นเมษายน 2554

** เลื้จากแปลงเกษตรกรภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 84 ตัวอย่าง

เก็บเกี่ยวประมาณปลายเดือนพฤศจิกายน 2553

ลักษณะประจำพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

เป็นพันธุ์ข้าวหอมที่ได้จากการนำข้าวพันธุ์พื้นเมืองจากนาเกษตรกร อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา จำนวน 199 รวง มาปลูก และได้ข้าวรวงที่ 105 ที่มีลักษณะพิเศษ คือ มีกลิ่นหอมและเมล็ดอ่อนนุ่ม เมื่อนำมาหุงต้ม ซึ่งความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เกิดจากสารระเหยชื่อ 2-acetyl-1-pyrroline ซึ่งเป็นสารที่ระเหยหายไป การรักษาความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้คงอยู่นานนั้นจึงควรเก็บข้าวไว้ในที่เย็น อุณหภูมิประมาณ 15 °C เก็บข้าวเปลือกที่มีความชื้นต่ำ 14-15% ดังนั้น จึงมีการปรับปรุงพันธุ์จนได้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเหมาะสมต่อการเพาะปลูกในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือตอนบน และภาคกลางบางพื้นที่ เป็นพันธุ์ข้าวหอมที่ไวต่อช่วง

แสง ลักษณะเมล็ดข้าวเปลือก เมล็ดเรียวยาว ก้นงอน สีฟางขนาดเมล็ดข้าวกล้องยาว 7.5 ซม. กว้าง 2.1 มม.หนา 1.8 มม. ระยะพักตัวของเมล็ด 8 สัปดาห์ ส่วนใหญ่ปลูกในฤดูนาปี ข้าวจะออกดอกประมาณวันที่ 20 ตุลาคม และสุกแก่ เก็บเกี่ยวได้ประมาณวันที่ 20-25 พฤศจิกายนของทุกปีอายุเก็บเกี่ยวขึ้นกับฤดูปลูกให้ผลผลิตเฉลี่ย 363 กก./ไร่ ต้นสูงประมาณ 140-150 ซม. มีการแตกกอดี ต้นและใบค่อนข้างเล็ก ใบยาวสีเขียวอ่อน ข้อดีของข้าวพันธุ์นี้ คือ ข้าวมีกลิ่นหอมและเมล็ดอ่อนนุ่มเมื่อนำมาหุงต้ม เป็นพันธุ์ข้าวที่ทนแล้ง ทนต่อสภาพดินเปรี้ยวและดินเค็ม คุณภาพการขัดสีดี เมล็ดข้าวสารใส แกร่ง นวดง่ายเนื่องจากเมล็ดหลุดร่วงจากรวงได้ง่าย นอกจากนี้ ยังเป็นที่ต้องการของโลกและขายได้ราคาดีอีกด้วยส่วนข้อเสีย คือ ไม่ต้านทานโรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง โรคใบสีส้ม โรคจู้ โรคใบหงิก เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยจักจั่นสีเขียว แมลงบั่ว และหนอนกอ ต้นอ่อนล้มง่าย (สถาบันวิจัยข้าว, 2533; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542)

2.6 ลักษณะสำคัญด้านสรีรวิทยา

ความเข้าใจในตัวพืชทางด้านสรีรวิทยาของพืชและการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมทำให้การตัดสินใจคัดเลือกพันธุ์ที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตสูงทำได้ถูกต้องทางและถูกต้องมากยิ่งขึ้น เช่น มีแนวความคิดว่าพืชที่จะให้ผลผลิตสูงได้นั้น จะต้องมีการทรงพุ่ม หรือทรงต้นที่ดี ดังเช่นในข้าวซึ่งเป็นที่ยอมรับกันว่าพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงนั้นเป็นพันธุ์ที่มีใบเรียวยาว ตั้งชัน ต้นไม่สูงและเตี้ยจนเกินไปซึ่งเป็นลักษณะที่เอื้ออำนวยต่อการรับแสงและสังเคราะห์แสง ถ้าหากต้นสูงเกินไปจะทำให้เกิดการหักล้มได้ง่าย แต่ถ้าเตี้ยจนเกินไป ใบจะเบียดชิดกัน ทำให้การกระจายของแสงในทรงพุ่มไม่ดีเท่าที่ควร แต่อย่างไรก็ตามพืชที่จะให้ผลผลิตสูงนั้นจะต้องมีการเจริญเติบโตในระยะต่าง ๆ ได้สมดุลกันและต้องมีการถ่ายเทและลำเลียงสารอาหารเพื่อการเจริญเติบโตของผลหรือเมล็ดที่ดี ซึ่งพิจารณาได้จากอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของเมล็ด กับน้ำหนักของวัตถุแห้งทั้งหมด เรียกว่า ดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index, HI) (เฉลิมพล แซมเพชร, 2542) ต่อมา Nichiporovich (1960) ได้เสนอแนวคิดของ HI ว่าผลผลิตของพืชใดก็ตามที่เป็นผลหรือเมล็ด เรียกว่า เป็นผลผลิตทางเศรษฐศาสตร์ (economic yield) จะขึ้นอยู่กับน้ำหนักวัตถุแห้งของพืชนั้น ซึ่งเรียกว่าเป็น biological yield และสัมประสิทธิ์ หรืออัตราการถ่ายเทวัตถุแห้งนั้นไปยังเมล็ด (coefficient of effectiveness หรือ migration coefficient, K) ดังสมการ

$$\text{economic yield} = \text{biological yield} \times \text{HI}$$

$$\text{HI} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ด}}{\text{น้ำหนักวัตถุแห้งทั้งหมด}}$$

ซึ่งน้ำหนักวัตถุแห้งที่ใช้ในที่นี้ จะใช้เฉพาะส่วนที่อยู่เหนือดินเท่านั้น ไม่รวมส่วนที่อยู่ใต้ดิน จากสมการข้างบนดังกล่าวจะเห็นได้ว่า HI เป็นสัดส่วนหรือความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเมล็ดกับน้ำหนักแห้ง ดังนั้นผลผลิตของพืชจึงขึ้นอยู่กับความสามารถในการสะสมน้ำหนักแห้งของพืชและความสามารถของพืชที่จะถ่ายเทอาหารจากน้ำหนักแห้งนั้น ไปยังเมล็ด ผลผลิตของพืชสามารถเพิ่มขึ้นได้ถ้าสามารถเพิ่มน้ำหนักแห้งหรือ HI หรือทั้งสองส่วนนั้นควบคู่กันไปกล่าวคือ ถ้าพืชนั้นมี HI สูงย่อมมีผลผลิตสูงด้วย (เฉลิมพล แชมเพชร, 2542)

การพัฒนาพื้นที่ใบและการรับแสง

ใบเป็นส่วนประกอบหรือเป็นอวัยวะหลักของพืช ที่ทำหน้าที่ในการรับแสงสำหรับการสังเคราะห์แสง ใบพืชอาจเริ่มต้นพัฒนาจากเนื้อเยื่อเจริญของต้นพืช การที่ใบพืชจะรับแสงที่ส่องลงมายังต้นพืชทั้งหมดได้นั้นจะต้องมีพื้นที่ใบมากพอ หรือมีใบปกคลุมดินที่พืชนั้นขึ้นอยู่อย่างสนิท มิฉะนั้นแล้วพลังงานที่ส่องลงมาจะสูญเสียไปกับการเผาผลาญพื้นดิน ทำให้อุณหภูมิบริเวณรอบต้นพืชสูงขึ้น และส่งผลให้มีการคายน้ำเพิ่มขึ้น ดังนั้นพื้นที่ใบจึงเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงความสามารถในการรับแสง และสังเคราะห์แสงของพืช เรียกค่านี้ว่าดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index, LAI) โดยพืชจะรับแสงมากขึ้น เมื่อดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น ในระยะแรกของการเจริญเติบโตพืชจะมีการรับแสงน้อยมาก เพราะว่าพืชมีพื้นที่ใบน้อยและการสะสมพื้นที่ใบยังอยู่ระยะที่เรียกว่า exponential phase หลังจากพ้นระยะนี้ไปแล้วพืชจะมีการสะสมพื้นที่ใบ และรับแสงอย่างรวดเร็ว และรับแสงสูงสุดเมื่อพื้นที่ใบคลุมเต็มพื้นที่ หรือมีพื้นที่ใบสูงสุด ซึ่งเป็นระยะที่พืชออกดอก (เฉลิมพล แชมเพชร, 2542) ค่า LAI จะเป็นตัวบ่งบอกความเหมาะสมของจำนวนใบพืชต่อความสามารถในการรับแสง (light interception) ประสิทธิภาพการใช้แสง และการเจริญเติบโตของพืช (Major *et al.*, 1997) เพราะใบจัดได้ว่าเป็นอวัยวะหลักของพืชที่ทำหน้าที่ในการรับแสงสำหรับการสังเคราะห์แสงของพืช (เฉลิมพล แชมเพชร, 2542)

$$LAI = \frac{\text{พื้นที่ใบ}}{\text{พื้นที่ดินที่พืชนั้นขึ้นอยู่}}$$

LAI เป็นดัชนีบ่งบอกถึงปริมาณพื้นที่ใบต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ดิน เช่น ถ้าปลูกพืชบนพื้นที่ 1 ตารางเมตร แล้วนำพื้นที่ใบมาวัดได้ 3 ตารางเมตร แสดงว่าพืชนั้นมี LAI = 3 อัตราการสังเคราะห์แสงของพืชจะขึ้นอยู่กับ LAI เป็นประการสำคัญ ถ้าพืชมี LAI สูงก็จะรับแสงได้มาก แต่เมื่อมี LAI สูง หรือมีพื้นที่ใบมากแล้ว ใบนั้นก็ควรจะมีการเรียงตัวของใบ และรูปทรงของใบที่ดีด้วยก็จะยิ่งช่วยส่งเสริมอัตราการสังเคราะห์แสงให้ดียิ่งขึ้น การมีพื้นที่ใบมาก แต่มีการเรียงตัวของใบไม่ดี เช่น เรียงตัวในแนวราบมากก็ไม่ดี เพราะจะทำให้มีเพียงใบบนเท่านั้นที่รับแสงมาก ส่วนใบล่างจะถูกบังแสง

เป็นส่วนใหญ่ แต่อย่างไรก็ตามการเรียงตัวของใบในแนวราบจะมีข้อดีในกรณีที่พืชยังมี LAI ต่ำ โดย LAI ของข้าวจะเพิ่มขึ้นตามอายุของข้าว และจะสูงสุดเมื่อระยะที่ข้าวออกรวง (heading) หลังจากนั้น LAI จะลดลงเป็นลำดับเนื่องจากใบล่างแห้งตาย (เฉลิมพล แชมเพชร, 2542) ซึ่งข้าวอาจให้ LAI เท่ากับ 10 หรือมากกว่าได้หากปลูกด้วยระยะปลูกที่ชิดและให้ปุ๋ยไนโตรเจนมาก (IRRI 1977)

ประสิทธิภาพการใช้รังสีดวงอาทิตย์ของพืช (radiation use efficiency, RUE)

Loomis and Williams (1969) กล่าวว่าประสิทธิภาพการใช้รังสีดวงอาทิตย์ของพืช เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถของพืช หรือกลุ่มพืชในการเปลี่ยนรังสีดวงอาทิตย์ที่พืชได้รับให้เป็นน้ำหนักแห้งของพืช ซึ่งจะขึ้นอยู่กับกลไกของการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช (photosynthesis efficiency) อายุ ความสมบูรณ์ของใบพืช (ปริมาณน้ำ, ธาตุอาหาร) และของกลุ่มใบ (ทรงพุ่มของพืช) สามารถคำนวณได้จากการวัด photosynthesis rate ต่อหน่วย light quantum flux ที่กระทบใบพืชในขณะที่ทำการวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง หรือคำนวณได้จากน้ำหนักแห้งที่พืชสะสม ต่อหน่วยของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่พืชได้รับ ปัจจุบัน นิยมใช้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นดัชนีในการคัดเลือก และปรับปรุงพันธุ์พืชในปัจจุบัน และใช้ในการอธิบายการตอบสนองของพืชต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ตลอดจนการศึกษาทางสรีรณีเวศวิทยาของพืช

ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต

เฉลิมพล แชมเพชร (2542) กล่าวว่า ในเขตหนาวจะสามารถปลูกข้าวได้เพียงปีละ 1-2 ครั้ง เท่านั้น ในขณะที่เขตร้อนสามารถปลูกได้ถึง 3-4 ครั้ง ถ้ามีการชลประทาน ดังนั้นในการเปรียบเทียบผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตอาจพิจารณาจาก 3 ลักษณะด้วยกันคือ ผลผลิตต่อฤดู ต่อวัน และต่อปี โดยผลผลิตต่อฤดูเฉลี่ยของข้าวของโลกอยู่ระหว่าง 1 t/ha (ในแอฟริกาบางแห่ง) ถึง 6 t/ha ในญี่ปุ่น เกาหลี และออสเตรเลีย ผลผลิตต่อฤดู สูงสุดถึง 10.5 t/ha ในข้าว ที่ยังไม่ได้ขัดสีในประเทศญี่ปุ่น และในเขตร้อน ข้าวพันธุ์ TR 24 จะให้ผลผลิตสูงถึง 11.0 t/ha ใน IRRI ในช่วงฤดูแล้ง (IRRI, 1973) และ IR8 ก็ให้ผลผลิตสูงถึง 10.7 t/ha ในประเทศกัมพูชาแต่ในประเทศอินเดียกลับมีรายงานผลผลิตพันธุ์เดียวกันสูงถึง 17.8 t/ha (เฉลิมพล แชมเพชร, 2542) ในส่วนของผลผลิตต่อวัน จะอยู่ระหว่าง 50-100 kg/ha ซึ่งผลผลิตต่อวันนี้จะขึ้นกับฤดูกาลกลับกับอายุการเจริญเติบโตกล่าวคือ ถ้าอายุการเจริญเติบโตสั้น จะทำให้ผลผลิตสูงถึง 106 kg/ha ซึ่งมีรายงานจากพันธุ์อายุสั้นพันธุ์ IR 747 B2-6 ที่ปลูกด้วยระยะปลูก 10×10 ซม. ในฤดูแล้ง โดยฤดูดังกล่าวความเข้มแสงสูงจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผลผลิตสูงขึ้น และผลผลิตต่อปี โดยมีรายงานจากการทดลองในประเทศฟิลิปปินส์ ซึ่งมีการปลูกติดต่อกันถึง 4 ฤดู ทำให้ได้ผลผลิต 25.7 t/ha/335 วัน แต่อย่างไรก็ตามผลผลิตเฉลี่ยของ 3 ปี จากพื้นที่เดียวกันได้ 23.7 t/ha ส่วนผลผลิตต่อปีในการปลูกข้าวของเขตร้อนและเขตหนาวอยู่ระหว่าง 6.5 t/ha-23.7 t/ha (IRRI, 1973) ผลผลิตต่อปีจะเพิ่มขึ้นถ้าจำนวนครั้งของการปลูกมากขึ้น ซึ่งผลผลิตในเขตร้อนมีแนวโน้มที่จะสูงกว่าเขตหนาว ดังนั้นการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลผลิต

จะทำให้ทราบว่าองค์ประกอบตัวใดเป็นตัวจำกัดผลผลิต ซึ่งผลผลิตของข้าวจะขึ้นอยู่กับผลคูณขององค์ประกอบดังต่อไปนี้

$$\text{ผลผลิตของเมล็ด (g m}^{-2}\text{)} = \text{จำนวนรวง/ ตรม.} \times \text{จำนวนเมล็ด (ดี)/รวง} \times \text{น.น. เมล็ด (g)}$$

โดยทั่วไปจำนวนรวง/ตรม. จะผันแปรไปตามความหนาแน่นและการแตกกอของพืช ส่วนจำนวนเมล็ด/พื้นที่จะขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว สภาพแวดล้อม และธาตุอาหาร ซึ่งองค์ประกอบของผลผลิตตัวที่ไปจำกัดผลผลิตนั้น จะมีความแตกต่างกันไปตามท้องที่ โดยผลผลิตจะมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับจำนวนเมล็ด/พื้นที่ ดังนั้นจึงสามารถเพิ่มจำนวนเมล็ด/พื้นที่ โดยการเพิ่มความหนาแน่นของข้าวซึ่งความหนาแน่นที่เหมาะสมที่จะทำให้จำนวนเมล็ด/พื้นที่ ของข้าวสูงสุดนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถในการแตกกอของข้าว อายุการเจริญของข้าว และแร่ธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจน ข้าวที่มีการแตกกอน้อย ต้องใช้ความหนาแน่นสูง ประกอบกับอุณหภูมิต่ำและสูงในช่วงระยะการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ จะมีผลทำให้เมล็ดลึบมากขึ้น โดยทั่วไปข้าวจะมีเมล็ดลึบเกิดขึ้นร้อยละ 3-40 แต่โดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 15% ซึ่งถือปกติ ถ้าสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงกะทันหันและไม่เหมาะสมในช่วงการแบ่งเซลล์ของการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์จนถึงระยะออกดอกหรือระยะกำลังสุกแก่แล้ว จะทำให้มีเมล็ดลึบมากขึ้น สำหรับขนาดและน้ำหนักเมล็ดนั้น ศักยภาพของขนาดจะขึ้นอยู่กับขนาดของแกลบและการบ่งแสง กล่าวคือ หากพืชได้รับแสงน้อยในระยะที่พืชกำลังแทงช่อดอกจะทำให้ขนาดของเมล็ดเล็กลง อุณหภูมิก็เช่นเดียวกันถ้าอุณหภูมิสูงในช่วงที่เมล็ดกำลังสุกแก่จะทำให้ขนาดของเมล็ดเล็กลงเช่นกัน ซึ่งมีผลกระทบดังกล่าวจะมีผลมากกับประเภทของข้าวโดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวประเภท japonica ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมาจะเห็นว่า จำนวนเมล็ด/พื้นที่และขนาดของเมล็ดจะเป็นดัชนีบ่งบอกขนาดของความสามารถในการให้ผลผลิต (เฉลิมพล แซมเพชร, 2542)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาอิทธิพลของช่วงแสงต่อการกำเนิดช่อดอกของข้าวดอก

มะลิ 105

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Complete randomized design (CRD) จำนวน 50 ซ้ำ โดยมี 4 ดำรับการทดลอง ดังต่อไปนี้

- ดำรับการทดลอง ที่ 1 แสง 10 ชั่วโมงต่อวัน (กลุ่มฟ้าดำเวลา 16.00 น. เปิดฟ้าเวลา 06.00 น.)
- ดำรับการทดลอง ที่ 2 แสง 11 ชั่วโมงต่อวัน (กลุ่มฟ้าดำเวลา 17.00 น. เปิดฟ้าเวลา 06.00 น.)
- ดำรับการทดลอง ที่ 3 แสง 12 ชั่วโมงต่อวัน (กลุ่มฟ้าดำเวลา 18.00 น. เปิดฟ้าเวลา 06.00 น.)
- ดำรับการทดลอง ที่ 4 ให้เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติจนสิ้นสุดการทดลอง

2. วิธีการทดลอง

2.1 การปลูก ใช้กระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว ใส่ดินเหนียวผสมกับดินปลูกมทส ในอัตราดินเหนียว : ดินปลูก มทส (5: 1) จากนั้นคลุกเคล้าให้เข้ากันเป็นวัสดุปลูกโดยใช้อัตรา 3 กก./กระถาง นำข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำ 1 คืนในกระบะจากนั้นนำมาห่อด้วยผ้าชุบน้ำจนรากงอกเล็กน้อย (ประมาณ 2 วัน) ปลูกจำนวน 6 ต้น/กระถาง โดยกระจายให้สม่ำเสมอภายในกระถาง ในวันที่ 1 กรกฎาคม 2553 บริเวณหลังอาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 (F3) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ให้น้ำแบบน้ำขังประมาณ 3 ซม.วันละ 1 ครั้ง ตอนเย็น และหยุดให้น้ำก่อนเก็บเกี่ยว 10 วัน

2.2 การให้ปุ๋ย หลังปลูก 15 วัน เริ่มให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตรา 35 กก./ไร่ จากนั้นเมื่อข้าวอายุได้ 40 วันหลังปลูกให้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 ในอัตรา 30 กก./ไร่

2.3 การศึกษาลักษณะปลายยอดข้าว โดยการสุ่มต้นข้าวซึ่งเป็นส่วนของต้นแม่ (main column) จำนวน 10 ต้น/ ดำรับการทดลอง เพื่อหาปลายยอดข้าวภายใต้กล้อง stereo microscope โดยเริ่มศึกษาก่อนเริ่มดำรับการทดลอง 20 day after sowing (DAS) และหลังเริ่มดำรับการทดลองที่ 25 DAS ทำซ้ำทุกวันเช่นเดิมติดต่อกัน จนข้าวมีลักษณะขนนกเกิดขึ้นภายในลำต้น (ภาพที่ 15 ในภาคผนวก) (50% จากต้นที่สุ่มมามีลักษณะขนนกแสดงว่าการสุ่มปลายยอดข้าวสิ้นสุดลง) ส่วนการคลุมฟ้า ดำเนินต่อไป จนข้าวในแต่ละดำรับการทดลอง มีการออกดอกแรกเกิดขึ้น (ออกดอกพ้น

ต้นดอกแรก) จึงสิ้นสุดการคลุมผ้าดำ

2.4 การเตรียมตัวอย่าง SEM ปลายยอดข้าวที่ได้ในแต่ละครั้งจะนำไปศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของปลายยอดโดยใช้กล้อง SEM ตามวิธีการของ Moncur (1988) ซึ่งมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การดึ่งน้ำออก

- นำส่วนของปลายยอดข้าวที่ได้ในแต่ละอายุข้าวใส่ใน 0.1 M glutaraldehyde ที่มีความเข้มข้น 2.5 % นาน 1 ชม. (หรือข้ามคืนได้)
- ล้างด้วย 0.1 M phosphate buffer ที่ PH 6.8 ตามวิธีการเตรียม phosphate buffer ของศิริเพ็ญ เวชการัญย์ (2534) (ตารางที่ 15 ในภาคผนวก) จำนวน 3 ครั้ง พร้อมเขย่าครั้งละ 15 นาที
- ดึ่งน้ำออกโดยใช้เอกซอร์ความเข้มข้นต่างๆ ตามวิธีการเตรียมแอลกอฮอล์ของศิริเพ็ญ เวชการัญย์ (2534) (ตารางที่ 14 ในภาคผนวก) โดยมีความเข้มข้นต่างๆ ที่ใช้ดังนี้
 - 30 % alcohol จำนวน 2 ครั้งพร้อมเขย่าครั้งละ 15 นาที
 - 50 % alcohol จำนวน 2 ครั้งพร้อมเขย่าครั้งละ 15 นาที
 - 70 % alcohol จำนวน 2 ครั้งพร้อมเขย่าครั้งละ 15 นาที (ทิ้งค้างคืนได้)
 - 80 % alcohol จำนวน 2 ครั้งพร้อมเขย่าครั้งละ 15 นาที
 - 90 % alcohol จำนวน 2 ครั้งพร้อมเขย่าครั้งละ 15 นาที
 - 100 % alcohol จำนวน 2 ครั้งพร้อมเขย่าครั้งแรก 15 นาที ครั้งที่ 2 เป็นเวลา 1 ชม.

ขั้นตอนที่ 2 ทำตัวอย่างให้แห้ง

การทำตัวอย่างให้แห้งโดยอาศัยจุดวิกฤต (critical point drier) เป็นเครื่องมือ

เตรียมตัวอย่าง SEM ทางชีวภาพซึ่งมีผลทำให้ตัวอย่างแห้งโดยอาศัยจุดวิกฤต ที่อุณหภูมิและความดันระดับหนึ่งของเหลวและก๊าซมีความหนาแน่นสมดุลกันที่จุดนี้ของเหลวและก๊าซมีความหนาแน่น มีความตึงผิวเป็นศูนย์ (ภาพที่ 14 ในภาคผนวก) ตัวอย่างที่อยู่ในสภาวะวิกฤตนี้จะแห้งโดยที่รูปร่างและโครงสร้างเหมือนกับธรรมชาติมีขั้นตอนการทำดังนี้

- ตรวจสอบว่าปิดวาล์วหมดแล้วหรือยัง
- ใส่ absolute alcohol ลงไปใน chamber และตามด้วยตัวอย่าง โดยให้ alcohol 100 % ท่วมตัวอย่าง
- เปิด transformer (on) และ switch (on)

- ปิดฝาครอบไขน็อตให้แน่นพร้อมเปิดวาล์วแก๊ส
- ทำ cool เพื่อรักษาสภาพโดยเปิดวาล์ว (ตรงแกน) ประมาณ 2-3 สเกล สังเกตอุณหภูมิ ประมาณ $0-10^{\circ}\text{C}$ และปิดปั๊ม cool
- ไล่ alcohol ออก โดยใช้ CO_2 (liq) เข้า โดยเปิดวาล์ว fill ประมาณ 2-3 จี๊ด (สังเกตว่ามี ฟองอากาศอยู่แสดงว่าเต็มแล้ว)
- จากนั้นเปิดวาล์ว purge – bleed vent เพื่อไล่ alcohol ออกมาโดยใช้ท่อกลาง (no.2) สังเกตว่าจะมีหยดน้ำไหลออกมา (ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นให้เปิด cool เพื่อควบคุมอุณหภูมิ ให้ได้ $0-10^{\circ}\text{C}$) pressure ประมาณ 900 PSI สังเกตว่าจะมีหยดน้ำแข็งของ CO_2 (liq) ออกมาเป็นเกล็ด
- จากนั้นปิดวาล์ว purge แต่ยังเปิดวาล์ว fill เพื่อให้ CO_2 (liq) ท่วมตัวอย่าง เมื่อ CO_2 (liq) เต็มแล้วก็ปิดวาล์ว fill แล้วปิดวาล์วแก๊ส
- ไล่ CO_2 (liq) ออกที่จุด CPD โดยเปิด switch heat (on) อุณหภูมิ จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ (tempt. = 31°C , P = 1,070 PSI ที่จุด CPD) เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 31°C แล้วไฟที่ heat จะดับ แต่ยังไม้ปิด switch heat ทิ้งไว้ประมาณ 2 นาที จากนั้นจับเวลาประมาณ 4 นาที
- เมื่อครบ 4 นาทีแล้ว ปิด Switch heat แล้วค่อย ๆ เปิด purge ไล่ CO_2 (liq) ออกไป (อาจปิด switch power หรือไม่ปิดก็ได้) สังเกตความดันจะลดลงจนเป็น 0 จากนั้นปิด switch power, switch purge และ switch transformer แล้วนำตัวอย่างออกจาก chamber

ขั้นตอนที่ 3 เคลือบทองและถ่ายภาพ

- นำตัวอย่างที่แห้งติดบน stub โดยใช้กาวทาเล็บหรือกาวสองหน้าเป็นตัวเชื่อมให้ติด
- นำตัวอย่างที่ติดบน stub แล้วไปเคลือบผิวด้วยทอง โดยใช้เครื่อง ion sputtering รุ่น JFC – 1100E ของ JEOL แสดงดัง (ภาพที่ 13 ในภาคผนวก) ใช้กระแสไฟฟ้า 10 มิลลิแอมป์ เป็นเวลา 6 นาที
- นำตัวอย่างมาดูภายใต้กล้อง SEM รุ่น JSM – 6400 ของ JEOL

ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 1 (F1) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (ภาพที่ 12 ในภาคผนวก) พร้อมกับวัดความกว้างของฐาน และความสูงของปลายยอดและบันทึกภาพตัวอย่างที่ถ่ายได้

3. การเก็บข้อมูล

3.1 นับการเกิดใบข้าวแต่ละใบตั้งแต่ปลุกจนถึงใบธงโดยการนับจะเริ่มจากเมื่อข้าวเริ่มงอกและมีใบจริงใบแรกปรากฏจากนั้นทำการนับทุกวันโดยนับเฉพาะจากต้นแม่ (main clumn) ใบที่

นับแล้วจะใช้เชือกฟางผูกไว้ นับไปเรื่อยๆจนกว่าจะเจอใบธงซึ่งเป็นใบสุดท้ายก่อนที่ข้าวจะออกดอก (ถือว่าสิ้นสุดการนับจำนวนใบ) โดยนับทั้งหมด 20 ต้น/ ดำรับการทดลอง

3.2 ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา ความยาวของช่วงแสงในแต่ละวัน อุณหภูมิสูง – ต่ำในแต่ละวันได้จากสถานีตรวจวัดอากาศอ่างห้วยยาง

3.3 ศึกษาภาพ SEM ที่ได้จากตัวอย่างในแต่ละดำรับการทดลองเพื่อกำหนดระยะการเจริญเติบโตของข้าวที่ได้รับช่วงแสงที่แตกต่างกัน

3.4 วัดความกว้างของฐานและความสูงของปลายยอดข้าวจากภาพที่ได้จากกล้อง SEM

3.5 เก็บข้อมูลวันกำเนิดช่อดอก วันออกดอกแรก วันออกดอก 50% ออกดอก 100% วันเก็บเกี่ยว (เมล็ดแก่ 80%)

3.6 เก็บองค์ประกอบของผลผลิต ได้แก่ จำนวนรวง/ ตรม จำนวนเมล็ด/รวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม) และผลผลิต

4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS for window (version 14.0) (Levesque, 2006) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ของวันกำเนิดช่อดอก วันออกดอกแรก วันออกดอก 50% วันออกดอก 100% วันเก็บเกี่ยว และผลผลิต

3.2 การทดลองที่ 2 การปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 นอกฤดู

เป็นการศึกษาการใช้ประโยชน์ในช่วงของแสงสั้น ในเดือนพฤศจิกายน 2553 ถึงมีนาคม 2554 ในการทดสอบการปลูกข้าวในฤดูนาปรัง

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) จำนวน 4 บล็อก วันปลูก 5 ครั้ง ดังต่อไปนี้

ดำรับการทดลองที่ 1 ปลูกวันที่ 20 พฤศจิกายน 2553

ดำรับการทดลองที่ 2 ปลูกวันที่ 20 เดือนธันวาคม 2553

ดำรับการทดลองที่ 3 ปลูกวันที่ 20 เดือนมกราคม 2554

ดำรับการทดลองที่ 4 ปลูกวันที่ 20 เดือนกุมภาพันธ์ 2554

ดำรับการทดลองที่ 5 ปลูกวันที่ 20 เดือนมีนาคม 2554

2. วิธีการทดลอง

เพาะกล้าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 1 คืนในกระบะจากนั้นนำมาห่อด้วยผ้าชุบน้ำจนรากงอกประมาณ 2 วัน จากนั้นเพาะเมล็ดในบ่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1

เมตรโดยหว่านทุกวันที 5 ของเดือนที่ทำการทดลอง ซึ่งจะทดลองในแปลงนาสวนเกษตรอินทรีย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.1 เตรียมแปลงปักดำข้าวโดยการไถตะ และไถพรวน จากนั้นใส่ปุ๋ยอินทรีย์รองพื้นในอัตรา 400 กก./ไร่ แล้วพรวนให้เข้ากันพร้อมทั้งปล่อยน้ำเข้าแปลงจากนั้นทำเทือก

2.2 การปลูก เมื่ออายุกล้าได้ 15 วันทำการปักดำข้าวในแปลงที่มีขนาด 2×3 เมตร ในแต่ละเดือน เดือนละ 4 แปลง รวมทั้งหมด 20 แปลง ใช้ระยะปลูก 25×25 ซม. จำนวน 1 ต้น/หลุม (ไม่ตัดใบข้าว) มีข้าวจำนวน 117 ต้น/แปลง

2.3 หลังปักดำ 5 วัน (20 DAS) สุ่มตัวอย่างต้นข้าว มาศึกษาปลายยอด ภายใต้กล้อง stereo microscope จำนวน 10 ต้น/ตำรับการทดลอง จากนั้นทุกวันทำเช่นเดิมติดต่อกันจนข้าวกำเนิดช่อดอก (50% จากต้นที่สุ่มมามีการกำเนิดช่อดอกถือว่าการสุ่มปลายยอดข้าวสิ้นสุดลง) ส่วนปลายยอดข้าวในแต่ละครั้ง จะนำไปศึกษาลักษณะทางสัณฐานของปลายยอดโดยใช้กล้อง SEM ตามวิธีการของ Moncur (1988) โดยมีวิธีการเตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3. การเก็บข้อมูล

3.1 นับการเกิดใบข้าวแต่ละใบ ตั้งแต่ปลูกจนถึงใบธง โดยการนับจะเริ่มจากเมื่อข้าวเริ่มงอก และมีใบจริงใบแรกปรากฏ จากนั้นทำการนับทุกวัน โดยนับเฉพาะจากต้นแม่ ใบที่นับแล้วจะใช้เชือกฟางผูกไว้ นับไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะเจอใบธง ซึ่งเป็นใบสุดท้ายก่อนที่ข้าวจะออกดอก (ถือว่าสิ้นสุดการนับจำนวนใบ) โดยนับทั้งหมด 20 ต้น/ตำรับการทดลอง

3.2 วัดการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงของต้นข้าว จำนวน 4 ครั้ง ได้แก่ เมื่อข้าวอายุได้ 30 60 72 และ 90 DAS โดยการรวบใบแล้ว วัดความสูงจากผิวดินไปจนถึงปลายใบที่สูงที่สุด จำนวน 20 ต้น/บล็อก

3.3 วัดเปอร์เซ็นต์ light interceptions (% LI) ของข้าวโดยใช้เครื่องมือวัดแสงได้ทรงพุ่ม (Sun Scan Canopy Analysis System Type SS1) เครื่องมือห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3(F3) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วัดจำนวน 3 ครั้งคือ เมื่อข้าวอายุได้ 30 60 และ 90 DAS โดยวัดเหนือต้นข้าว และได้ทรงพุ่มข้าวทำมุมเฉียง 45 องศา จำนวน 5 จุด/บล็อก โดย 1 จุดคือ ทั้งเหนือต้น และเฉียงได้ทรงพุ่ม

3.4 วัดพื้นที่ใบ เมื่อข้าวเจริญเต็มที่คือ ระยะที่ข้าวออกดอก 50% โดยการเก็บต้นข้าวในพื้นที่ 1 ตรม. ล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำมาแยกออกเป็น 4 ส่วน 3 ส่วน แยก ใบ ดอก ลำต้น จากนั้นชั่งน้ำหนักสดแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70°C นาน 48 ชม. และนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง ส่วนข้าวอีก 1 ส่วน แยกใบ ดอก ลำต้นเช่นกัน ส่วนของดอก และลำต้นชั่งน้ำหนักสด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70°C นาน 48 ชม. เพื่อชั่งน้ำหนักแห้ง ในส่วนของใบจะนำไปวัดพื้นที่ใบก่อน จากนั้นก็ชั่งน้ำหนักสดแล้วก็นำไปอบที่อุณหภูมิเดียวกัน เพื่อชั่งน้ำหนักแห้ง สำหรับใช้ในการคำนวณหา leaf area

index (LAI)

3.5 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินโดยตัดต้นข้าวที่ออกดอก 100% ในพื้นที่ 1 ตรม. ที่ตำแหน่งผิวดิน นำส่วนเหนือดินทั้งหมด ล้างด้วยน้ำสะอาด แยก ใบ ดอก ลำต้น ชั่งน้ำหนักสด จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 70°C นาน 48 ชม. และนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง เพื่อเก็บข้อมูลน้ำหนักแห้ง (dry matter) ไปใช้ในการคำนวณต่างๆ ประกอบด้วย

3.5.1 total dry matter (TDM)

3.5.2 radiation use efficiency (RUE)

3.5.3 ดัชนีการเก็บเกี่ยว (HI)

3.6 เก็บข้อมูลการแตกกอของข้าวในระยะแตกกอจนถึงระยะออกดอกโดยการนับจำนวนการแตกกอทุกวันจนกว่าข้าวจะออกดอกแรก (ถือว่าสิ้นสุดการแตกกอ) ซึ่งการนับจะใช้เชือกฟางมัดกอที่ถูกนับแล้ว จำนวน 10 กอ/บล็อก

3.7 เก็บข้อมูลวันออกดอกวันแรก และวันออกดอก 50% ของข้าว โดยการสังเกตจากดอกที่ปรากฏดอกแรกในบล็อกนั้นๆ (ถือว่าเป็นวันออกดอกแรก) และประมาณด้วยสายตาเมื่อข้าวออกดอกครบ 50%

3.8 ผลผลิต เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อข้าวแก่ได้ 80% ในพื้นที่ 1 ตรม. บันทึกองค์ประกอบของผลผลิต ประกอบด้วย จำนวนต้น/พื้นที่ จำนวนรวง/พื้นที่ จำนวนรวง/กอ จำนวนเมล็ด/รวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี เมล็ดลีบ/รวง น้ำหนัก 1 เมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด เพื่อคำนวณผลผลิต (g m^{-2})

4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ด้วยโปรแกรม SPSS for window (version 14.0) (Levesque, 2006) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ของจำนวนวันหลังปลูก ต่อพัฒนาการของข้าว ตั้งแต่ระยะกำเนิดช่อดอก จนถึงระยะเก็บเกี่ยว และผลการทดลองทางสรีรวิทยา ประกอบด้วย ความสูง TDM LAI RUE องค์ประกอบผลผลิต ดัชนีการเก็บเกี่ยว และผลผลิตเฉพาะในด้านการทดลองที่มีการกำเนิดช่อดอกเท่านั้น

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล และการอภิปรายผล

4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาอิทธิพลของช่วงแสงสั้นต่อการกำเนิดช่อดอกของข้าวขาวดอกดกมะลิ 105

4.1.1 สภาพภูมิอากาศ

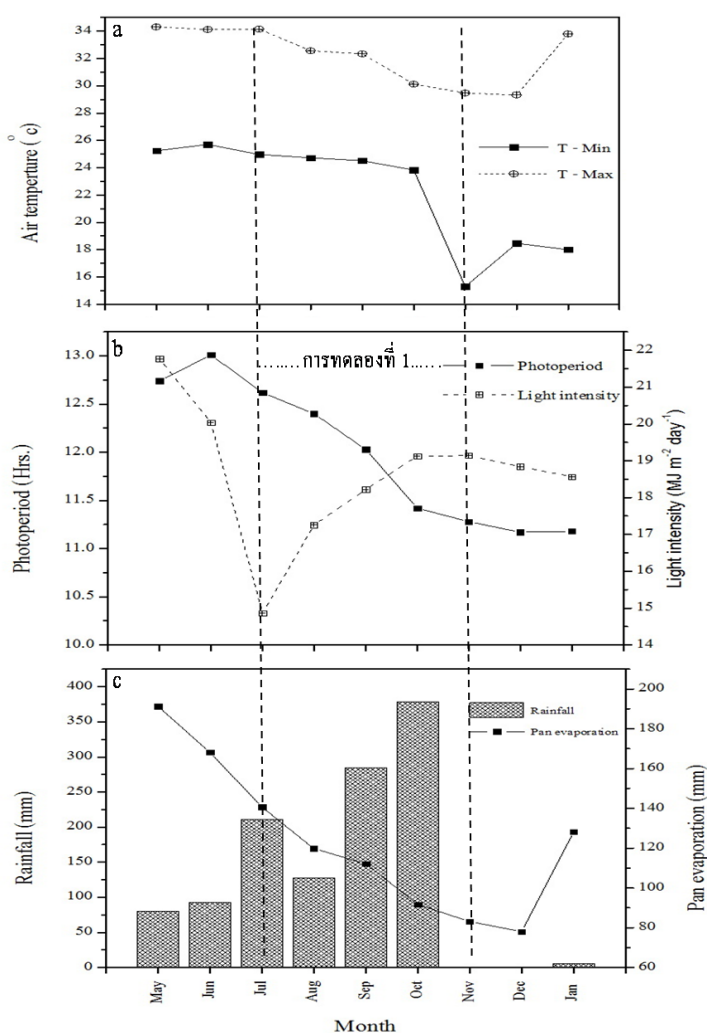
การทดลองที่ 1 ทำการทดลองช่วงระหว่างวันที่ 1 กรกฎาคม ถึงวันที่ 20 พฤศจิกายน 2553 จะพบว่าข้าวที่ทำการทดลองเจริญเติบโตอยู่ในช่วงของอุณหภูมิที่เหมาะสมไม่สูงหรือต่ำเกินไป โดยมีอุณหภูมิอยู่ที่ 23°C – 34°C (ภาพที่ 4.1a) ส่วนความยาวของช่วงแสงจะค่อย ๆ ลดลงจาก 12.30 ชม.ในเดือนกรกฎาคม จนต่ำกว่า 11.52 ชม. ในเดือนกันยายน (ประมาณวันที่ 9 กันยายน 2553) และลดต่ำลงถึง 11.30 ชม. ในเดือนธันวาคม 2553 ส่วนความเข้มแสงจะสูงต่ำตามความยาวของช่วงแสงในแต่ละวัน ซึ่งความเข้มแสงจะลดลงเมื่ออยู่ในช่วงฤดูฝนเนื่องจากมีเมฆบดบังแสงแดด ดังนั้นจะพบว่าในการทดลองที่ 1 ความเข้มแสงจะอยู่ในช่วง $15\text{--}19\text{ MJ m}^{-2}\text{ d}^{-1}$ (ภาพที่ 4.1b) สำหรับปริมาณน้ำฝนและการระเหยของน้ำพบว่าเมื่อมีปริมาณน้ำฝนมากขึ้นทำให้การระเหยของน้ำลดต่ำลง (ภาพที่ 4.1c)

4.1.2 การพัฒนาใบข้าวภายใต้ความยาวช่วงแสงที่ต่างกัน

จากตารางที่ 4.1 ในทุกตำรับการทดลอง ก่อนเริ่มการทดลอง 20 วันแรกข้าวจะเจริญเติบโตภายใต้แสงธรรมชาติ การเกิดใบแรกจะเกิดขึ้น 4 วันหลังจากทำการเพาะเมล็ดจากนั้นการเกิดใบที่ 2 ถึงใบที่ 5 จะใช้เวลา 3 วันในการพัฒนาใบแต่ละใบ

หลังจากที่มีการคลุมผ้าดำในตำรับการทดลองที่ 1-3 เพื่อให้ได้แสงตามที่กำหนดคือ 10 11 และ 12 ชม./วันตามลำดับ พบว่าข้าวในตำรับการทดลองที่ 1 (10 ชม.) และตำรับการทดลองที่ 2 (11 ชม.) ได้รับช่วงแสงสั้นกว่าช่วงแสงวิกฤต การเกิดใบที่ 6-13 การพัฒนาใบจะรวดเร็วซึ่งใช้เวลาเพียง 2 วันในการพัฒนาใบแต่ละใบส่วนข้าวในตำรับการทดลองที่ 3 (12 ชม.) และ 4 (สภาพธรรมชาติ) ได้รับช่วงแสงยาวกว่าช่วงแสงวิกฤต การพัฒนาใบที่ 6-13 จะใช้เวลาค่อนข้างมากในการพัฒนาใบ โดยใช้เวลา 6 วันในการพัฒนาใบแต่ละใบ จากนั้นการเกิดใบที่ 14 และ 15 ของข้าวในตำรับการทดลองที่ 1 (10 ชม.) และตำรับการทดลองที่ 2 (11 ชม.) ที่ได้รับช่วงแสงสั้นกว่าช่วงแสงวิกฤตจะใช้เวลา 3 วันในการพัฒนาใบ ส่วนข้าวในตำรับการทดลองที่ 3 (12 ชม.) และ 4 (สภาพธรรมชาติ) ที่

ได้รับช่วงแสงยาวกว่าช่วงแสงวิกฤต การเกิดใบที่ 14-18 ก็ใช้เวลาค่อนข้างมากในการพัฒนาใบแต่ละใบโดยใช้เวลา 5 วันในการพัฒนาใบ



รูปที่ 4.1 แสดงภูมิอากาศ พฤษภาคม 2553 – มกราคม 2554 a). อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) สูง-ต่ำเฉลี่ยรายเดือน
b). ความยาวของช่วงแสง (ชม.) และความเข้มแสง ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) เฉลี่ยรายวัน และ
c). ปริมาณน้ำฝนและการระเหยน้ำรวมแต่ละเดือน (มม.)

สุดท้ายการเกิดใบที่ 16-21 ในข้าวในตำรับการทดลองที่ได้รับช่วงแสงสั้นกว่าช่วงแสงวิกฤต (10 และ 11 ชม.) พบว่า การพัฒนาใบเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วโดยใช้เวลาเพียง 2 วันในการพัฒนาใบ ส่วนข้าวในตำรับการทดลองที่ได้รับช่วงแสงยาวกว่าช่วงแสงวิกฤต (12 ชม. และสภาพธรรมชาติ) การเกิดใบที่ 19-21 จะใช้เวลา 3 วันในการเกิดใบแต่ละใบ (ตารางที่ 4.1) โดยในระยะกำหนดช่อดอก ข้าวในตำรับ

การทดลองที่ 1 (10 ชม.) และดำเนินการทดลองที่ 2 (11 ชม.) ได้รับช่วงแสงสั้นกว่าช่วงแสงวิกฤตจะมีใบจำนวนเท่ากันคือ 14 ใบ

ตารางที่ 4.1 แสดงวันหลังปลูกที่พัฒนาการเกิดใบ (DAS) ช่วงแสงที่ข้าวได้รับ (เฉลี่ย) ในการเกิดใบที่ 1-21 ในแต่ละดำเนินการทดลอง

กิจกรรม	ระยะเวลาการเกิดใบ (DAS)					ช่วงแสง (เฉลี่ย) แต่ละใบ (ชั่วโมง)			
	ใบที่	T1 10 ชม.	T2 11 ชม.	T3 12 ชม.	T4 ธรรมชาติ	T1 10 ชม.	T2 11 ชม.	T3 12 ชม.	T4 ธรรมชาติ
ก่อน การ ทดลอง	1	7	7	7	7	13.26	13.26	13.26	13.26
	2	10	10	10	10	12.59	12.59	12.59	12.59
	3	13	13	13	13	12.58	12.58	12.58	12.58
	4	16	16	16	16	12.57	12.57	12.57	12.57
	5	19	19	19	19	12.56	12.56	12.56	12.56
ระหว่าง การ ทดลอง	6	21	21	25	25	10.00	11.00	12.00	12.49
	7	23	23	31	31	10.00	11.00	12.00	12.42
	8	25	25	37	37	10.00	11.00	12.00	12.39
	9	27	27	43	43	10.00	11.00	12.00	12.36
	10	29	29	49	49	10.00	11.00	12.00	12.32
	11	31	31	55	55	10.00	11.00	12.00	12.28
	12	33	33	61	61	10.00	11.00	12.00	12.07
	13	35	35	67	67	10.00	11.00	12.00	12.11
เกิด PI	14	38	38	72	72	10.00	11.00	11.50	11.50
ระหว่าง การ ทดลอง	15	41	41	77	77	10.00	11.00	11.50	11.50
	16	43	43	82	82	10.00	11.00	11.50	11.50
	17	45	45	87	87	10.00	11.00	11.49	11.49
	18	47	47	92	92	10.00	11.00	11.49	11.49
	19	49	49	95	95	10.00	11.00	11.49	11.49
	20	51	51	98	98	10.00	11.00	11.48	11.48
	21	53	53	101	101	10.00	11.00	11.47	11.47

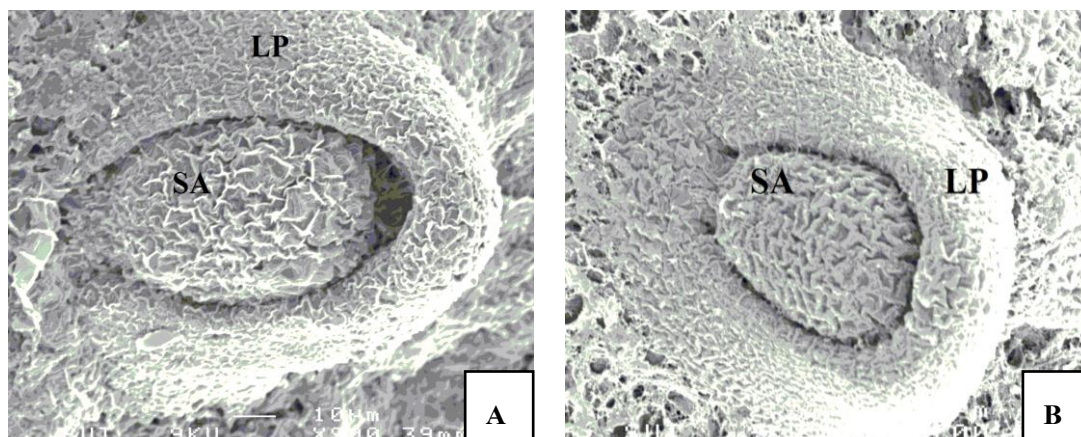
ส่วนระยะกำเนิดช่อดอกของข้าวได้รับการทดลองที่ 3 (12 ชม.) และได้รับการทดลองที่ 4 (สภาพธรรมชาติ) ได้รับช่วงแสงยาวกว่าช่วงแสงวิกฤต จะมีใบจำนวนเท่ากันเช่นกันคือ 16 ใบซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Yin *et al.*, (1997) ที่ศึกษาจำนวนใบข้าวในระยะกำเนิดช่อดอกพบว่า ข้าวที่เป็น strongly photoperiod sensitive ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 คือมีการเจริญทางลำต้นต่อไปเรื่อย ๆ และไม่มีการกำเนิดช่อดอก เมื่อได้รับช่วงแสงที่ยาวนานกว่าช่วงแสงวิกฤต การเจริญเติบโตภายใต้ช่วงแสงสั้น (9-11 ชม.) ในระยะกำเนิดช่อดอกจะมีจำนวนใบอยู่ที่ 13-14 ใบ และการเจริญเติบโตภายใต้ช่วงแสงยาว (12-15 ชม.) ในระยะกำเนิดช่อดอกจะมีจำนวนใบอยู่ที่ 16-17 ใบ และทุกการทดลอง จะมีใบสุดท้ายคือใบธงเป็นใบที่ 22 เท่ากันซึ่งใบธงจะเป็นใบสุดท้ายของข้าว

สำหรับการเก็บข้อมูลจำนวนใบทั้งหมดจะเห็นว่า การพัฒนาใบของข้าวในการทดลองที่ 3 (12 ชม.) และได้รับการทดลองที่ 4 (สภาพธรรมชาติ) ได้รับช่วงแสงยาวกว่าแสงวิกฤต การพัฒนาเป็นใบใหม่ จะช้ากว่าข้าวในการทดลองที่ 1 (10 ชม.) และได้รับการทดลองที่ 2 (11 ชม.) ได้รับช่วงแสงสั้นกว่าช่วงแสงวิกฤต โดยใช้เวลาประมาณ 5-6 วันในการพัฒนาใบ ตั้งแต่ใบที่ 6-18 แต่หลังจากนั้น การเกิดใบที่ 19-21 จะตรงกับช่วงของแสงสั้นกว่าแสงวิกฤตจึงทำให้การพัฒนาใบเร็วขึ้นโดยใช้เวลาเพียง 3 วัน และจากการทดลองพบว่าการเกิดใบที่ 1-5 ในทุกการทดลองจะตรงกับช่วงแสงยาวกว่าช่วงแสงวิกฤต ซึ่งการพัฒนาใบควรมีการพัฒนาไปในทิศทางเดียวกันกับการเกิดใบที่ 6-18 ในการทดลองที่ได้รับช่วงแสงยาว แต่ก็พบว่า การพัฒนาใบในทุกการทดลองจะใช้เวลาเพียง 3 วัน เท่านั้น ทั้งนี้เป็นผลมาจาก การเกิดใบข้าวตั้งแต่อกจนถึงใบที่ 5 ซึ่งเป็นช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น จะถูกควบคุมด้วยพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ช่วงแสงไม่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาใบถึงแม้ว่าจะอยู่ในสภาพแสงยาวก็ตาม (วรวิทย์ และคณะ, 2529) จึงเป็นสาเหตุให้ข้าวที่ได้รับแสงยาวก่อนการคลุมผ้าดำ มีการพัฒนาใบไปตามธรรมชาติจนถึงใบที่ 5

4.1.3 ลักษณะทางสัณฐานของปลายยอดข้าว ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่อง

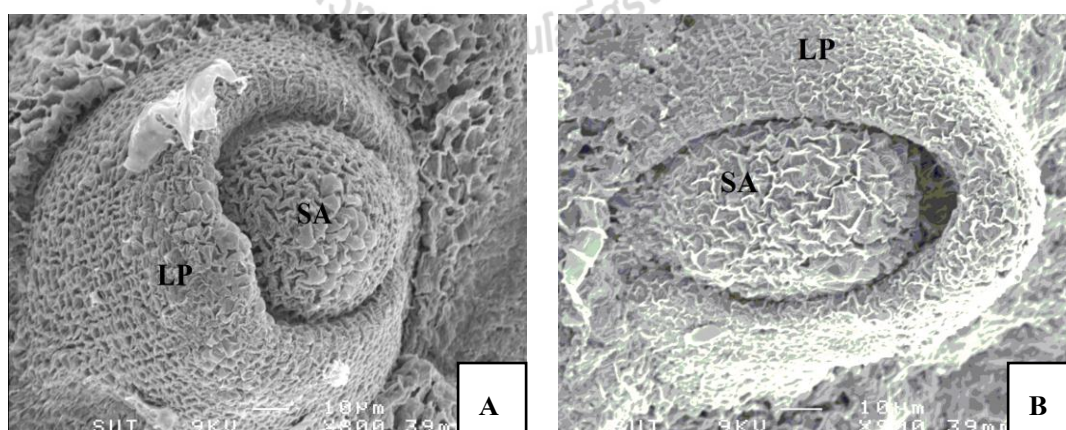
กราด (scanning electron microscope, SEM)

เมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของปลายยอดข้าวภายใต้กล้อง SEM โดยนำส่วนของปลายยอดข้าวไปศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา พร้อมทั้งวัดความกว้างของฐาน และความสูงของปลายยอด เพื่อหาระยะการพัฒนาการของข้าวพบว่า ปลายยอดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เจริญเติบโตภายใต้ช่วงแสงยาวก่อนการคลุมผ้าดำทั้ง 4 การทดลอง เมื่อข้าวอายุได้ 20 วัน บริเวณปลายยอดมีลักษณะเป็นโดมรูปประฆังคว่ำ ที่บริเวณฐานของโดมมีการสร้างปุ่มกำเนิดใบโอบล้อมปลายยอดไว้ ซึ่งแสดงว่าปลายยอดข้าวยังคงมีการพัฒนาสร้างปุ่มกำเนิดใบและเจริญเติบโตทางลำต้นโดยยังไม่มีมีการกำเนิดช่อดอก (ภาพที่ 4.2 A และ B)



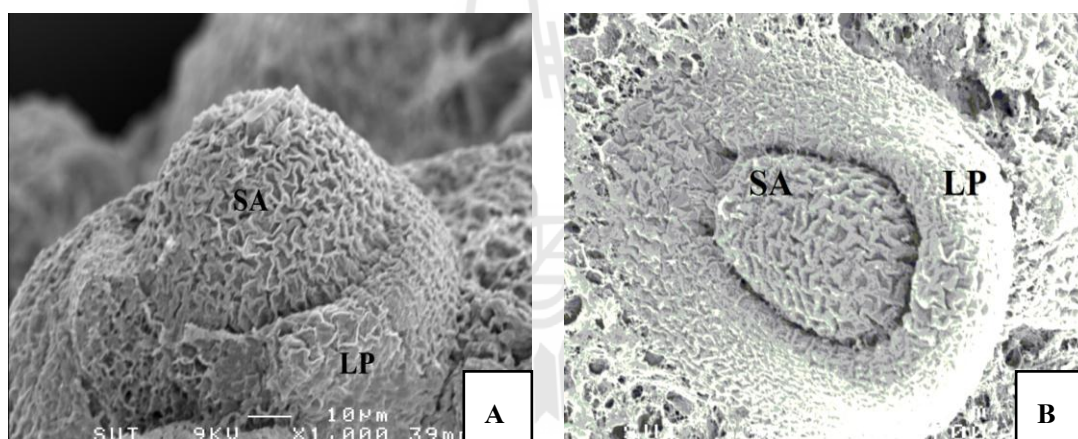
รูปที่ 4.2 พัฒนาการปลายยอดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทั้ง 4 ดำรับการทดลองที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติ ได้รับช่วงแสงเฉลี่ย 13.02 ชม. เป็นเวลา 20 วัน (A and B)
(SA= shoot apex, LP=leaf primordial)

ทุกดำรับการทดลองเมื่อข้าวอายุได้ 25 วัน ปลายยอดก็ยังคงมีลักษณะเป็นโดมรูปประฆังกว่าที่บริเวณฐานของโดมมีการสร้างปุ่มกำเนิดใบโอบล้อมปลายยอดไว้ ซึ่งแสดงว่าปลายยอดข้าวยังคงมีการพัฒนาสร้างปุ่มกำเนิดใบและเจริญเติบโตทางลำต้น โดยคงยังไม่มีการกำเนิดช่อดอก (ภาพที่ 4.3 A และ B)



รูปที่ 4.3 พัฒนาการปลายยอดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติ เมื่อได้รับช่วงแสง 10 ชม. และ 11 ชม. (A) ช่วงแสง 12 ชม. และสภาพธรรมชาติ ช่วงแสงเฉลี่ย 12.58 ชม. (B) เป็นเวลา 25 วัน (SA= shoot apex, LP=leaf primordial)

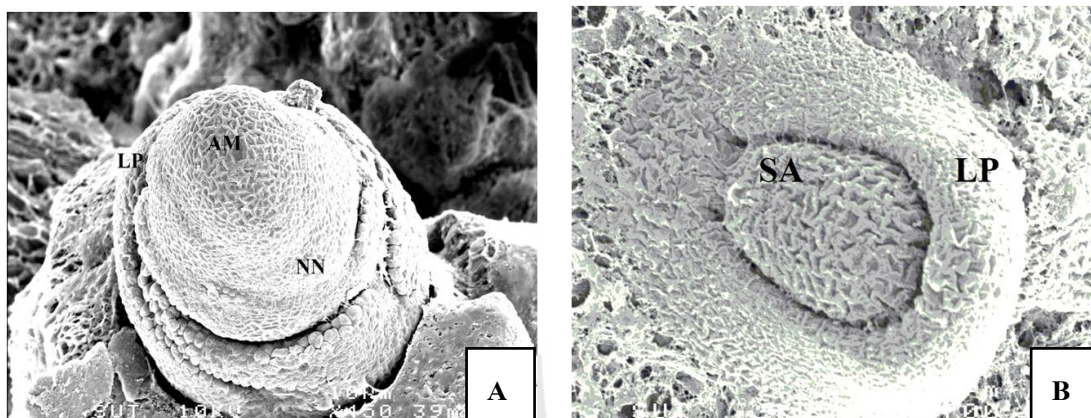
เมื่อข้าวอายุได้ 34 วัน ในตำรับการทดลองที่ 1 (10 ชม.) และตำรับการทดลองที่ 2 (11 ชม.) ได้รับช่วงแสงสั้นกว่าช่วงแสงวิกฤต ติดต่อกัน 14 วัน การเปลี่ยนแปลงของปลายยอดจะเริ่มปรากฏชัดเจน โดยบริเวณฐานของปลายยอดมีขนาดเพิ่มขึ้นและยืดยาวขึ้น และไม่ปรากฏการสร้างปุ่มกำเนิดใบ นอกจากนี้ เมื่อวัดขนาดความกว้างของฐานและความสูงของปลายยอด พบว่า มีความกว้างของฐานประมาณ 60 ไมครอน และสูงจากฐานถึงปลายยอดประมาณ 90 ไมครอน (ภาพที่ 4.4 A) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะของปลายยอดข้าวในตำรับการทดลองที่ 3 (12 ชม.) และตำรับการทดลองที่ 4 (สภาพธรรมชาติ) ได้รับช่วงแสงยาวกว่าช่วงแสงวิกฤต ซึ่งเมื่ออายุเท่ากันยังคงมีการสร้างปุ่มกำเนิดใบบริเวณฐานของโคนอยู่ ซึ่งหมายถึงยังคงมีการเจริญเติบโตทางลำต้นอยู่ เมื่อวัดขนาดความกว้างของฐานและความสูงของปลายยอด พบว่า มีความกว้างของฐาน 40 ไมครอน และความสูงของปลายยอด 70 ไมครอน (ภาพที่ 4.4 B)



รูปที่ 4.4 พัฒนาการปลายยอดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติเมื่อได้รับช่วงแสง 10 ชม. และ 11 ชม. (A) ช่วงแสง 12 ชม. และสภาพธรรมชาติช่วงแสงเฉลี่ย 12.50 ชม. (B) เป็นเวลา 34 วัน (SA= shoot apex, LP=leaf primordial)

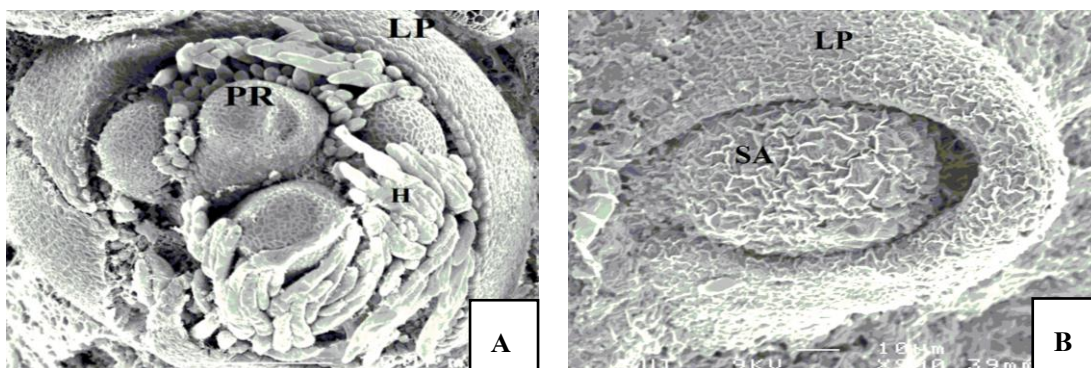
เมื่อข้าวอายุได้ 37 วัน ในตำรับการทดลองที่ 1 (10 ชม.) และตำรับการทดลองที่ 2 (11 ชม.) ได้รับช่วงแสงสั้นกว่าช่วงแสงวิกฤต ติดต่อกัน 17 วัน พบการเปลี่ยนแปลงของปลายยอด เพื่อกำเนิดช่อดอก โดยปลายยอดมีการสร้างปุ่มกำเนิดคอรวง ซึ่งปลายยอดมีขนาดใหญ่ ยึดตัว และปรากฏปุ่มกำเนิดคอรวงบริเวณฐานปลายยอดข้าว เมื่อวัดขนาดความกว้างของฐานและความสูงของปลายยอด พบว่า มีความกว้างของฐานประมาณ 100 ไมครอน และสูงจากฐานถึงปลายยอดประมาณ 120 ไมครอน (ภาพที่ 4.5 A) ในขณะที่ปลายยอดข้าวในตำรับการทดลองที่ 3 (12 ชม.) และตำรับการ

ทดลองที่ 4 (สภาพธรรมชาติ) ได้รับช่วงแสงยาวกว่าช่วงแสงวิกฤต เมื่ออายุเท่ากันยังคงมีการพัฒนาสร้างปมกำเนิดใบและมีการเจริญเติบโตทางลำต้นต่อไปเรื่อยๆ (ภาพที่ 4.5 B)



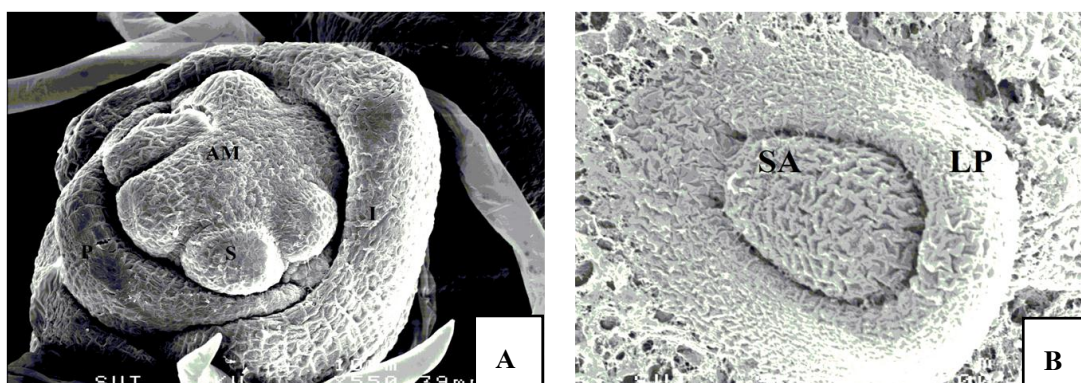
รูปที่ 4.5 พัฒนาการปลายยอดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติเมื่อได้รับช่วงแสง 10 ชม. และ 11 ชม. (A) ช่วงแสง 12 ชม. และสภาพธรรมชาติ ช่วงแสงเฉลี่ย 12.48 ชม. (B) เป็นเวลา 37 วัน (AM = apical meristem, SA= shoot apex, LP = leaf primordium, NN = neck node primordium)

เมื่อข้าวอายุ 40 วัน ในดำรับการทดลองที่ 1 (10 ชม.) และดำรับการทดลองที่ 2 (11 ชม.) ได้รับช่วงแสงสั้นกว่าช่วงแสงวิกฤต ติดต่อกัน 20 วัน พบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนบริเวณปลายยอดของข้าว โดยมีการสร้างปมกำเนิดแกนช่อดอกย่อยที่ 1 โดยจะมีขนสั้น ๆ เกิดขึ้นรอบ ปมกำเนิดแกนช่อดอกย่อยที่ 1 ซึ่งขนที่เห็นนั้นเกิดมาจากส่วนปลายของใบประดับรองรับแกนช่อดอกย่อยที่ 1 (ภาพที่ 4.6 A) ขณะที่ปลายยอดข้าวในดำรับการทดลองที่ 3 (12 ชม.) และดำรับการทดลองที่ 4 (สภาพธรรมชาติ) ได้รับช่วงแสงยาวกว่าช่วงแสงวิกฤต เมื่ออายุเท่ากันก็ยังคงสร้างปมกำเนิดใบและเจริญเติบโตทางลำต้นอยู่ (ภาพที่ 4.6 B)



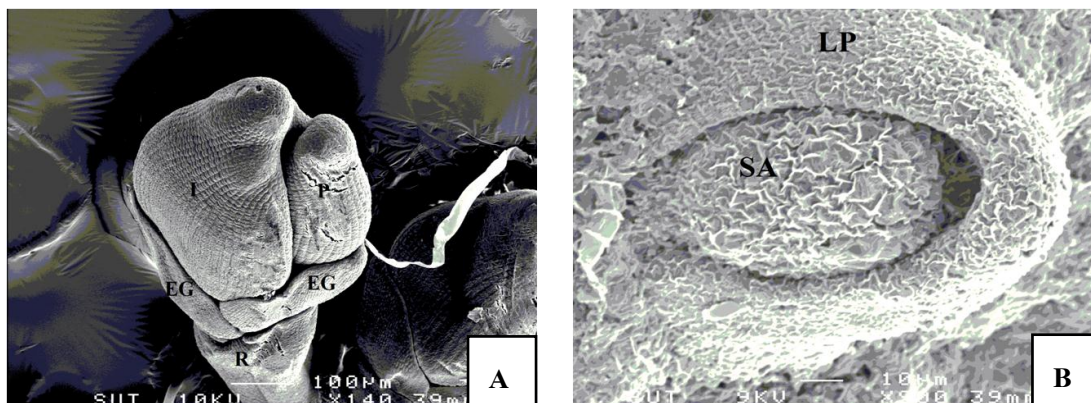
รูปที่ 4.6 พัฒนาการปลายยอดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติ เมื่อได้รับช่วงแสง 10 ชม. และ 11 ชม. (A) ช่วงแสง 12 ชม. และสภาพธรรมชาติ ช่วงแสงเฉลี่ย 12.43 ชม. (B) เป็นเวลา 40 วัน (H= hair, PR= primary rachis branch primordial, SA= shoot Apex, LP=leaf primordial)

จากนั้นเมื่อข้าวอายุได้ 43 วัน ในดำรับการทดลองที่ 1 (10 ชม.) และดำรับการทดลองที่ 2 (11 ชม.) ได้รับช่วงแสงสั้นกว่าช่วงแสงวิกฤต ติดต่อกัน 23 วัน จะมีการพัฒนาโครงสร้างของช่อดอกย่อย โดยพบการพัฒนา กาบช่อดอกย่อย, sterile lemma, กาบล่าง กาบบน และปุ่มกำเนิดโครงสร้างสืบพันธุ์ ได้แก่ ปุ่มกำเนิดเกสรเพศผู้แล้ว (ภาพที่ 4.7 A) ในขณะที่ปลายยอดข้าวในดำรับการทดลองที่ 3 (12 ชม.) และดำรับการทดลองที่ 4 (สภาพธรรมชาติ) ได้รับช่วงแสงยาวกว่าช่วงแสงวิกฤต (เมื่ออายุเท่ากัน ก็ยังคงสร้างปุ่มกำเนิดใบและเจริญเติบโตทางลำต้นอยู่ (ภาพที่ 4.7 B)



รูปที่ 4.7 พัฒนาการปลายยอดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติ เมื่อได้รับช่วงแสง 10 ชม. และ 11 ชม. (A) ช่วงแสง 12 ชม.และสภาพธรรมชาติ ช่วงแสงเฉลี่ย 12.39 ชม. (B) เป็นเวลา 43 วัน (I = lemma, P = palea, AM = apical meristem, S = stamen, LP= leaf primordial, SA= Shoot Apex)

ตลอดจนเมื่อข้าวมีอายุ 45 วัน ในดำรับการทดลองที่ 1 (10 ชม.) และ 2 (11 ชม.) ได้รับช่วงแสงสั้นกว่าช่วงแสงวิกฤต ติดต่อกัน 25 วัน จะมีการพัฒนาดอกย่อยจนเป็นช่อดอกที่สมบูรณ์แล้ว สังเกตได้จากโครงสร้างที่เป็นกาบบนและกาบล่าง หุ้มปิดโครงสร้างสืบพันธุ์ไว้ภายใน และเริ่มมีการยืดยาวของช่อดอก (ภาพที่ 4.8 A) ขณะเดียวกันปลายยอดข้าวในดำรับการทดลองที่ 3 (12 ชม.) และดำรับการทดลองที่ 4 (สภาพธรรมชาติ) ได้รับช่วงแสงยาวกว่าช่วงแสงวิกฤตเมื่ออายุเท่ากันก็ยังคงสร้างปุ่มกำเนิดใบและเจริญเติบโตทางลำต้นอยู่ (ภาพที่ 4.8 B)



รูปที่ 4.8 พัฒนาการปลายยอดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติ เมื่อได้รับช่วงแสง 10 ชม. และ 11 ชม. (A) ช่วงแสง 12 ชม. และสภาพธรรมชาติ ช่วงแสงเฉลี่ย 12.34 ชม. (B) เป็นเวลา 45 วัน (I = lemma P = palea, EG = empty glume, R = rudimentary glume, SA = shoot apex, LP = leaf primordial)

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ก่อนการพัฒนาไปสู่ระยะสร้างปมกำเนิดคอรวงจะเห็นว่ามี 3 วัน ก่อนการเกิดระยะสร้างปมกำเนิดคอรวงของทั้ง 4 ดำรับการทดลอง ปลายยอดที่พบจะมีการเพิ่มขึ้นทั้งขนาดความกว้างของฐานและความสูงของปลายยอดโดยมีความกว้างของฐาน $\times$ ความสูงของปลายยอดอยู่ที่ 60 $\times$ 90 ไมครอนเมื่อเปรียบเทียบกับปลายยอดที่อยู่ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น ความกว้างของฐาน $\times$ ความสูงของปลายยอดจะอยู่ที่ 40 $\times$ 70 ไมครอนและเมื่อเกิดระยะสร้างปมกำเนิดคอรวงจะพบว่าความกว้างของฐาน $\times$ ความสูงของปลายยอดจะอยู่ที่ 100 $\times$ 120 ไมครอน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ เขียวลักษณ์ ทองสีกา (2544) และกมรินทร์ และคณะ, (2548) โดย เขียวลักษณ์ ทองสีกา (2544) พบว่า ปลายยอดที่อยู่ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น จะมีความกว้างของฐาน $\times$ ความสูงของปลายยอดอยู่ที่ 40 $\times$ 70 ไมครอน ส่วน กมรินทร์ และคณะ, (2548) พบว่า ปลายยอดที่ยืดยาวเพิ่มขึ้นจะมีความกว้างของฐาน $\times$ ความสูงของปลายยอดอยู่ที่ 70 $\times$ 90 ไมครอนส่วนปลายยอดที่อยู่ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นความกว้างของฐาน $\times$ ความสูงของปลายยอดจะอยู่ที่ 50 $\times$ 70 ไมครอนและในระยะการสร้างปมกำเนิดคอรวงนั้น จะมีความกว้าง $\times$ ความสูงที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน คือกว้างประมาณ 100 ไมครอน และสูงของปลายยอดประมาณ 110 ไมครอน

ผลจากการศึกษาอิทธิพลของช่วงแสงต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานของปลายยอดข้าว พบว่าข้าวที่ปลูกภายใต้ช่วงแสงสั้นในดำรับการทดลองที่ 1 (10 ชม.) และดำรับการทดลองที่ 2 (11 ชม.) จะเกิดระยะสร้างปมกำเนิดคอรวงเมื่อข้าวมีอายุได้ 37 DAS และเกิดระยะสร้างปมกำเนิดแกนช่อดอกย่อยที่ 1 เมื่อข้าวมีอายุ 40 DAS ส่วนข้าวที่ปลูกภายใต้ช่วงแสงยาวในดำรับการทดลองที่

3 (12 ชม.) และได้รับการทดลองที่ 4 (สภาพธรรมชาติ) จะได้รับช่วงแสงยาวกว่าช่วงแสงวิกฤตไปจนถึงวันที่ 8 กันยายน 2553 เป็นผลให้ข้าวมีการเจริญเติบโตทางลำต้น เป็นเวลา 70 DAS และข้าวได้รับช่วงแสงสั้นกว่าแสงวิกฤต ในวันที่ 9 กันยายน 2553 เป็นต้นไป ส่งผลให้ข้าวทั้ง 2 ได้รับการทดลองเกิดระยะสร้างปมกำเนิดคอรวง เมื่อข้าวมีอายุ 82 DAS ซึ่งแสดงว่า ข้าวได้รับการกระตุ้นด้วยช่วงแสงสั้นกว่าแสงวิกฤต เป็นระยะเวลาติดต่อกันรวม 12 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ กมรินทร์ และคณะ (2548) ที่พบว่า เมื่อปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในสภาพธรรมชาติ จะมีระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น ประมาณ 23-25 วันก่อนได้รับการกระตุ้นให้เกิดระยะสร้างปมกำเนิดคอรวง ด้วยอิทธิพลของช่วงแสงที่ต่ำกว่าแสงวิกฤต ดังนั้นจะเห็นว่า การได้รับการทดลองที่ 1 (10 ชม.) และ การทดลองที่ 2 (11 ชม.) หากข้าวมีการเจริญเติบโตทางลำต้นเป็นระยะเวลารวมทั้งสิ้น 25 วัน จะใช้เวลา 12 วันกระตุ้นให้เกิดการสร้างปมกำเนิดคอรวงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองที่ 3 (12 ชม.) และ การทดลองที่ 4 (สภาพธรรมชาติ) และสอดคล้องกับ วรวิทย์ และคณะ (2529) ที่กล่าวว่า การให้ช่วงแสงที่ต่ำกว่าช่วงแสงวิกฤต 12 วันหลังจากการเจริญเติบโตทางลำต้นสามารถกระตุ้นให้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กำเนิดช่อดอกได้

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า การกำเนิดช่อดอกในระยะสร้างปมกำเนิดคอรวงโดยใช้กล้อง SEM ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Senanayake *et al.*, (1991); Takeoka *et al.*, (1993); Matsushima (1996) และ กมรินทร์ และคณะ (2548) ที่ระบุวันกำเนิดช่อดอก จากระยะสร้างปมกำเนิดคอรวงในขณะที่ Suge and Osada (1967); Xu and Vergara (1986) และ เขียวลักษณ์ ทองลิมา (2544) จะใช้ระยะสร้างปมกำเนิดแกนช่อดอกย่อยที่ 1 จากการใช้กล้อง stereo microscope เป็นวันกำเนิดช่อดอก ซึ่งการใช้ระยะสร้างปมกำเนิดแกนช่อดอกย่อยที่ 1 จากการใช้กล้อง stereo microscope จะมีระยะเวลาหลังการสร้างปมกำเนิดคอรวง 3 วันจากการใช้กล้อง SEM

4.1.4 จำนวนรอบของช่วงแสงสั้นที่มีต่อการกำเนิดช่อดอก (PI)

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลความยาวของช่วงแสงที่ข้าวได้รับตั้งแต่ปลูกจนกำเนิดช่อดอก (ตารางที่ 4.2) พบว่า ข้าวในทุกการทดลองช่วงอายุ 20 วันแรก จะเจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติ ซึ่งช่วงแสงยาวกว่าช่วงแสงวิกฤต โดยจะได้รับช่วงแสงยาวเฉลี่ย 13.09 ชม./วัน เมื่อคลุมผ้าดำในการทดลองที่ 1-3 เพื่อกำหนดให้ได้รับแสงตามกำหนดคือ 10 11 และ 12 ชม./วัน ตามลำดับ พบว่าหลังจากคลุมผ้าเป็นเวลา 17 วันข้าวในการทดลองที่ 1 (10 ชม.) และ การทดลองที่ 2 (11 ชม.) มีการกำเนิดช่อดอกขึ้น ส่วนการทดลองที่ 3 (12 ชม.) และ การทดลองที่ 4 (สภาพธรรมชาติ) จะเจริญเติบโตในช่วงแสงยาวก่อนเริ่มการทดลอง 20 วัน บวกกับเวลาในช่วงทดลองอีก 50 วัน รวมเป็นเวลา 70 วัน นับตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2553 ถึง 8 กันยายน 2553 โดยได้รับช่วงแสงยาวเฉลี่ย 12.19 และ 12.40 ชม./วัน ตามลำดับ จากนั้นจะเข้าสู่ช่วงของแสงสั้นกว่าช่วงแสงวิกฤตตามธรรมชาติซึ่งเริ่มในวันที่ 9 กันยายน 2553 โดยเริ่มจากการได้รับช่วงแสง 11.50 ชม./วัน ไปจนถึง

11.49 ชม./วัน เป็นเวลาติดต่อกัน 12 วัน ทำให้มีการกำเนิดช่อดอกขึ้น เมื่ออายุได้ 82 วัน เท่ากันทั้ง 2 ดำรับการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับ วรวิทย์ และคณะ (2529) ที่กล่าวว่า การให้ช่วงแสงที่ต่ำกว่าช่วงแสงวิกฤติ 12 วันหลังจากการเจริญเติบโตทางลำต้นสามารถกระตุ้นให้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กำเนิดช่อดอกได้

ตารางที่ 4.2 ความยาวของช่วงแสงที่ข้าวได้รับตั้งแต่ปลูกจนกำเนิดช่อดอก (PI)

ดำรับการทดลอง	ช่วงแสงที่ได้รับต่อวัน (เฉลี่ย)			
	แสงยาว (ชม)	จำนวนรอบ (วัน)	แสงสั้น (ชม)	จำนวนรอบ (วัน)
แสง 10 ชั่วโมง	13.09	20	10.00	17
แสง 11 ชั่วโมง	13.09	20	10.00	17
แสง 12 ชั่วโมง	13.09 + 12.00	20 + 50	< 11.52	12
สภาพธรรมชาติ	12.40	70	< 11.52	12

4.1.5 อิทธิพลของอุณหภูมิสะสมต่อการพัฒนาการของข้าวภายใต้ช่วงแสงที่ต่างกัน

เมื่อเก็บข้อมูลอุณหภูมิสะสมในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ตั้งแต่ปลูกจนถึงสุกแก่ พบว่า ข้าวในดำรับการทดลองที่ 1 (10 ชม.) และดำรับการทดลองที่ 2 (11 ชม.) ที่เจริญเติบโตในสภาพช่วงแสงสั้นกว่าช่วงแสงวิกฤติตั้งแต่ปลูกจนถึงระยะกำเนิดช่อดอกจะได้รับอุณหภูมิสะสมเท่ากัน ซึ่งจะแตกต่างจากข้าวในดำรับการทดลองที่ 3 (12 ชม.) และดำรับการทดลองที่ 4 (สภาพธรรมชาติ) ที่เจริญเติบโตในสภาพช่วงแสงยาวกว่าช่วงแสงวิกฤติ ซึ่งจะได้รับอุณหภูมิสะสมเท่ากันเช่นกัน แต่อุณหภูมิสะสมจนถึงระยะสิ้นสุดการเจริญเติบโต ทางลำต้นจะมากกว่าข้าวที่เจริญเติบโตในสภาพช่วงแสงสั้นอยู่มาก ซึ่งก็เป็นผลมาจากความยาววันแต่หลังจากข้าวกำเนิดช่อดอกแล้ว ไม่ว่าข้าวจะได้รับช่วงแสงสั้น หรือยาวกว่าช่วงแสงวิกฤติ พัฒนาการของข้าว ตั้งแต่ระยะออกดอกจนถึงสุกแก่จะมีอุณหภูมิสะสมในทุกดำรับการทดลองไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 อุณหภูมิสะสมที่ข้าวได้รับในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวในแต่ละตำรับการทดลอง

ตำรับการทดลอง	อุณหภูมิสะสม (Growing degree days, °d)				
	S to End of V	End of V to PI	PI to F	F to M	รวม
1 (แสง 10 ชม.)	511.95	229.15	562.35	864.63	2,168.08
2 (แสง 11 ชม.)	511.95	229.15	562.35	864.63	2,168.08
3 (แสง 12 ชม.)	1,037.75	239.95	570.73	872.37	2,720.80
4 (สภาพธรรมชาติ)	1,037.75	239.95	570.73	872.37	2,720.80

หมายเหตุ : S = ปลูก End of V = ระยะสิ้นสุดการเจริญเติบโตทางลำต้น F = ออกดอก และ M = เก็บเกี่ยว

การทดลองในครั้งนี้พบว่า การเจริญเติบโตภายใต้ช่วงแสงธรรมชาติเป็นเวลา 20 วันไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตทางลำต้นของข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 เพราะเมื่อคลุมแสงแล้วจะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นต่อไปอีก 5 วัน คืออายุข้าวได้ 25 วัน เช่นเดียวกับ กมรินทร์ และคณะ, (2548) ที่ว่าการปลูกข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ในสภาพธรรมชาติ จะมีระยะ BVP หรือระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น ประมาณ 23-25 วัน จากนั้นจะถูกกระตุ้นด้วยช่วงแสงสั้นกว่าแสงวิกฤตจำนวน 12 วัน ซึ่งเพียงพอสำหรับทำให้ข้าวกำเนิดช่อดอกได้โดยสอดคล้องกับการทดลองของ วรวิทย์ และคณะ (2529) และกมรินทร์ และคณะ (2548) ที่ว่าการให้ช่วงแสงที่ต่ำกว่าช่วงแสงวิกฤตจำนวน 12 วันหลังจากการเจริญเติบโตทางลำต้น สามารถกระตุ้นให้ข้าวข้าวดอกมะลิ 105 กำเนิดช่อดอกได้

4.1.6 อิทธิพลของช่วงแสงต่อการพัฒนาการของข้าว (DAS) ระยะกำเนิดช่อดอกจนถึงระยะเก็บเกี่ยวและผลผลิต

จากผลการวิเคราะห์พัฒนาการของข้าวทั้ง 4 ตำรับการทดลอง (ตารางที่ 4.4) พบว่า เกิดความแตกต่างเฉพาะช่วงการพัฒนาทางลำต้นของข้าวภายใต้ตำรับการทดลองที่ 1 (10 ชม.) และตำรับการทดลองที่ 2 (11 ชม.) ช่วงแสงน้อยกว่าช่วงแสงวิกฤต ใช้เวลาพัฒนาการตั้งแต่ปลูกจนถึงวันกำเนิดช่อดอก 37 วัน ในขณะที่ตำรับการทดลองที่ 3 (12 ชม.) และตำรับการทดลองที่ 4 (สภาพธรรมชาติ) ช่วงแสงมากกว่าช่วงแสงวิกฤต ใช้เวลาพัฒนาการตั้งแต่ปลูกจนถึงวันกำเนิดช่อดอก 82 วัน แตกต่างกัน 45 วัน ซึ่งมีผลให้การวิเคราะห์พัฒนาการของข้าว วันกำเนิดช่อดอก ถึง วันเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ตำรับการทดลองที่ 1 (10 ชม.) และตำรับการทดลองที่ 2 (11 ชม.) ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ และตำรับการทดลองที่ 3 (12 ชม.) และตำรับการทดลองที่ 4 (สภาพธรรมชาติ) ก็ให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่ตำรับการทดลองที่ 3 (12 ชม.) และตำรับการทดลองที่ 4 (สภาพธรรมชาติ) มีจำนวนวันในการพัฒนา วันกำเนิดช่อดอก ถึงวันเก็บเกี่ยว มากกว่าตำรับการทดลองที่ 1

(10 ชม.) และดำรับการทดลองที่ 2 (11 ชม.) 45 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลผลิตของข้าวที่ได้รับช่วงแสงมากกว่า ช่วงแสงวิกฤต ดำรับการทดลองที่ 3 (12 ชม.) 475 กก./ไร่ และ ดำรับการทดลองที่ 4 (สภาพธรรมชาติ) 474 กก./ไร่ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ผลผลิตมากกว่า ดำรับการทดลองที่ 1 (10 ชม.) 451 กก./ไร่ และดำรับการทดลองที่ 2 (11 ชม.) 447 กก./ไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสาเหตุที่ข้าวในดำรับการทดลองที่ 3 (12 ชม.) และดำรับการทดลองที่ 4 (สภาพธรรมชาติ) มีผลผลิตแตกต่างจากดำรับการทดลองดำรับการทดลองที่ 1 (10 ชม.) และดำรับการทดลองที่ 2 (11 ชม.) ไม่มากทั้งที่ควรจะเป็นเท่าตัว เมื่อใช้เกณฑ์พิจารณาจากช่วงระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นที่แตกต่างกันมากถึง 45 วันซึ่งเป็นผลมาจากการทดลองครั้งนี้ เป็นการทดลองโดยการปลูกข้าวในกระถางขนาด 12 นิ้ว ใช้อัตรา 6 ต้น/กระถาง จึงทำให้ข้าวถูกจำกัดด้วยขนาดของกระถาง ทำให้การแตกกอไม่ดีเท่าที่ควร เพราะมีจำนวนต้นในกระถางมาก จึงทำให้ผลผลิตของดำรับการทดลองที่ 3 (12 ชม.) และดำรับการทดลองที่ 4 (สภาพธรรมชาติ) แตกต่างจากดำรับการทดลองที่ 1 (10 ชม.) และดำรับการทดลองที่ 2 (11 ชม.) ไม่มากนัก ทั้งที่มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตทางลำต้นที่นานกว่า

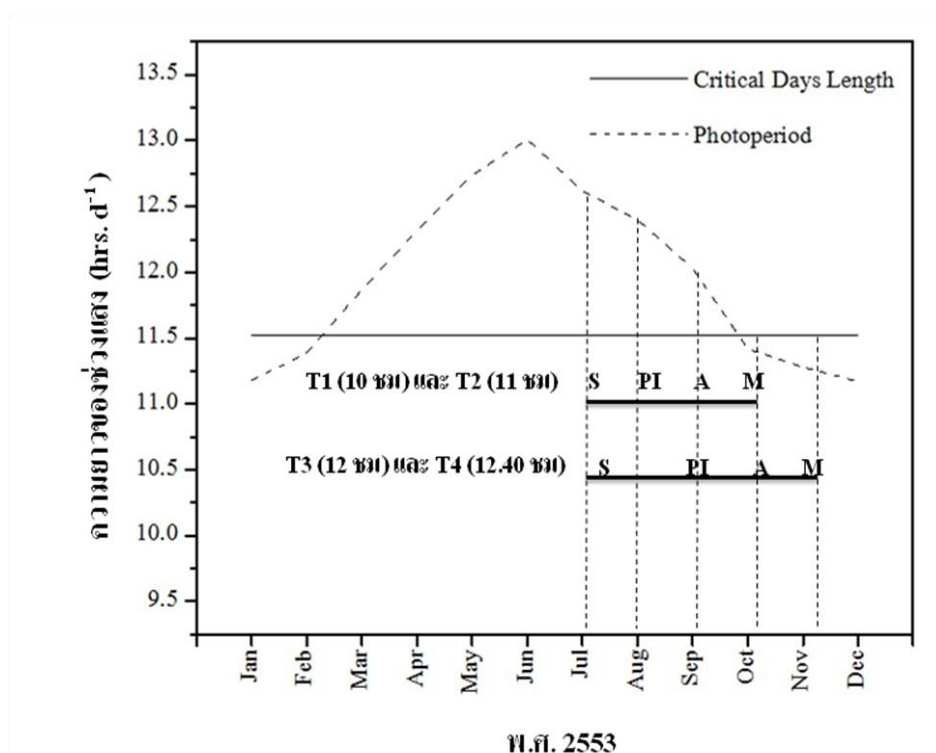
ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์พัฒนาการของข้าว (DAS) ตั้งแต่กำเนิดช่อดอกจนถึงเก็บเกี่ยวและผลผลิตการทดลองที่ 1

ดำรับการ ทดลอง	วันกำเนิด ช่อดอก ¹	วันออก ดอกแรก ¹	วันออก ดอก 50 % ¹	วันออกดอก 100 % ¹	วันเก็บ เกี่ยว ¹	ผลผลิต (กรัม/ ตรม) ¹
แสง 10 ชม.	37b	61b	70b	80b	107b	281.87b
แสง 11 ชม.	37b	61b	70b	80b	107b	279.37c
แสง 12 ชม.	82a	106a	115a	125a	153a	296.25a
สภาพธรรมชาติ	82a	106a	115a	125a	153a	296.87a
F-test	*	*	*	*	*	**
C.V. (%)	3.45	2.54	3.12	2.03	3.17	1.17

¹ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

4.1.7 สรุปผลการทดลองและการนำไปใช้ประโยชน์

พัฒนาการของข้าวทั้ง 4 ดำรับการทดลองจะมีระยะเวลาที่แตกต่างกันเฉพาะในส่วน of ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นถึงระยะการกำเนิดช่อดอกเท่านั้นส่วนระยะอื่นคือตั้งแต่กำเนิดช่อดอกแล้วไปจนถึงระยะออกดอกและสุกแก่จะใช้เวลาในการพัฒนาที่ไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 4.9)



รูปที่ 4.9 แสดงพัฒนาการของข้าวภายใต้สภาพช่วงแสงที่ต่างกัน

จากการทดลองพบเกณฑ์ เพื่อใช้ในการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของปลายยอดข้าว จาก ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นสู่ระยะการสืบพันธุ์ 2 เกณฑ์ ได้แก่

1) การใช้ระยะพัฒนาการของปลายยอดข้าว โดยในการทดลองที่ 1 และ 2 ใช้ระยะสร้างปมกำเนิดคอร์ว เป็นระยะกำเนิดช่อดอก ซึ่งการใช้เกณฑ์ในระยะต่างๆ ดังกล่าวมีความชัดเจนมากเมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานภายใต้กล้อง SEM

2) การใช้ขนาดของปลายยอด โดยสามารถสังเกตจากความกว้างและความสูงของปลายยอดได้ ซึ่งปลายยอดที่อยู่ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นนั้นจะมีความกว้าง × ความสูงประมาณ 40×60 ไมครอน ในขณะที่ปลายยอดข้าวที่เริ่มพัฒนาเข้าสู่ระยะสืบพันธุ์จะมีความกว้าง× ความสูงประมาณ 70×90 ไมครอน และปลายยอดที่พัฒนาเข้าสู่ระยะสร้างปมกำเนิดคอร์ว นั้น จะมีความกว้างที่มากกว่า 100 ไมครอนขึ้นไปและความสูงประมาณ 120 ไมครอนขึ้นไป แต่การใช้เกณฑ์นี้ อาจมีข้อเสีย

ในบางกรณี เนื่องจากความกว้างและความสูงของปลายยอดข้าวนั้น อาจมีความผันแปรตามความสมบูรณ์ในการเจริญเติบโตของต้นข้าวได้ ดังนั้น จึงควรใช้เกณฑ์ที่ 1) ประกอบด้วย ซึ่งจะเพิ่มความแม่นยำในการระบุการกำเนิดดอกมากขึ้น นอกจากนี้หากทำการศึกษาปลายยอดข้าวภายใต้กล้อง stereo microscope อาจเกิดความไม่สะดวกในการใช้เกณฑ์นี้ ถึงแม้กล้องชนิดนี้จะมีข้อดีคือ การใช้งานที่ง่าย แต่เนื่องจากกล้องชนิดนี้มีกำลังขยายที่ไม่มาก ทำให้เห็นเพียงระยะการพัฒนารูปของปลายยอดเท่านั้น อีกทั้งการวัดขนาดอาจทำได้ไม่แม่นยำ ส่วนการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด สามารถศึกษารายละเอียดโครงสร้างของปลายยอดข้าวได้อย่างชัดเจน และแม่นยำเนื่องจากสามารถเห็นภาพได้สามมิติ และสามารถหมุนภาพได้โดยรอบ แต่ข้อเสียของการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดก็คือ ค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูงในเรื่องของราคาสารเคมี และอัตราการใช้บริการในการเตรียมตัวอย่างและถ่ายภาพ

4.2 การทดลองที่ 2 การปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 นอกฤดู

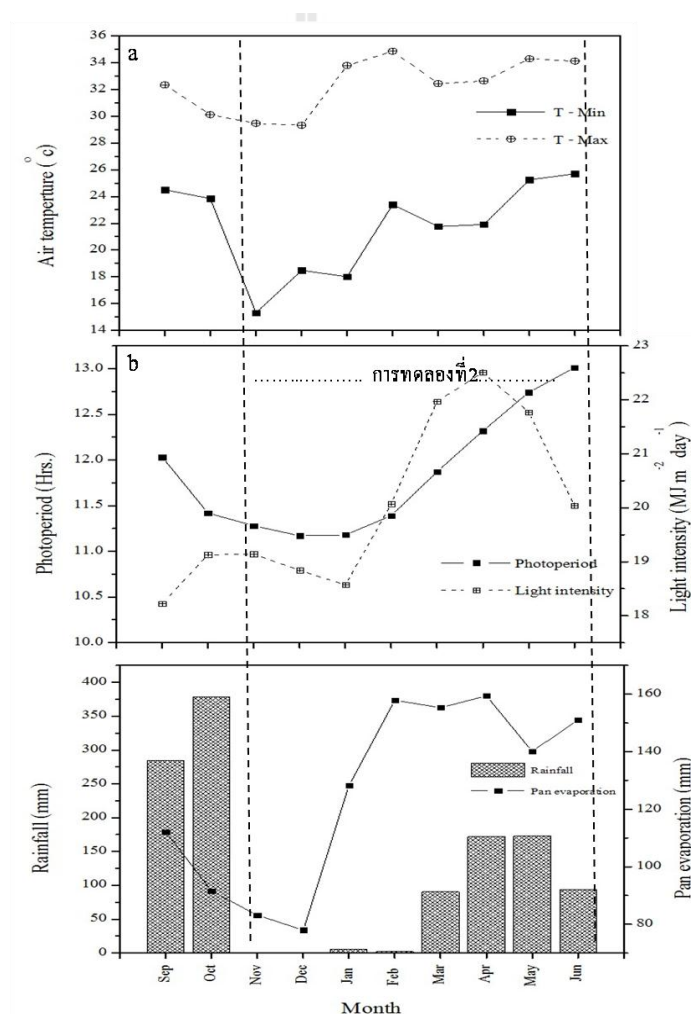
4.2.1 สภาพภูมิอากาศ

การทดลองที่ 2 ทำการทดลองช่วงระหว่างวันที่ 5 พฤศจิกายน 2553 ถึงวันที่ 30 มิถุนายน 2554 จะพบว่า ข้าวที่ทำการทดลองเจริญเติบโตอยู่ในช่วงของอุณหภูมิที่เหมาะสมเป็นส่วนใหญ่ซึ่งไม่สูงหรือต่ำเกินไปส่วนใหญ่ จะอยู่ที่ $15^{\circ}\text{C} - 34^{\circ}\text{C}$ แต่อุณหภูมิจะสูงมากกว่า 35°C ในเดือนเมษายน 2554 โดยมีอุณหภูมิสูงประมาณ $36.9^{\circ}\text{C} - 37.7^{\circ}\text{C}$ (ภาพที่ 4.10 a.) ส่วนความยาวของช่วงแสง จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจาก 11.37 ชม./วัน ในเดือนพฤศจิกายน จนสูงกว่า 11.52 ชม./วันในเดือนมีนาคม (ประมาณวันที่ 4 มีนาคม 2554) และยังคงเพิ่มขึ้นถึง 13.30 ชม./วันในเดือนมิถุนายน 2554 โดยความเข้มแสงจะสูงต่ำตามความยาวของช่วงแสงในแต่ละวัน และความเข้มแสงจะเพิ่มขึ้น เมื่ออยู่ในช่วงของฤดูร้อนเนื่องจากไม่มีเมฆบดบังแสงแดด ดังนั้นจะพบว่า ในการทดลองที่ 2 ความเข้มแสงจะอยู่ในช่วง $18 - 22.5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (ภาพที่ 4.10 b.) ซึ่งมีความเข้มแสงจะมากกว่าการทดลองที่ 1 สำหรับปริมาณน้ำฝน และการระเหยของน้ำพบว่า เมื่อมีปริมาณน้ำฝนลดลงทำให้การระเหยของน้ำเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเดือนเมษายนจะมีการระเหยของน้ำมากที่สุด (ภาพที่ 4.10 c.)

4.2.2 การพัฒนาใบข้าวภายใต้ความยาวช่วงของแสงสั้น

จากตารางที่ 4.5 ข้อมูลการเกิดใบข้าวแต่ละใบในแต่ละดำรับการทดลองพบว่า ดำรับการทดลองที่ 1-4 (พฤศจิกายน ถึง กุมภาพันธ์) หลังจากเพาะข้าวเป็นเวลา 4 วัน ข้าวเริ่มมีใบจริงใบแรกปรากฏ หลังจากนั้นจะมีใบเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งทั้ง 4 ดำรับการทดลองระยะเวลาในการเกิดใบแต่ละใบจะตรงกับช่วงของแสงสั้นกว่าแสงวิกฤต จึงทำให้การพัฒนาของใบทั้ง 4 ดำรับการทดลองมีการพัฒนาที่คล้ายคลึงกันคือ การเกิดใบแต่ละใบตั้งแต่ใบที่ 1-4 และ ใบที่ 15-18 จะใช้เวลา 3 วันในการพัฒนาใบแต่ละใบ ในส่วนของการเกิดใบที่ 5-14 และ 19-21 การเกิดใบแต่ละใบจะพัฒนาเร็วมาก

โดยใช้เวลาเพียง 2 วันในการพัฒนาใบแต่ละใบ แต่ทั้งนี้การพัฒนาใบช้าในตำรับการทดลองที่ 4 คือ ปลูกในเดือนกุมภาพันธ์จะแตกต่างจากตำรับการทดลองอื่นเล็กน้อย โดยการเกิดใบที่ 14 ตำรับการทดลองอื่นจะใช้เวลา 3 วัน แต่ตำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) จะใช้เวลาเพียง 2 วัน และใบ 19 ตำรับการทดลองอื่นจะใช้เวลาเพียง 2 วัน ส่วนตำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) จะใช้เวลา 3 วัน ซึ่งระยะเวลารวมในการพัฒนาใบ จะต่างจากตำรับการทดลองอื่นเป็นเวลา 2-3 วัน (ตารางที่ 4.5) ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดใบที่ 14 และ 19 จะตรงกับช่วงของแสงยาวกว่าแสงวิกฤต จึงทำให้การพัฒนาใบช้ากว่าตำรับการทดลองอื่น



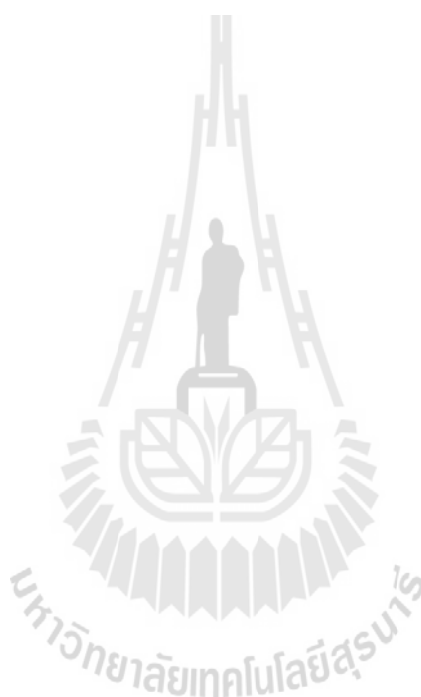
รูปที่ 4.10 แสดงภูมิอากาศ เดือนกันยายน 2553 – มิถุนายน 2554

a). อุณหภูมิสูง-ต่ำเฉลี่ยรายเดือน

b). ความยาวของช่วงแสง (ชม./วัน) และความเข้มแสง (MJ m⁻² d⁻¹) เฉลี่ยรายวัน และ

c). ปริมาณน้ำฝนและการระเหยน้ำรวมแต่ละเดือน (มม.)

โดยทั้ง 4 ดำรับการทดลอง เมื่อถึงระยะกำเนิดช่อดอกพบว่า จะมีจำนวนใบเท่ากันที่ 14 ใบและมีจำนวนใบในระยะนี้เท่ากับการทดลองที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Yin *et al.*, (1997) ที่ศึกษาจำนวนใบข้าวในระยะกำเนิดช่อดอกพบว่า ข้าวที่เป็น strong photoperiod sensitive ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 คือมีการเจริญทางลำต้นต่อไปเรื่อย ๆ และไม่มีการกำเนิดช่อดอกหากได้รับช่วงแสงที่ยาวกว่าช่วงแสงวิกฤต การเจริญเติบโตภายใต้แสงสั้น (9-11 ชม./วัน) ในระยะกำเนิดช่อดอกจะมีจำนวนใบอยู่ที่ 13-14 ใบ และทุกดำรับการทดลองจะมีใบสุดท้ายคือ ใบธงเป็นใบที่ 22 เท่ากันและมีจำนวนเท่ากับการทดลองที่ 1

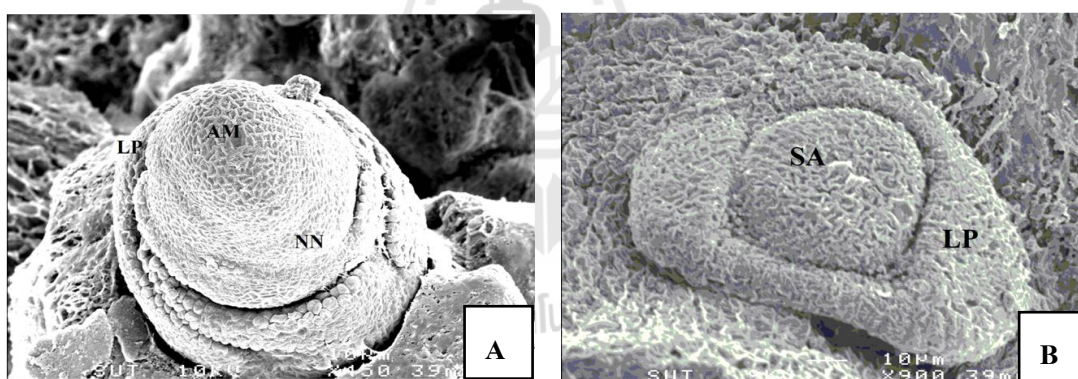


ตารางที่ 4.5 แสดงวันหลังปลูก (DAS) ที่พัฒนาการเกิดใบแต่ละใบ และช่วงแสงเฉลี่ยที่ข้าวได้รับ ในการเกิดใบที่ 1-21 ในแต่ละตำรับการทดลอง

กิจกรรม	ระยะเวลาการเกิดใบ (DAS)					ช่วงแสงเฉลี่ย (ชม./วัน)			
	ใบที่	ตำรับการทดลอง				ตำรับการทดลอง			
		(1) พ.ย.	(2) ธ.ค.	(3) ม.ค.	(4) ก.พ.	(1) พ.ย.	(2) ธ.ค.	(3) ม.ค.	(4) ก.พ.
	1	7	7	7	7	11.39	11.35	11.21	11.21
	2	10	10	10	10	11.39	11.35	11.21	11.22
	3	13	13	13	13	11.39	11.33	11.20	11.21
	4	16	16	16	16	11.39	11.32	11.20	11.23
	5	18	18	18	18	11.39	11.30	11.21	11.27
	6	20	20	20	20	11.39	11.30	11.21	11.29
	7	22	22	22	22	11.39	11.29	11.22	11.30
	8	24	24	24	24	11.39	11.28	11.21	11.32
	9	26	26	26	26	11.39	11.26	11.23	11.35
	10	28	28	28	28	11.39	11.24	11.27	11.38
	11	30	30	30	30	11.39	11.21	11.29	11.41
	12	32	32	32	32	11.38	11.20	11.30	11.44
	13	34	34	34	34	11.37	11.19	11.32	11.47
เกิด PI	14	36	36	36	37	11.35	11.21	11.35	11.49
	15	39	39	39	40	11.33	11.21	11.38	11.52
	16	42	42	42	43	11.30	11.20	11.41	11.53
	17	45	45	45	46	11.28	11.21	11.44	11.54
	18	47	48	48	49	11.26	11.21	11.47	12.13
	19	49	50	50	52	11.24	11.21	11.49	12.15
	20	51	52	52	54	11.21	11.27	11.52	12.18
	21	53	54	54	56	11.20	11.28	11.54	12.21

4.2.3 ลักษณะทางสัณฐานของปลายยอดข้าว ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM)

เมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของปลายยอดโดยการใ้กล้อง SEM ซึ่งใช้ระยะสร้างปุ่มกำเนิดคอร์ว เป็นระยะกำเนิดช่อดอกพบว่า ปลายยอดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เจริญเติบโตภายใต้ช่วงแสงธรรมชาติในเดือนพฤศจิกายน ถึงมีนาคม เมื่อข้าวได้รับช่วงแสงสั้นเฉลี่ย 11.24 11.18 11.26 11.46 และ 12.24 ชม./วัน ตามลำดับพบว่า ข้าวที่ปลูกในตำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) ตำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) และตำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) ใช้เวลา 36 วัน จึงกำเนิดช่อดอก ส่วนข้าวในตำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) ใช้เวลา 37 วัน เมื่อวัดขนาดความกว้างของฐาน และความสูงของปลายยอดพบว่า มีความกว้างของฐานประมาณ 100 ไมครอนและสูงจากฐานถึงปลายยอดประมาณ 120 ไมครอน (ภาพที่ 4.11A) ยกเว้นตำรับการทดลองที่ 5 (มีนาคม) ยังคงมีการเจริญเติบโตทางลำต้นต่อไป แม้ว่าอายุ 150 DAS (ภาพที่ 4.11B) จากผลการทดลองพบว่า การปลูกข้าวนอกฤดู จะสามารถทำการปลูกได้ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึงกุมภาพันธ์ เนื่องจากข้าวที่ปลูกในเดือนมีนาคม ถึงแม้เวลาจะผ่าน 150 วันก็ยังไม่กำเนิดช่อดอก



รูปที่ 4.11 พัฒนาการปลายยอดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ ในสภาพธรรมชาติ เมื่อได้รับช่วงแสงเฉลี่ย 11.24, 11.18, 11.26 และ 11.46 ชม./วัน (A) และปลูกในเดือนมีนาคมได้รับช่วงแสงเฉลี่ย 12.24 ชม./วัน (B) เป็นเวลา 36 วัน (AM = apical meristem, SA= shoot apex, LP=leaf primordium, NN = neck node primordium)

4.2.4 อิทธิพลของช่วงแสงสั้นกว่าช่วงแสงวิกฤตที่มีต่อการกำเนิดช่อดอก (PI)

จากตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่า ข้าวในตำรับการทดลองที่ 1-4 คือ ข้าวที่ปลูกในเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนกุมภาพันธ์ ข้าวเจริญเติบโตภายใต้ช่วงแสงสั้นกว่าช่วงแสงวิกฤต จึงมีการ

ก้านิดช่อดอก ส่วนข้าวที่ปลูกในตำรับการทดลองที่ 5 (มีนาคม) ไม่สามารถก้านิดช่อดอกได้ ถึงแม้ อายุข้าว 150 วันหลังปลูก เนื่องจากมีการเจริญเติบโตอยู่ในช่วงแสงที่มากกว่าช่วงแสงวิกฤต สำหรับ ข้าวที่ก้านิดช่อดอก หลังจากระยะก้านิดช่อดอกถึงออกดอก รวมไปถึงระยะสุกแก่ นั้นพบว่า ข้าวที่ ปลูกในตำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) และตำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) ตลอดทุกระยะ จะ ได้รับช่วงแสงสั้นกว่าช่วงแสงวิกฤต จึงทำให้ข้าวออกดอกและสุกแก่ได้ ส่วนข้าวที่ปลูกในตำรับการ ทดลองที่ 3 (มกราคม) และตำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) จะเห็นว่า ช่วงแสงที่ได้รับในระยะ ออกดอกถึงสุกแก่ นั้น ค่าเฉลี่ยมากกว่าช่วงแสงวิกฤตแต่สามารถออกดอก และสุกแก่ได้ซึ่งเป็นผลมา จาก เมื่อข้าวมีการก้านิดช่อดอกแล้วการได้รับช่วงแสงสั้น หรือยาวกว่าช่วงแสงวิกฤตก็ไม่มีผลต่อ การออกดอกและสุกแก่ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ มาณี วิวัฒน์วงศ์วนา (2533) ที่รายงานว่ เมื่อพืชมีการพัฒนาเป็นตาดอกแล้วไม่สามารถเปลี่ยนกลับเป็นตาใบได้อีก

ตารางที่ 4.6 แสดงช่วงแสง (ชม./วัน) เฉลี่ยในแต่ละช่วงของพัฒนาการของข้าว

ตำรับการทดลอง	ช่วงแสงที่ได้รับ (ชม./วัน)		
	Sowing to PI	PI to Flowering	Flowering to Maturity
20 พ.ย. 53	11.24	11.21	11.26
20 ธ.ค. 53	11.18	11.24	11.32
20 ม.ค. 54	11.26	11.30	12.19
20 ก.พ. 54	11.46	12.08	12.28
20 มี.ค. 54	12.22	12.41	12.53

4.2.5 อิทธิพลของอุณหภูมิสะสมต่อพัฒนาการของข้าว ภายใต้ช่วงแสงสั้นกว่า ช่วงแสง วิกฤต

ข้อมูลอุณหภูมิสะสมในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ตั้งแต่ปลูกจนถึงสุกแก่พบว่า ข้าวใน ตำรับการทดลองที่ 1-4 (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) ที่เจริญเติบโตในสภาพช่วงแสงสั้น ตั้งแต่ปลูก จนถึงระยะก้านิดช่อดอกจะได้รับอุณหภูมิสะสมไม่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อข้าวก้านิดช่อดอกแล้ว ก็จะ พบว่าอุณหภูมิสะสม ตั้งแต่ก้านิดช่อดอกจนถึงระยะสุกแก่ในแต่ละตำรับการทดลอง มีค่าใกล้เคียง กันเช่นกัน ซึ่งจะแตกต่างจากข้าวในตำรับการทดลองที่ 5 คือข้าวที่ปลูกในเดือนมีนาคม ตรงกับช่วง แสงยาวกว่าช่วงแสงวิกฤตทำให้ข้าวไม่ก้านิดช่อดอก ถึงแม้จะมีอายุได้ 150 วัน และมีอุณหภูมิ สะสมเกินระดับที่ทำให้ข้าวออกดอกได้ก็ตาม (ตารางที่ 4.7) ดังนั้น จะเห็นว่า ช่วงแสงสั้นกว่าช่วง แสงวิกฤตมีอิทธิพลเหนืออุณหภูมิสะสม เนื่องจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวไวต่อช่วงแสง

ส่วน ศักดิ์ดา และคณะ (2554) กล่าวว่า พืชที่ไม่ไวต่อช่วงแสง พัฒนาการจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสะสมเพียงปัจจัยเดียว โดยข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูง พัฒนาการของข้าวจะเร็วกว่า ที่ได้รับอุณหภูมิต่ำหากเจริญเติบโตภายใต้ช่วงแสงเดียวกัน

ตารางที่ 4.7 อุณหภูมิสะสมที่ข้าวได้รับในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวในแต่ละตำรับการทดลอง

ตำรับการทดลอง	อุณหภูมิสะสม (Degree days, °d)				
	S to End of V	End of V to PI	PI to F	F to M	รวม
20 พ.ย. 53	491.43	194.60	542.35	851.81	2,080.19
20 ธ.ค. 53	482.84	179.56	562.35	867.53	2,092.28
20 ม.ค. 54	491.04	180.60	555.73	877.45	2,104.82
20 ก.พ. 54	498.66	196.58	543.32	901.26	2,139.82
20 มี.ค. 54	ไม่ปรากฏการกำเนิดช่อดอกที่ 150 วันหลังปลูก				4,426.98

หมายเหตุ : S = ปลูก End of V = ระยะสิ้นสุดการเจริญเติบโตทางลำต้น F = ออกดอก และ M = เก็บเกี่ยว

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของพัฒนาการของข้าว ตารางที่ 4.8 พบว่า จำนวนวันที่ใช้ในการพัฒนาการของข้าวทั้ง 4 ตำรับการทดลองคือ ข้าวที่ปลูกในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวในตำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) ตำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) และตำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) พบว่า วันกำเนิดช่อดอก วันออกดอกแรก วันออกดอก 50% และวันเก็บเกี่ยวเท่ากันที่ 36 วัน 60 วัน 72 วันและ 116 วันตามลำดับ ซึ่งเร็วกว่าข้าวที่ปลูกในตำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) จำนวน 2 วัน โดยสาเหตุของความล่าช้ามาจากในช่วงหลังการกำเนิดช่อดอกแล้ว ความยาวของช่วงแสงจะมากกว่าความยาวของช่วงแสงวิกฤต จึงเป็นผลให้พัฒนาการของข้าวในตำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) ช้าลง

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์จำนวนวันหลังปลูก (DAS) กับพัฒนาการของข้าวขาวดอกมะลิ 105

ดำรับการทดลอง	วันก่เนิดช่อดอก ¹	ออกดอกวันแรก ¹	ออกดอก 50 % ¹	วันเก็บเกี่ยว ¹
20 พ.ย. 53	36a	60a	72a	116a
20 ธ.ค. 53	36a	60a	72a	116a
20 ม.ค. 54	36a	60a	72a	116a
20 ก.พ. 54	37a	62a	74a	118a
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	2.67	1.86	2.71	2.38

¹ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

4.2.6 ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโตด้านสรีรวิทยา

ทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตด้านสรีรวิทยาในดำรับการทดลองที่มีการก่เนิดช่อดอกคือดำรับการทดลองที่ 1-4 (พฤศจิกายน-มกราคม) ประกอบด้วย

4.2.6.1 ด้านความสูง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของความสูงทั้งหมด 3 ครั้ง ตารางที่ 4.9 พบว่า ความสูงเมื่อข้าวอายุ 30 DAS ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยข้าวในดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และ 4 (กุมภาพันธ์) มีความสูงไม่แตกต่างกัน แต่ความสูงน้อยข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) และดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) ส่วนความสูงของข้าวในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) มีความสูงน้อยกว่าข้าวที่ปลูกดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความสูงข้าวที่อายุ 60 DAS พบว่า ข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) ให้ผลของความสูงมากกว่าข้าวในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) และข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) มีความสูงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความสูงข้าวอายุ 90 DAS ให้ผลของความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยข้าวในดำรับการทดลองที่ 3 และดำรับการทดลองที่ 4 (มกราคมและกุมภาพันธ์) มีความสูงไม่แตกต่างกันโดยมีความสูงน้อยกว่าข้าวที่ปลูกดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความสูงในดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) มีความสูงไม่แตกต่างกันกับความสูงในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) และความสูงในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) ก็มีความสูงน้อย

กว่าดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการเก็บข้อมูลความสูงทั้งหมด จะเห็นว่าข้าวในดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) มีแนวโน้มให้ความสูงของต้นสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ข้าวในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) ดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และ ดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) โดยดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) ให้ความสูงเฉลี่ยมากที่สุดที่อายุ 90 DAS (131.62 ซม.) โดยสาเหตุที่ข้าวเมื่ออายุได้ 60 DAS มีความสูงไม่ต่างกันทั้งที่ในความเป็นจริงข้าวในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) และดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) จะต้องมีความสูงแตกต่างจากดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และ ดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) เมื่อเทียบกับความสูงที่ 30 DAS โดยเป็นผลมาจากข้าวในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) และดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) เมื่ออายุได้ 60 วันจะตรงกับช่วงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15°C จึงเป็นผลให้ข้าวชะงักการเจริญเติบโตไปชั่วขณะ ส่งผลให้มีความสูงไม่สูงเท่าที่ควร แต่ความสูงก็ยังสูงกว่าดำรับการทดลองอื่นอยู่ในทางกลับกันเมื่อข้าวอายุได้ 90 วันข้าวในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) และดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) การเจริญเติบโตในช่วงดังกล่าวจะมีอุณหภูมิที่พอเหมาะแก่ข้าวในดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) การเจริญเติบโตจะตรงกับช่วงที่อุณหภูมิสูงกว่า 35°C จึงเป็นผลให้ความสูงของข้าวชะงักไปได้เช่นกันดังนั้นข้าวดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) จึงมีความสูงมากที่สุด

ตารางที่ 4.9 ความสูงของต้นข้าวในแต่ละดำรับการทดลองที่ 30 60 และ 90 DAS

ดำรับการทดลอง	30 DAS (ซม.) ¹	60 DAS (ซม.) ¹	90 DAS (ซม.) ¹
20 พ.ย 53	28.65b	59.28ab	127.15b
20 ธ.ค 53	33.03a	59.63a	131.62a
20 ม.ค 54	23.01c	58.10b	125.62cb
20 ก.พ 54	24.35c	58.07b	122.28c
F-test	**	ns	**
C.V. (%)	9.62	3.67	1.96

¹ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT, ns แล้วตัวอักษรไม่เหมือนกันแสดงว่าค่า F คำนวณมีค่ามากกว่า 1

4.2.6.2 พื้นที่ใบ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของพื้นที่ใบทั้ง 4 ดำรับการทดลองที่ปลูกในเดือนพฤศจิกายน ธันวาคม มกราคม และกุมภาพันธ์ (ตารางที่ 4.10) พบว่า

เมื่อข้าวมีอายุได้ 30 60 72 และ 90 DAS ต่างก็มีพื้นที่ใบไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยข้าวที่ปลูกในตำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) มีพื้นที่ใบมากกว่าข้าวที่ปลูกในตำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) ตำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และตำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) ตามลำดับ

ข้าวที่ปลูกในตำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) มีแนวโน้มมีพื้นที่ใบมากที่สุดโดยข้าวในแต่ละตำรับการทดลองในระยะแรกของการเจริญเติบโต (30 DAS) จะมีพื้นที่ใบน้อยจากนั้นจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และมากที่สุดที่อายุ 72 DAS ซึ่งเป็นระยะที่ข้าวออกดอกครบ 50% ซึ่งระยะดังกล่าวเป็นระยะที่ข้าวจะมีพื้นที่ใบมากที่สุดและเมื่อข้าวออกดอกแล้วปรากฏว่าพื้นที่ใบจะเริ่มลดลง เนื่องจากอาหารที่สะสมไว้จะถูกส่งไปที่รวงข้าวทำให้ใบข้าวที่มีสีเขียวมีจำนวนลดลงซึ่งสอดคล้องกับ เกลิมพล แซมเพชร (2542) ที่ว่าระยะที่พืชออกดอก จะมี LAI สูงสุดหลังจากนั้น LAI จะลดลงเป็นลำดับเนื่องจากใบล่างแห้งตาย ซึ่งจากการทดลอง LAI มากที่สุดอยู่ที่ 72 DAS และสาเหตุที่ข้าวในตำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) มีพื้นที่ใบมากที่สุดนั้น มีผลมาจากการเจริญเติบโตโดยเฉพาะความสูงของข้าวในเดือนดังกล่าวสูงที่สุดอีกทั้งยังมีการแตกกอของข้าวมากที่สุดด้วย ซึ่งเมื่อข้าวมีการแตกกอ และมีความสูงมากที่สุดประกอบกันจึงเป็นสาเหตุให้มี LAI มากด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 4.10 แสดงพื้นที่ใบของข้าวในแต่ละตำรับการทดลองที่ 30 60 72 และ 90 DAS

ตำรับการทดลอง	LAI 30 DAS ¹	LAI 60 DAS ¹	LAI 72 DAS ¹	LAI 90 DAS ¹
20 พ.ย. 53	1.52a	3.04a	4.57a	2.47a
20 ธ.ค. 53	1.64a	3.29a	4.67a	2.57a
20 ม.ค. 54	1.51a	3.03a	4.51a	2.43a
20 ก.พ. 54	1.50a	3.01a	4.54a	2.38a
F-test	ns	ns	ns	ns
CV. (%)	1.41	4.58	7.89	6.36

¹ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

4.2.6.3 ดัชนีมวลชีวภาพ (TDM)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติดัชนีมวลชีวภาพ (TDM) ที่อายุข้าว 30 DAS 60 DAS และ 90 DAS ข้าวทั้ง 4 ตำรับการทดลอง คือข้าวที่ปลูกในเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนกุมภาพันธ์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกครั้ง (ตารางที่ 4.11)

ข้าวที่อายุได้ 30 DAS มีค่า TDM แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยข้าวในตำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) และ 2 (ธันวาคม) มีค่า TDM ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่สูงกว่าตำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และตำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ค่า TDM ในตำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) ก็มีค่าสูงกว่าตำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ข้าวที่อายุได้ 60 DAS และ 90 DAS ผลการวิเคราะห์ทางสถิติมีค่าเหมือนกันคือ ค่า TDM แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยข้าวในตำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และตำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) มี TDM ไม่แตกต่างกันแต่มีค่า TDM น้อยกว่าตำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) และตำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ค่า TDM ในตำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) ก็น้อยกว่าในตำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โดยสรุปจะพบว่า การปลูกข้าวในตำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) ให้การเจริญเติบโตมี TDM สูงที่สุด ในทุกครั้งที่ทำการวัดซึ่งเป็นสาเหตุมาจากข้าวที่ปลูกในตำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) ช่วงที่มีการเจริญเติบโตไปจนถึงเก็บเกี่ยวจะมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตที่สุดตลอดการทดลอง อีกทั้งยังมีความสูงของต้น และพื้นที่ใบในแต่ละระยะที่ทำการเก็บข้อมูลมากที่สุดจึงเป็นสาเหตุให้ข้าวในตำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) มี TDM สูงที่สุด

ตารางที่ 4.11 แสดงการวิเคราะห์ดัชนีมวลชีวภาพ (TDM: g m^{-2}) ของข้าวที่ 30 60 และ 90 DAS

Treatment	Total Dry Matter (TDM; g.m^{-2})		
	30 DAS ¹	60 DAS ¹	90 DAS ¹
20 พ.ย. 53	260.62a	655.78b	1,246.87b
20 ธ.ค. 53	270.94a	736.56a	1,370.00a
20 ม.ค. 54	237.81b	599.69c	1,160.47c
20 ก.พ. 54	220.93c	576.72c	1,158.43c
F-test	**	**	**
%CV	3.17	3.78	1.84

¹ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

4.6.2.3 ประสิทธิภาพการใช้แสง (RUE)

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้แสง (ตารางที่ 4.12) ในแต่ละช่วงอายุของข้าวทั้ง 4 ดำรับการทดลอง พบว่าช่วงอายุ 30-60 DAS ให้ผลประสิทธิภาพการใช้แสงแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวในดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) มีประสิทธิภาพการใช้แสงมากกว่าข้าวในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) ดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนข้าวในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) ก็มีประสิทธิภาพการใช้แสงมากกว่าข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) และข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) ก็มีประสิทธิภาพการใช้แสงสูงกว่าข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 2 คือปลูกเดือนธันวาคมมีแนวโน้มมีประสิทธิภาพการใช้แสง ดีที่สุดที่ 9.82 g MJ^{-1}

ช่วงอายุ 60-72 DAS ให้ผลประสิทธิภาพการใช้แสงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) มีประสิทธิภาพการใช้แสงมากกว่าข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) ดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) ก็มีประสิทธิภาพการใช้แสงมากกว่าข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) และข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) ก็มีประสิทธิภาพการใช้แสงมากกว่าข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 2 คือปลูกเดือนธันวาคมมีประสิทธิภาพการใช้แสง ดีที่สุดที่ 9.63 g MJ^{-1}

ช่วงอายุ 72-90 DAS ให้ผลประสิทธิภาพการใช้แสงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) มีประสิทธิภาพการใช้แสงมากกว่าข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) ดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) ก็มีประสิทธิภาพการใช้แสงมากกว่าข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) ข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) ก็มีประสิทธิภาพการใช้แสงมากกว่าข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 2 คือปลูกเดือนธันวาคมมีประสิทธิภาพการใช้แสง สูงที่สุดที่ 2.15 g MJ^{-1}

โดยสรุปพบว่า ทุกช่วงอายุการเจริญเติบโตของข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) มีประสิทธิภาพการใช้แสงมากที่สุด ซึ่งเป็นผลมาจากข้าวที่ปลูกในเดือนธันวาคมมีพื้นที่ใบมากที่สุดอีกทั้งเมื่อมีพื้นที่ใบมากแล้วยังมีการเรียงตัวของใบดีอีกด้วยโดยใบมีการตั้งชันดีกว่าดำรับการทดลองอื่น เพราะในช่วงที่ทำการทดลองของเดือนธันวาคมอุณหภูมิจะต่ำลงส่งผลให้ใบตั้งชันขึ้น จึงเป็นสาเหตุให้มีการรับแสงได้ดีไม่มีการบังแสงของใบบนและใบล่างประกอบกับเมื่อพื้นที่

ใบมากการรับแสงได้ดีจึงทำให้มีประสิทธิภาพการใช้แสงที่ดีด้วย

ตารางที่ 4.12 ประสิทธิภาพการใช้แสงในแต่ละช่วงเวลาของทั้ง 4 ดำรับการทดลอง (หน่วย: g MJ⁻¹)

ดำรับการทดลอง	RUE 30-60 DAS ¹	RUE 60-72 DAS ¹	RUE 72 - 90 DAS ¹
20 พ.ย. 53	9.17 b	8.00b	2.00b
20 ธ.ค. 53	9.82a	9.63a	2.15a
20 ม.ค. 54	8.52b	8.09c	1.81c
20 ก.พ. 54	7.10c	5.29d	1.40d
F-test	**	**	**
CV. (%)	7.98	5.29	3.19

¹ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

4.2.6.4 องค์ประกอบของผลผลิต ดัชนีการเก็บเกี่ยวและผลผลิต

จำนวนรวง/ตรม. ให้ผลการวิเคราะห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) มีจำนวนรวง/ตรม. มากกว่าข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) ดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) มีจำนวนรวง/ตรม. มากกว่าข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) และข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) ก็มีจำนวนรวง/ ตรม. มากกว่าข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) โดยข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) มีจำนวนรวง/ตรม. มากที่สุด 202.50 รวง/ตรม. (ตารางที่ 4.13)

จำนวนเมล็ด/รวง ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) และดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) มีจำนวนเมล็ด/รวงไม่แตกต่างกันแต่สูงกว่าข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) ก็มีจำนวนเมล็ด/รวงน้อยกว่าข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) โดยข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 2 คือปลูกเดือนธันวาคมมีแนวโน้มให้จำนวนเมล็ด/รวง มากที่สุดที่ 120 เมล็ด/รวง

เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี ข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) ให้ % เมล็ดดีสูงกว่าข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) และดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ โดย % เมล็ดดีของข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) ไม่แตกต่างจากข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม)

น้ำหนัก 100 เมล็ด ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ

ดัชนีการเก็บเกี่ยว หรืออัตราการถ่ายเทวัตถุแห้งไปยังเมล็ดให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) มีอัตราการถ่ายเทวัตถุแห้งไปยังเมล็ด แตกต่างจากข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) ดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) มีอัตราการถ่ายเทวัตถุแห้งไปยังเมล็ดไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) มีแนวโน้มอัตราการถ่ายเทวัตถุแห้งไปยังเมล็ดสูงที่สุด

ผลผลิต ในแต่ละดำรับการทดลองให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) ให้ผลผลิตมากที่สุดเฉลี่ย 848.77 กก./ไร่ รองลงมาได้แก่ ดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) ดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 530.48 405.46 316.15 และ 288.04 กรัม/ตรม. ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากผลผลิตของข้าวที่ปลูกนอกฤดูแล้วพบว่า ไม่แตกต่างจากข้าวที่ปลูกในฤดูปกติซึ่งเป็นผลมาจากข้าวที่ปลูกนอกฤดูตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน ถึงกุมภาพันธ์จะมีความเข้มของแสงมากกว่าข้าวที่ปลูกในฤดูปกติ ถึงแม้จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าฤดูปลูกปกติก็ตาม เพราะในระหว่างการเจริญเติบโตของข้าว นอกฤดูจะตรงกับช่วงที่มีความเข้มแสงมาก เนื่องจากไม่มีเมฆบดบังแสงแดดแสงจึงส่องผ่านได้ดี ทำให้เมื่อมีความเข้มแสงมากก็มีการสังเคราะห์แสงได้มาก และการสังเคราะห์แสงที่ดีจะทำให้สามารถผลิตอาหารได้ดีและมีการสะสมอาหารได้มากตามไปด้วย แม้จะมีระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นที่สั้นกว่าก็ตาม และในทางตรงข้ามข้าวที่ปลูกในฤดูปกติช่วงเวลาที่ปลูกข้าวจะตรงกับฤดูฝนจึงทำให้มีเมฆมากการส่องผ่านของแสงจึงมีน้อยเนื่องจากมีเมฆมาบดบังแสงแดดทำให้ข้าวสังเคราะห์แสงได้น้อยการสะสมอาหารก็จะน้อยตามไปด้วย จึงทำให้ข้าวที่ปลูกในฤดูปลูกปกติ ถึงแม้จะมีระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นที่นานกว่าข้าวที่ปลูกนอกฤดูสามารถสะสมอาหารได้ไม่แตกต่างจากการปลูกข้าวนอกฤดู

สรุป พบว่า ข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) ให้ดัชนีการเก็บเกี่ยวและผลผลิตมากที่สุด เนื่องจากมีองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนรวง/ตรม. จำนวนเมล็ด/รวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และน้ำหนัก 100 เมล็ด ดีที่สุด ซึ่งเป็นผลมาจากการแตกกอของข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) มีการแตกกอที่ดีกว่าข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) ดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) เนื่องจากอุณหภูมิในระยะแตกกอของข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) ไม่เหมาะสมต่อการแตกกอของข้าวคือ

มีอุณหภูมิต่ำกว่า 15°C โดยอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 14.34°C ส่วนข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) จะมีอุณหภูมิสูงกว่า 35°C โดยอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 37.70°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ไม่เหมาะต่อการแตกกอของข้าว โดยเฉพาะอุณหภูมิสูง จะมีผลต่อการแตกกอของข้าวมากกว่าอุณหภูมิต่ำจึงส่งผลให้ข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) มีการแตกกอดีที่สุดเพราะมีอุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด อยู่ในช่วงการแตกกอที่เหมาะสมคือ ต่ำสุด 18.06°C และสูงสุด 23.54°C (ภาพที่ 4.9) ซึ่งสอดคล้องกับ ทวี คุปต์กาญจนากุล (2541) ที่ว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าและการแตกกอของข้าวอยู่ที่ $25-30^{\circ}\text{C}$ ข้าวจะชะงักการแตกกอ เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 15°C หรือสูงกว่า 35°C ซึ่ง เมื่อมีการแตกกอมากก็ส่งผลต่อจำนวนรวง/ตรม. จำนวนเมล็ด/รวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และน้ำหนัก 100 เมล็ด มากตามไปด้วยอีกทั้งข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 3 (มกราคม) และดำรับการทดลองที่ 4 (กุมภาพันธ์) ช่วงของการผสมเกสรจะตรงกับอากาศร้อนขึ้นพอดีจึงมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดต่ำลง ส่งผลให้ผลผลิตต่ำกว่าดำรับการทดลองที่ 1 (พฤศจิกายน) และดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) อยู่มากโดยเฉพาะข้าวที่ปลูกในดำรับการทดลองที่ 2 (ธันวาคม) จะมีผลผลิตมากที่สุด

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติองค์ประกอบผลผลิต ดัชนีการเก็บเกี่ยวและผลผลิตของข้าว

ดำรับการทดลอง	จำนวน รวง/ตรม. ¹	จำนวน เมล็ด/รวง ¹	เปอร์เซ็นต์ เมล็ดดี ¹	น้ำหนัก 100 เมล็ด (g) ¹	ดัชนีการ เก็บเกี่ยว ¹	ผลผลิต (g m ⁻²) ¹
20 พ.ย. 53	168.75b	118.75a	80.16ab	3.12a	0.45b	405.46b
20 ธ.ค. 53	202.50a	120.00a	82.80a	3.13a	0.56a	530.48a
20 ม.ค. 54	137.25c	113.50b	79.67b	3.12a	0.33c	316.15c
20 ก.พ. 54	117.00d	110.75c	79.21b	3.11a	0.33c	288.04d
Sig	**	**	ns	ns	**	**
CV. (%)	2.59	1.41	2.56	1.43	3.57	2.53

¹ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT, ns แล้วตัวอักษรไม่เหมือนกันแสดงว่าค่า F คำนวณมีค่ามากกว่า 1

จากการทดลองในครั้งนี้ จะเห็นว่าสามารถปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 นอกฤดูได้โดยช่วงที่สามารถปลูกได้ตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายน ถึง 5 กุมภาพันธ์โดยการปลูกข้าวนอกฤดูทำให้ได้ผลผลิตค่อนข้างดี โดยเฉพาะข้าวที่ปลูนอกฤดูในเดือนธันวาคม จะให้ผลผลิตสูงสุด เนื่องจากมีองค์ประกอบของผลผลิตในทุกองค์ประกอบดีที่สุด ซึ่งตรงกับการทดลองของ เดชา และคณะ (2539) และจำนง (2541) ที่แนะนำการปลูกข้าวนอกฤดูในวันที่ 20 ธันวาคม เนื่องจากให้ผลผลิตสูงสุด



บทที่ 5

บทสรุป

จากการศึกษาอิทธิพลของช่วงแสงต่อการกำเนิดช่อดอกข้าวขาวดอกมะลิ 105 และการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 นอกฤดู สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานของปลายยอดข้าวภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดของการทดลองที่ 1 พบว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เจริญเติบโตภายใต้ช่วงแสงสั้นคือ 10 และ 11 ชม. จะมีวันกำเนิดช่อดอก โดยสังเกตได้จากระยะสร้างปุ่มกำเนิดคอร์วที่อายุเฉลี่ย 37 วัน ส่วนข้าวที่ได้รับช่วงแสงมากกว่าช่วงแสงวิกฤตคือ 11.52 ชม./วัน การเจริญเติบโตจะเป็นไปตามลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวคือจะกำเนิดช่อดอกในเดือนกันยายนโดยมีวันกำเนิดช่อดอกอยู่ที่ 82 วัน ส่วนการทดลองที่ 2 จะมีวันกำเนิดช่อดอกที่อายุ 36-37 วัน

2. ข้าวทั้งสองการทดลองที่เจริญเติบโตในสภาพแสงสั้นจะมีระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นอย่างน้อย 25 วัน

3. ช่วงแสงที่สามารถกระตุ้นให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 กำเนิดช่อดอกได้คือได้รับช่วงแสงน้อยกว่า 11.52 ชม.ก่อนระยะกำเนิดช่อดอกติดต่อกัน 12 วันจึงจะเพียงพอต่อการกำเนิดช่อดอกของข้าวขาวดอกมะลิ 105

4. ข้าวทั้งสองการทดลองระยะสร้างปุ่มกำเนิดคอร์ว จะมีช่วงห่างจากระยะสร้างปุ่มกำเนิดแกนช่อดอกย่อยที่ 1 ประมาณ 3 วัน

5. ช่วงแสงสั้นกว่าช่วงแสงวิกฤตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 คือ 11.52 ชม. ของจังหวัดนครราชสีมาเริ่มวันที่ 9 กันยายน ถึง 3 มีนาคมในปี 2553/2554

6. ช่วงเวลาที่สามารถปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 นอกฤดูได้เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึง 5 กุมภาพันธ์

7. ช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 นอกฤดูมากที่สุดคือ เดือนธันวาคม เพราะมีองค์ประกอบของผลผลิตและผลผลิตสูงที่สุด

9. การศึกษาการออกดอกของข้าวสามารถกระทำได้นอก growth chamber

10. การศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานทดลองอื่นได้ โดยการสังเกตปลายยอดข้าวในระยะสร้างปุ่มกำเนิดแกนช่อดอกย่อยที่ 1 ภายใต้กล้อง stereo microscope เป็นเกณฑ์ แล้วนับย้อนหลังไป 3 วัน จะเป็นวันที่ปลายยอดสร้างปุ่มกำเนิดคอร์วซึ่งถือว่าเป็นวันกำเนิดช่อดอกที่ใกล้เคียงและง่ายต่อการศึกษามากที่สุด

รายการอ้างอิง

- กมรินทร์ พรหมรัตน์รักษ์, ลิลลี่ กาวิตะ, มาลี ณ นคร และ รังสฤษฎ์ กาวิตะ. (2548). **อิทธิพลของช่วงแสงต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานของปลายยอดข้าว**.น. 491-498 ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43 : (สาขาพืช). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กมลทิพย์ เรารัตน์. (2551). **ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพการสลายปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดข้าวในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 159 หน้า.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2542). **การปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105**. พิมพ์ครั้งที่ 5. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- จ่านง บางภูมิ. (2541). **การปลูกข้าวนอกฤดู**. แหล่งที่มา:
<http://guru.thaibizcenter.com/article/detail.asp>.
- เฉลิมพล แชมเพชร และสมจิต ใจดี. (2532). ผลกระทบของวันปลูก และอัตราเมล็ดที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวสาลี. **ว. วิทย.เกษตร**. 22 (2) 85-98.
- เฉลิมพล แชมเพชร. (2542). **สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่**. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เดชา ดุณา, สุรพล จตุพร, วันชัย ต้นสายเพชร, ถนัด สุขปรากการ และจันทนา สรสิริเดชา. (2539). การศึกษาระยะเวลาปลูกและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกนอกฤดู. **เทคโนโลยีชาวบ้าน** วันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546 ปีที่ 15 ฉบับที่ 304.
- ทวี คุปต์กาญจนากุล. (2541). **ความรู้เรื่องข้าวและเทคโนโลยีการผลิตข้าว**, น. 1-13. ใน เอกสารประกอบ การบรรยายหลักสูตร เทคโนโลยีการผลิตข้าวหอมมะลิคุณภาพดี. กรมวิชาการเกษตรและ กรมส่งเสริมสหกรณ์.
- ประพาฬ วีระแพทย์. (2517). **ความรู้เรื่องข้าว**. พิมพ์ครั้งที่ 2. มปท.
- มาณี วิวัฒน์วงสวน. (2533). **สรีรวิทยาของพืช**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ยูวดี มานะเกษม. (2550). **สรีรวิทยาการออกดอกและติดผล**. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช. มหา

วิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.152 หน้า.

เขาวัดถ้ำทองสีมา. (2544). **ความแปรปรวนของพัฒนาการและการเติบโตของข้าว**. วิทยานิพนธ์
มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรวิทย์ พาณิชย์พัฒน์, สุเทพ ลิ้มทองกุล และ สุเทพ นุชสวาท. (2529). **ความรู้เรื่องข้าว**, น. 49-84 ใน
การทํานาน้ำฝน. ปรับปรุงและจัดพิมพ์ครั้งที่ 7. ฝ่ายฝึกอบรม สถาบันวิจัยข้าว, กรมวิชาการ
เกษตร.

วาสนา ผลารักษ์. (2523). **ข้าว**. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ลิลลี่ กาวิตะ. (2546). **การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานและพัฒนาการของพืช**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา, จิรวัฒน์ เวชแพศย์, อานันท์ ผลวัฒนะ, ไพฑูรย์ ทองสนิท และ ทุสยนต์ ปาละ
(2548). **การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมข้าวไทย** [ออนไลน์].ได้จาก

: <http://www.mcc.cmu.ac.th/DSSARM/ThaiRice/Cvpost1.pdf>

ศูนย์วิจัยข้าวสุรินทร์. (2554). การปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 นอกฤดู. น. 74-92. ใน **เอกสารประกอบ
การสัมมนาแนวทางการพัฒนาข้าว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. ณ โรงแรมสีมาธานี จ.
นครราชสีมา.

ศิริเพ็ญ เวชการณย์. (2534). สารเคมีที่ใช้ในงานจุลทรรศน์อิเล็กตรอน. **วารสารศูนย์เครื่องมือวิจัย
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. ปีที่ 1. ฉบับที่ 2. หน้า 107-110.

สถานีตรวจวัดอากาศอ่างห้วยยาง. (2554). ข้อมูลปริมาณน้ำฝน. อำเภอเมือง. จังหวัดนครราชสีมา

สถาบันวิจัยข้าว. (2533). **ข้าวนาสวนพันธุ์ดีปลูกได้ทั้งนาปีและนาปรังในเขตที่มีการชลประทาน
หรือควบคุมน้ำได้ทุกภาค**, น. 8. ใน **เอกสารแนะนำข้าวและธัญพืชเมืองหนาวพันธุ์ดี 59
พันธุ์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. (2544). **สรีรวิทยาของพืช**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหา
วิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมศักดิ์ ทองดีแท้. (2541). โรค แมลง ศัตรูศัตรูข้าวและการป้องกันกำจัด, น. 81-128. ใน **เอกสาร
ประกอบการบรรยายหลักสูตร เทคโนโลยีการผลิตข้าวหอมมะลิคุณภาพดี**. กรมวิชาการ
เกษตรและกรมส่งเสริมสหกรณ์.

สมเจตต์ ชัมเจริญ. (2544). **การเปรียบเทียบแบบจำลอง CERES-RICE และ SIMRIW และการ
ประเมินศักยภาพผลผลิตของข้าวในที่ราบลุ่มจังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ ภาควิชาพืชไร
่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 185 หน้า.

สมโรจน์ ประกอบบุญ และราตรี บุญญา. (2545). **ข้าวและธัญพืชเมืองหนาว**. เอกสารประกอบการ

- ประชุมวิชาการ. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. 104 หน้า
- สาวิตร มีชัย. (2530). การศึกษาอิทธิพลของช่วงวันปลูกข้าวสาลีหลังฤดูนาปี. รายงานประจำปี 2530/2531. สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตร.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552). ปริมาณและมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรรายเดือน สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. [ออนไลน์]. ได้จาก : <http://www.oae.go.th>, มิถุนายน 2553.
- อุดมลักษณ์ สิริกาชน. (2543). การตรวจหาเหี่ยวที่เกี่ยวกับลักษณะการไวต่อช่วงแสงในข้าว โดยวิธีดีฟเฟอเรนเชียลดิสเพลย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Atherton, J. G. (1987). **Manipulation and flowering**. Butterworths. London.
- Counce, P.A., Keisling T.C., and Mitchel. A.J. 1. (2000). A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Sci.** 40: 436-443.
- Greyson, R.I. (1994). **The Development of Flowers**. Oxford University Press, U.S.A.
- Lamp, C.A., Forbes, S.J., and Cade, J.W. (1990). **Grass of Temperate Australia**. Inkata Press, Sydney.
- Levesque, R. (2006). SPSS Programming and Data Management: A Guide for SPSS and SAS Users, Fourth Edition 2007, **SPSS Inc.**, Chicago Ill
- Loomis, R.S., and Williams W.A., (1969) In J.D. Eastin (ed) : Physiological Aspects of Crop Yield. Amer. Soc. Agron., Madison, Wisc.
- Major, D.T., Johnson D.R., Luedders, V.D. (1997). **Crop Sci.** 15: 172-174.
- Manakasem Y., and Goodwin P.B., (1998). Using the floral status of strawberry plants, as determined by stereomicroscopy and scanning electron microscopy, to survey the phenology of commercial crops. **J. AMER. Soc. HORT. Sci.** 123(4) : 513-517.
- Moldenhauer, K.A.K, and Gibbons. J.H. (2003). Rice morphology and development, pp. 103-127. In C.W. Smith and R.H. Dilday, eds. **Rice : Origin, History, Technology, and Production**. John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Moncur, M.W. (1988). **Floral Development of tropical and Subtropical fruit and nut species : an Atlas of Scanning Electron Micrograph**. CSIRO, Melbourne, 181p.
- Nichiporovic, A.A. (1960). Photosynthesis and the theory of obtaining high crop yield. In: Black J.N. and Watson D.J., ed, **Field Crop Abstr.**, 13(3), 169-175.
- Purseglove, J.W. (1978). **Tropical Crops Monocotyledons**. Volume 1 and 2 combined. Longman Group Ltd., London.

- Senanayake, N., Datta S.K. De., Naylor R.E.L., and Thompson W.J. (1991). Lowland rice apical Development: stages and cultivar differences detected by electron microscope. **Agron. J.** 83: 1013-1023.
- Sprague, G. F. And Dudley, J. W. (1988). **Corn and Corn improvement**. 3rd ed. Medison, Wisconsin
- Suge, H. and Osada, A. (1967). Physiology of flowering in rice plants. 1. Synthesis and translocation of floral stimulus. Proc. **Crop Sci. Soc. Japan.** 36 : 32-36.
- Takeoka, Y, M. Shimizu and T. Wada. (1993). **Panicle**, p.295-338. In T. Matsuo and K. Hoshikawa, eds. Science of the Rice Plant. Volume 1 Morphology. Food and Agriculture Policy Research Center, Japan.
- The International Rice Resherch Institute (IRRI). (1985). 4th ed. **The Flowering Response of the Rice Plant to Photoperiod**. The International Rice Research Institute, Philippines.
- The International Rice Resherch Institute (IRRI). (1977). **Annual report for 1972**. Los Banos, Philippines.
- The International Rice Resherch Institute (IRRI). (1973) **Annual report for 1976**. Los Banos, Philippines.
- Xu X.B. and Vergara, B.S. (1986). **Morphological changes in rice panicle development**, p. 1-13. In IRRI Research Paper Series Number 117. The International Rice Research Institute, Philippines.
- Yin, X., Kropff, M.J. and Goudriaan, J. (1996). Differential effect of day and night temperature On development to flowering in rice. **Ann. Bot.** 77 : 203-213.
- Yin, X., Kropff, M.J and Ynalvez, M.A. (1997). Photoperiodically sensitive and insensitive phases of preflowering development in rice. **Crop Sci.** 37 : 182-190.
- Yin, X., and Kropff, M.J. (1998). The effect of photoperiod on interval between panicle initiation And flowering in rice. **Field Crops Research.** 57 : 301-307.



การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงดังรูปภาคผนวกที่ 2 สามารถที่ช่วยยืนยัน และอธิบายลักษณะของโครงสร้างของพืชได้เป็นอย่างดี เนื่องจากให้ภาพที่ละเอียดและเป็นภาพ 3 มิติ โดยวิธีการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์จุลโครงสร้างด้วย SEM มีดังต่อไปนี้

- 1) นำตัวอย่างพืชไปทำ CPD
- 2) นำตัวอย่างที่ติดบน stub แล้ว ไปเคลือบผิวด้วยทอง ด้วยเครื่อง ion sputtering แสดงดังรูปภาคผนวกที่ 2 ใช้กระแสไฟฟ้า 10 มิลลิแอมแปร์ เป็นเวลา 6 นาที นำเข้าเครื่อง SEM ถ่ายภาพวิเคราะห์จุลโครงสร้างที่กำลังขยายต่าง ๆ



รูปภาคผนวกที่ 1 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด รุ่น JSM - 6400 ของ JEOL ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปภาคผนวกที่ 2 เครื่อง ion sputtering รุ่น JFC-1100E ของ JEOL ที่ใช้เคลือบผิวตัวอย่างแบบเหรียญ ด้วยทองที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปภาคผนวกที่ 3 เครื่องทำแห้ง ณ จุดวิกฤต (critical point drier) ที่ใช้ทำให้ตัวอย่างแห้งโดยที่รูปร่าง และโครงสร้างเหมือนกับธรรมชาติ ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การเตรียมสารละลาย สีย้อม และน้ำยาเคมี สำหรับงานจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

โดย ศิริเพ็ญ เวชการักษ์ (2534)

1. สารละลายแอลกอฮอล์

สารเคมี : 100% ethyl alcohol

น้ำกลั่น

วัสดุ : กระจกตวง (cylinder) ขนาด 100 ml

ขวดรูปชมพู่แบบฝาเกลียว (erlenmeyer flask with screw cap)

ตารางภาคผนวกที่ 1 ตารางแสดงการเตรียมความเข้มข้นของแอลกอฮอล์

ความเข้มข้นของ แอลกอฮอล์ (%)	ปริมาตรแอลกอฮอล์ (มล.)	ปริมาตรน้ำกลั่น (มล.)	รวมปริมาตร (มล.)
15	15	85	100
25	25	75	100
30	30	70	100
45	45	55	100
50	50	50	100
60	60	40	100
70	70	30	100
75	75	25	100
80	80	20	100
90	90	10	100
95	95	5	100

หมายเหตุ : ถ้าต้องการปริมาตรของสารละลายมากหรือน้อยกว่า 100 มล. ก็เพิ่มลดตามส่วน

2. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

วัสดุ : ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 1000 ml 2 ใบ

กระจกตวง (cylinder) ขนาด 100 ml 1 ใบ

ขวดแก้วสีน้ำตาล ขนาด 1000 ml 2 ใบ

สารเคมี : sodium phosphate, monobasic ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

phosphate, dibasic (Na_2HPO_4 หรือ $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ หรือ $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)

น้ำกลั่น

วิธีการเตรียม :

stock solution (เตรียมใน volumetric flask)

solution A 0.2 M sodium phosphate, monobasic

ชั่ง $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 27.6 g

ละลายในน้ำกลั่นให้ถึงขีด 1000 ml เก็บไว้ในขวดสีน้ำตาล

solution B 0.2 M sodium phosphate, dibasic

ชั่ง Na_2HPO_4 28.40 g

ชั่ง $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 53.65 g

ชั่ง $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 71.70 g

ละลายในน้ำกลั่นให้ถึงขีด 1000 ml เก็บไว้ในขวดสีน้ำตาล

ตารางภาคผนวกที่ 2 ตารางแสดงการเตรียม working 0.2 M buffer solution

solution A (ml)	solution B (ml)	PH of buffer
73.5	26.5	6.4
68.5	31.5	6.5
62.5	37.5	6.6
56.5	43.5	6.7
51	49	6.8
45	55	6.9
39	61	7
33	67	7.1
28	72	7.2
23	77	7.3
19	81	7.4
16	84	7.5

3. 0.1 M buffer solution

วิธีการเตรียม ใช้ 0.2 M buffer solution 1 ส่วน

น้ำกลั่น 1 ส่วน

นำมาผสมกันแล้วนำไปใช้เตรียมสารละลาย Fixation นอกจากนั้นนำไปใช้สำหรับล้างตัวอย่างภายหลังขั้นตอนการทำ Fixation ที่มี Phosphate buffer เป็นตัวละลาย

4. 3% glutaraldehyde (ใน 0.1 M buffer solution)

ชั่ง 25 % Glutaraldehyde 12 g

ชั่ง 0.1 M buffer solution) 88 g

ผสมกันในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) จะได้น้ำหนักรวม 100 g

5. 2.5 % glutaraldehyde (ใน 0.1 M buffer solution)

ชั่ง 25 % glutaraldehyde 10g

ชั่ง 0.1 M buffer solution) 90 g

ผสมกันในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) จะได้น้ำหนักรวม 100 g



รูปภาพผนวกที่ 4 การเกิดลักษณะขนนกภายในต้นข้าวโดยใช้กล้อง stereo microscope ที่กำลังขยาย

100X

ประวัติผู้เขียน

นางสาวนันทิยา คำบุญเรือง เกิดเมื่อวันที่ 8 กันยายน พ.ศ. 2528 ณ บ้านหลุบจั่ว ตำบลบ้านกอก อำเภोजตุรัส จังหวัดชัยภูมิ เริ่มศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 ที่โรงเรียนบ้านหลุบจั่ว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ที่โรงเรียนจตุรัสวิทยาคาร จังหวัดชัยภูมิ และสำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตพืช) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2550

ในปี พ.ศ. 2552 ได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยขณะศึกษาได้รับทุนในโครงการ การให้ทุนการศึกษาแก่นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่คณาจารย์ได้รับทุนวิจัยจากแหล่งทุนภายนอก (OROG) จากกองทุนสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และได้รับทุนอุดหนุนโครงการวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา

ผลงานวิจัย : ได้เข้าร่วมประชุมและเสนอผลงานทางวิชาการ ภาคโปสเตอร์ เรื่อง Using Scanning Electron Microscope to study the effects of different photoperiods on panicle initiation of KDML105 rice during and off cropping season ในการประชุมวิชาการ Burapha University International Conference 2012 "Global change : Opportunity & Risk" ระหว่างวันที่ 9-11 กรกฎาคม 2555 ณ มหาวิทยาลัยบูรพา