ศักยภาพการทนแล้งของข้าวไร่พันธุ์ดีเด่น และอัตราการถ่ายทอดพันธุกรรมควบคุมลักษณะทนแล้ง และผลผลิตของข้าวพันธุ์บาเกียวและ IR-1552

DROUGHT TOLERANT POTENTIAL OF AN ELITE UPLAND RICE (*Oryza sativa* L.) AND HERITABILITY FOR DROUGHT TOLERANT TRAITS AND YIELD OF RICE VAR. BAGUIO AND IR-1552

สุวัจน์ อิ่มวิชิต

SUWAT IMWICHIT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2565

KMITL-2022-AG-M-065-379

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DROUGHT TOLERANT POTENTIAL OF AN ELITE UPLAND RICE (*Oryza sativa* L.) AND HERITABILITY FOR DROUGHT TOLERANT TRAITS AND YIELD OF RICE VAR. BAGUIO AND IR-1552

SUWAT IMWICHIT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURE

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2022

KMITL-2022-AG-M-065-379

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(หน้าลิขสิทธิ์)

COPYRIGHT 2022

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ศักยภาพการทนแล้งของข้าวไร่พันธุ์ดีเด่น และอัตราการถ่ายทอดพันธุกรรมควบคุมลักษณะทนแล้ง และผลผลิตของข้าวพันธุ์บาเกียว และ IR-1552
นักศึกษา	นายสุวัจน์ อิ่มวิชิต
รหัสประจำตัว	58604048
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2565
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์หลักในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อพัฒนาสายพันธุ์แท้ให้ได้ผลผลิตสูง คุณภาพข้าวหุงสุกตรงกับความต้องการของผู้บริโภค ต้านทานต่อโรคและแมลงศัตรู และทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ทนทานต่อการกระทบแล้ง ฯลฯ จึงได้ทำการประเมินความสามารถในการทนแล้งและศักยภาพในการให้ผลผลิตของข้าวไร่ที่กรมการข้าวแนะนำและพันธุ์พื้นเมืองดีเด่น และศึกษาการถ่ายทอดพันธุกรรมควบคุมลักษณะการทนแล้งของข้าวพันธุ์บาเกียว และ IR-1552 สู่ลูกหลาน โดยประเมินศักยภาพการทนแล้งด้วยลักษณะที่สัมพันธ์กับการทนแล้ง 4 ลักษณะ คือ ความยาวรากสูงสุด น้ำหนักรากแห้ง สัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้ง และค่าการไหลของน้ำผ่านปากใบ ที่อายุ 40 วันหลังปลูกในกระถาง ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ และทดสอบผลผลิตในสภาพไร่ในฤดูฝนปี พ.ศ. 2562 (ส.ค.-ธ.ค.) ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อค (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ สุ่มเก็บบันทึกข้อมูล 10 กอ/หน่วยทดลอง ผลการทดลองพบว่า ข้าวพันธุ์บาเกียว มีลักษณะการทนแล้งสูงสุด เนื่องจากมีความยาวรากสูงสุด 50.00 เซนติเมตร มีค่าการไหลของน้ำผ่านปากใบต่ำสุด 1.39 มิลลิโมล/ตารางเมตร/วินาที และให้ผลผลิตสูงสุด 139.13 กรัม/กอ ขณะที่ขาวดอกมะลิ 105 ให้ผลผลิต 51.42 กรัม/กอ โดย IR1552 และขุนวางมีลักษณะการทนแล้งสูงเป็นอันดับ 2 และ 3 รองจากพันธุ์บาเกียว มีความยาวรากสูงสุด 44.10 และ 43.23 เซนติเมตร สัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้ง 0.53 และ 0.51 และมีค่าการไหลของน้ำผ่านปากใบ 1.41 และ1.43 มิลลิโมล/ตารางเมตร/วินาที ตามลำดับ สำหรับอัตราการถ่ายทอดพันธุกรรมแบบกว้างในลักษณะที่สัมพันธ์กับการทนแล้ง 4 ลักษณะประกอบด้วย ความยาวรากสูงสุด น้ำหนักรากแห้ง สัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้ง ค่าการไหลของน้ำผ่านปากใบ และผลผลิตของข้าวพันธุ์ทนแล้งบาเกียว และ IR-1552 พบว่า สูงปานกลาง-สูงมาก กล่าวคือ ทั้ง 2 พันธุ์มีอัตราการถ่ายทอดพันธุกรรมควบคุมลักษณะที่สัมพันธ์กับการทนแล้ง 4 ลักษณะดังกล่าวระหว่าง 57.72-80.45 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการถ่ายทอดพันธุกรรมแบบกว้างในลักษณะผลผลิตระหว่าง 50.99-79.30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวจากประชากรลูกผสมที่มีข้าว 2 พันธุ์นี้เป็นพ่อหรือแม่ให้ทนทานต่อการกระทบแล้งและให้ผลผลิตสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ข้าวไร่, ศักยภาพการทนแล้ง, เสถียรภาพการให้ผลผลิต และอัตราการถ่ายทอดพันธุกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Drought Tolerant Potential of an Elite Upland Rice (*Oryza sativa* L.) and Heritability for Drought Tolerant Traits and Yield of Rice var. Baguio and IR-1552**.**
Student	Mr. Suwat Imwichit
Student ID.	58604048
Degree	Master of Science
Program	Agriculture
Year	2022
Thesis Advisor	Assist. Prof. Dr. TeerawatSarutayophat

Abstract

Main objectives in rice improvement is to develop a new purelines with high yield, desirable consuming qualities, resistance to diseases and insect pests, and tolerance to an unfavorable environments such as drought stress. These experiments were conducted to evaluate the potential for drought tolerance, yield of 11 landrace and recommended cultivars of Thai upland rice with Baguio, IR1552 and Khao Dawk Mali 105. Drought tolerance was assessed at 40-days after planting (DAP) in a 14-inch diameter pots by 4 drought stress tolerant related traits as followed; longest root, root dry wt, root/shoot dry wt ratio, and stomatal conductance. Completely randomized design (CRD) with 3 replications was used. Yield tested on an upland field was carried out during rainy season, 2019 (Aug-Dec), Randomized complete block design (RCBD) with 3 replications was used, data were sampling recorded for 10 hills/unit. Result showed that Baguio cultivar had the highest drought tolerant potential with longest root of 50.00 cm, highest root/shoot dry wt ratio of 0.61 and lowest stomatal conductant of 1.39 mmol $m^{-2}s^{-1}$ with highest rough yield of 139.13 g/hill, while Khao Dawk Mali 105 produced 51.42 g/hill. IR1552 and Khun Wang were the 2nd and the 3rd place in drought stress tolerance which longest root were 44.10, 43.23 cm, root/shoot dry wt ratio were 0.53 and 0.51, and stomatal conductance were 1.41 and 1.43 mmol $m^{-2}s^{-1}$, respectively. Broad-sense heritability for 4 drought stress tolerant-related traits comprised of the longest root, root dry wt, root/shoot dry wt ratio and stomatal conductance of the Baguio and IR1552 were relatively high of 57.72-80.45 percentage, and heritability for yield were 50.99-79.30 percentage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rerults indicated that selection for drought tolerance and yield increasing among the segregated progenies of Baguio or IR1552 should be effective.

Keywords: Upland rice, potential for drought tolerance, yield stability and heritability

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายท่าน ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษา ถ่ายทอดความรู้ แนวคิด คำแนะนำ ความช่วยเหลือและข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ตลอดทั้งตรวจทานแก้ไขกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. สมยศ เดชภิรัตนมงคล ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ. ดร. พจนา สีขาว และ ดร. ปัทมา นิตไธสง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำต่างๆ ในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ศูนย์วิจัยข้าวขอนแก่น ศูนย์วิจัยข้าวหนองคาย ศูนย์วิจัยข้าวสกลนคร และศูนย์วิจัยข้าวนครศรีธรรมราช ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่และข้าวพันธุ์พื้นเมือง สำหรับการทำงานวิจัยในครั้งนี้

ขอบขอบพระคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่อนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ในการดำเนินการทดลอง รวมถึงคำแนะนำในเรื่องต่าง ๆ ด้วยความเมตตาต่อข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์ และน้อง ๆ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์ วิชาเอกพืชไร่ทุกคนที่มีส่วนช่วยเหลือทั้งกำลังแรงกายแรงใจ ตลอดการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้แก่บิดา มารดา และบุคคลในครอบครัวทุกท่านที่มีส่วนในการส่งเสริม อบรมสั่งสอน ปลูกฝังจริยธรรมที่ดี รวมถึงสนับสนุนช่วยเหลือทั้งแรงกายแรงใจและทุนทรัพย์ในระหว่างการศึกษา ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้าตลอดมา

สุวัจน์ อิ่มวิชิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VI

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 3

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ..... 4

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5

2.1 สรีรวิทยาการเจริญเติบโตเพื่อสร้างผลผลิตภายใต้ภาวะแห้งแล้งหรือขาดน้ำ... 6

2.2 ผลการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช..... 7

2.3 ดัชนีชี้วัดสภาวะแห้งแล้งหรือการขาดน้ำ..... 9

2.4 ดัชนีทนแล้ง (Drought tolerance index)..... 10

2.5 อัตราพันธุกรรม (Heritability)..... 10

2.6 วิธีการประเมินอัตราพันธุกรรม..... 12

2.7 ลักษณะของข้าวพันธุ์ทนแล้งและพันธุ์ข้าวไร่ที่ดี..... 13

2.8 ลักษณะประจำพันธุ์ข้าวที่ใช้ในงานทดลอง..... 14

บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน..... 16

3.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง..... 16

3.2 สถานที่ดำเนินงานวิทยานิพนธ์..... 17

3.3 ระยะเวลาดำเนินงาน..... 17

3.4 วิธีดำเนินการทดลอง..... 17

3.5 การจดบันทึกข้อมูล..... 19

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... 20

บทที่ 4 ผลการทดลอง..... 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1 การศึกษาลักษณะการทนแล้งของข้าวไร่พันธุ์แนะนำและพันธุ์พื้นเมืองดีเด่นเพื่อกำหนดพันธุ์แม่ในการผลิตลูกผสม..... 22

4.2 การเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไร่ และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์..... 24

4.3 ความแปรปรวนทางพันธุกรรมและอัตราพันธุกรรม..... 29

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 37

บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 41

บรรณานุกรม..... 42

ภาคผนวก..... 54

ประวัติผู้เขียน..... 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะต่างๆ ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อค.....	22
4.1	ความแปรปรวนในลักษณะดัชนีการทนแล้งของข้าวไร่ 10 พันธุ์พันธุ์เปรียบเทียบ 3 พันธุ์ปลูกทดสอบในฤดูฝนปี 2560 (ส.ค.-ธ.ค.) พื้นที่ดินร่วนทราย.....	23
4.2	ความยาวราก น้ำหนักรากแห้ง น้ำหนักต้นแห้ง สัดส่วนน้ำหนักรากแห้ง/ต้นแห้ง และค่าการไหลของน้ำผ่านปากใบของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบรวม 13 พันธุ์ทดสอบในฤดูฝน (ส.ค.-ต.ค.) ปี 2560.....	25
4.3	ความแปรปรวนในลักษณะการเจริญเติบโตของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ปลูกทดสอบในฤดูฝนปี 2560 (ส.ค.-ธ.ค.) พื้นที่ดินร่วนทราย.....	26
4.4	ความแปรปรวนในลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไร่และข้าวพันธุ์ เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ปลูกทดสอบในฤดูฝนปี 2560 (ส.ค.-ธ.ค.) พื้นที่ดินร่วนทราย.....	26
4.5	การเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ ปลูกทดสอบบนดินร่วนทราย.....	29
4.6	ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไร่ และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ ปลูกทดสอบบนดินร่วนทราย.....	30
4.7	ความแปรปรวนทางพันธุกรรมของพ่อ-แม่ และลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2-progenies) ในลักษณะดัชนีชี้วัดการทนแล้งของข้าว 2 คู่ผสม.....	31
4.8	ค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability h_{bs}^2) ลักษณะความยาวราก น้ำหนักรากแห้ง น้ำหนักต้นแห้ง สัดส่วนรากแห้ง/ต้นแห้ง ลักษณะการคายน้ำผ่านปากใบ ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2) จำนวน 2 คู่ผสม.....	32
4.9	ความแปรปรวนทางพันธุกรรมของพ่อ-แม่ และลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2-progenies) ในลักษณะการเจริญเติบโตของข้าว 4 คู่ผสม.....	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.10	ความแปรปรวนทางพันธุกรรมของพ่อ-แม่ และลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2-progenies) ในลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว 4 คู่ผสม..	34
4.11	ค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability h_{bs}^2) ลักษณะการเจริญเติบโต ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2) จำนวน 4 คู่ผสม.....	36
4.12	ค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability h_{bs}^2) ลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2) จำนวน 4 คู่ผสม.....	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าว (rice: *Oryza sativa* L.) เป็นพืชอาหาร (food crop) ที่มีความสำคัญมากชนิดหนึ่งของมวลมนุษย์ โดยในปีการผลิต พ.ศ. 2564/2565 มีพื้นที่ปลูกข้าวทั่วโลก 1,026.2 ล้านไร่ (Shahbandeh, 2022) ได้ผลผลิตรวม 515.08 ล้านตันข้าวสาร (USDA, 2022) นอกจากนี้ข้าวจัดว่าเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยอย่างมาก โดยในปีเพาะปลูก 2563/2564 มีพื้นที่ปลูกข้าวนาปี 62.44 ล้านไร่ ผลิตข้าวเปลือกได้ 26.42 ล้านตัน และปลูกข้าวนาปรัง 8.34 ล้านไร่ ผลผลิตข้าวเปลือก 5.31 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) ทั้งนี้ในปี พ.ศ.2561 และ 2564 ประเทศไทยส่งข้าวสารออกไปขายในตลาดต่างประเทศปริมาณ 11.23 และ 6.18 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 182,082.0 และ 107,757.0 ล้านบาท/ปีตามลำดับ (สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย, 2565) ขณะที่ข้าวไร่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 210-400 กก./ไร่ (กรมการข้าว,2562) สาเหตุที่ข้าวไร่ให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวนาสวน (lowland rice) เพราะปัญหากระทบแล้งหรือมีน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของข้าวไร่ เนื่องจากในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งระหว่างการเจริญเติบโตในสภาพไร่มักจะกระทบแล้งหรือเจอภาวะฝนทิ้งช่วง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมากน้อยแตกต่างกันในแต่ละปี บางปีเกษตรกรผู้ปลูกข้าวไร่อาจได้ผลผลิตน้อยมากหรือไม่ได้ผลผลิตเลยหากประสบภาวะฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน วิธีการลดความเสียหายเนื่องจากภาวะฝนทิ้งช่วงวิธีหนึ่งที่ได้ผลดี คือ การเลือกใช้พันธุ์หรือการพัฒนาสายพันธุ์ให้มีความทนทานต่อการขาดน้ำ เนื่องจากความสามารถในการทนทานต่อการขาดน้ำหรือทนทานต่อการกระทบแล้งในระหว่างการเจริญเติบโต จะช่วยลดความเสี่ยงที่ผลผลิตข้าวอาจเสียหายเนื่องจากการกระทบแล้งได้ (Todaka*et al*., 2012; IRRI, 2009; Srividhya *et al.,*2011)

น้ำเป็นปัจจัยพื้นฐานสำคัญอย่างยิ่งในการผลิตพืชทุกชนิด โดยบทบาทของน้ำต่อการเจริญเติบโตของพืชมีหลายประการดังนี้คือ เป็นสารอาหารของพืชโดยการปลดปล่อยไฮโดรเจนอะตอมให้แก่พืช เป็นตัวกลางในปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆ เป็นตัวทำละลายสสารหลายชนิด เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของสารอินทรีย์ในโปรโตพลาสซึมเป็นตัวกลางในการแพร่กระจายและการเคลื่อนย้ายสารละลายต่างๆ น้ำทำให้เกิดแรงดันภายในเซลล์ทำให้เซลล์เต่ง (Behboudian and Mills, 2013) และน้ำเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิภายในเซลล์ให้คงที่ เนื่องจากน้ำสามารถเก็บรักษาความร้อนต่อหน่วยปริมาตรได้สูงนอกจากนี้น้ำยังเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตสารให้พลังงาน (adenosine triphosphate; ATP) ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง หากขาดน้ำหรือได้รับน้ำไม่เพียงพอพืชจะไม่สามารถดำรงชีวิตได้ตามปกติ ทั้งนี้น้ำที่พืชใช้เพื่อการดำรงชีวิตได้จากน้ำที่อยู่ในดินแทบทั้งสิ้น โดยน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available water capacity; AWC) อยู่ในช่วง field capacity ถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

permanent wilting point (FC-PWP) Doorenbos and Pruitt (1977) อธิบายว่าน้ำในดินซึ่งอาจได้มาจาก 2 ช่องทางหลักๆ คือ จากน้ำฟ้า (precipitation) และน้ำที่ได้จากการที่เกษตรกรให้แก่พืชปลูก แต่ไม่ว่าจะเป็นน้ำจากฟ้าหรือน้ำที่เกษตรกรจัดหาให้กับพืชปลูก ส่วนหนึ่งก็จะไหลซึมลึกลงไปสู่ดินชั้นล่าง ซึ่งพืชไม่สามารถดูดขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้ ส่วนของน้ำที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชคือ น้ำหรือความชื้นที่อยู่บริเวณหน้าดินชั้นบน หรือบริเวณที่รากพืชไปถึง (root zone) น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเหล่านี้อาจสูญเสียไปจากผิวดินหรือหน้าดินชั้นบนโดยการระเหยของน้ำจากผิวดิน (evaporation) และการสูญเสียจากการคายน้ำของพืช (transpiration or crop water use) เรียกการสูญเสียน้ำจากการระเหยและการคายน้ำของพืชรวมกันว่า การคายระเหย (evapotranspiration) ปริมาณการคายระเหยน้ำจากดินในฤดูกาลหนึ่งๆ มากน้อยเพียงใดขึ้นกับปัจจัยแวดล้อมหลายปัจจัย เช่น สภาวะภูมิอากาศ (อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความเร็วลม ฯลฯ) ชนิดและโครงสร้างของดิน ความชื้นในดิน ชนิดพืช ปริมาณน้ำที่พืชได้รับ และระยะการเจริญเติบโตของพืช เป็นต้น ดังนั้นปริมาณความต้องการน้ำของพืช หมายถึง ปริมาณน้ำที่ให้กับพืชเพื่อทดแทนน้ำที่สูญเสียไปจากดินโดยการคายระเหยนั่นเอง ดังนั้นหากไม่มีการให้น้ำแก่พืชเพื่อทดแทนน้ำหรือความชื้นที่สูญเสียไปจากดินก็จะมีผลทำให้พืชขาดน้ำ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช โดยระดับความรุนแรงของผลกระทบจากการขาดน้ำขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของการขาดน้ำ (severity of water deficit or severity of soil moisture stress) ชนิดพืชและระยะการเจริญเติบโตของพืช IRRI (2009) รายงานว่าพื้นที่ปลูกข้าวทั่วโลกประมาณ 70% เริ่มได้รับผลกระทบจากความแห้งแล้งมากขึ้น เนื่องจากพื้นที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่อาศัยเฉพาะน้ำฝน โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ปลูกซึ่งเป็นที่สูง Srividhya*et al.* (2011) รายงานว่าผลกระทบแล้งอาจทำให้ผลผลิตข้าวเสียหายระหว่าง 15-50% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของการขาดน้ำ และระยะการเจริญเติบโตของข้าวขณะที่ขาดน้ำ (growth phase) การตอบสนองต่อความแห้งแล้งของพืช เป็นกระบวนการทางชีววิทยาที่ซับซ้อนและมีความแตกต่างกันระหว่างชนิด (spicies) และพันธุ์หรือ genotype ของพืช MacMillan *et al.* (2006) รายงานว่าลักษณะการเจริญเติบโตและพัฒนาการของรากพืชเป็นองค์ประกอบหลักในการปรับตัวของพืชต่อสภาวะแห้งแล้ง เนื่องจากรากเป็นอวัยวะที่พืชทุกชนิดใช้สำหรับการดูดน้ำ-ธาตุอาหารเพื่อเลี้ยงส่วนต่างๆ ของลำต้น (Babu *et al.*,2001) ขณะที่ Kanbar*et al.* (2009) รายงานว่าความยาวรากสูงสุด (longest root)และน้ำหนักแห้งราก (dry root weight) มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการทนแล้งของข้าวไร่ สุวิทย์ (2532) รายงานว่าเมื่อข้าวประสบสภาวะแล้งจะมีการปรับตัวเพื่อให้สามารถอยู่รอดได้ซึ่งกลไกการปรับตัวต่อสภาวะแล้งของพืชมี 3 รูปแบบคือ 1) การหลีกเลี่ยงสภาวะแล้ง (drought escape) 2) การลดการสูญเสียน้ำ (dehydration avoidance)และ 3) การลดความเสียหายเนื่องจากการขาดน้ำ (dehydration tolerance) กลไกการตอบสนองต่อสภาวะแล้งดังกล่าวนี้สามารถใช้เป็นลักษณะสำหรับคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่สามารถทนทานต่อสภาวะแล้งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาพันธุ์ให้มีความสามารถในการให้ผลผลิตสูงและทนทานต่อสภาพความแห้งแล้งเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการปรับปรุงการผลิตข้าว โดยเฉพาะการปลูกข้าวในพื้นที่อาศัยเฉพาะน้ำฝน ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่ทั้งในประเทศไทยและทั่วโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562; Ricepedia, 2019) เนื่องจากข้าวพันธุ์ทนแล้งจะช่วยลดปัญหาความไม่แน่นอนของปริมาณผลผลิตซึ่งเกิดจากความไม่แน่นอนหรือไม่สม่ำเสมอของปริมาณน้ำฝนตลอดฤดูกาลเพาะปลูก งานวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาลักษณะต่างๆ ที่สัมพันธ์กับความสามารถในการทนแล้ง (drought tolerant related traits) และศักยภาพในการให้ผลผลิต (yield potential) ของข้าวพันธุ์พื้นเมืองและข้าวไร่ทั้งพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกและพันธุ์ที่กรมการข้าวแนะนำ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการกำหนดคู่ผสมในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าว และประเมินอัตราการถ่ายทอดพันธุกรรมในลักษณะต่างๆ ที่สัมพันธ์กับความสามารถในการทนแล้งเพื่อกำหนดวิธีการคัดเลือกสายพันธุ์ให้เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงสายพันธุ์ข้าว เพื่อผลผลิตสูง และทนทานต่อสภาวะการขาดน้ำหรือกระทบแล้งได้ดี ทั้งนี้ความยากง่ายในการปรับปรุงลักษณะใดลักษณะหนึ่งหรือโอกาสที่จะประสบผลสำเร็จสำหรับการปรับปรุงลักษณะใดลักษณะหนึ่งขึ้นอยู่กับสัดส่วนอิทธิพลของยีนต่อลักษณะที่ต้องการปรับปรุงเหล่านั้นและเรียกสัดส่วนอิทธิพลของยีน (genetic effect) ต่อลักษณะปรากฏ (phenotype) ว่าอัตราการถ่ายทอดพันธุกรรมหรืออัตราพันธุกรรม (heritability) โดยลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมสูงย่อมมีโอกาสประสบผลสำเร็จจากการคัดเลือกสูงกว่าการคัดเลือกลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมต่ำ หรืออาจกล่าวได้ว่าอัตราพันธุกรรมในลักษณะต่างๆ ที่ต้องการปรับปรุง เป็นข้อมูลสำคัญช่วยให้นักปรับปรุงพันธุ์สามารถเลือกใช้วิธีการคัดเลือกสายพันธุ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมสำหรับการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงลักษณะต่างๆ ให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1เพื่อศึกษาลักษณะที่สัมพันธ์กับการทนแล้งและประเมินความสามารถในการทนแล้ง (drought tolerant capacity) และศักยภาพในการให้ผลผลิต (yield potential) ของข้าวพันธุ์พื้นเมืองและข้าวไร่ ทั้งพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกและพันธุ์ที่กรมการข้าวแนะนำ

1.2.2 เพื่อศึกษาพันธุกรรมควบคุมลักษณะและอัตราการถ่ายทอดพันธุกรรมในลักษณะที่สัมพันธ์กับการทนแล้งองค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวไร่พันธุ์บาเกียวและ IR-1552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้ข้อมูลลักษณะที่สัมพันธ์กับการทนแล้ง (drought tolerant related traits) ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวพันธุ์พื้นเมืองและข้าวไร่ทั้งพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกและพันธุ์ที่กรมการข้าวแนะนำ เช่น ความยาวรากสูงสุด น้ำหนักรากแห้ง สัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้ง การสูญเสียน้ำผ่านทางปากใบ (stomatal conductance) เป็นต้น

13.2 ได้ผลการประเมินค่าความแปรปรวนเนื่องจากพันธุกรรมควบคุมลักษณะ (geneticsvariance)ที่สัมพันธ์กับการทนแล้งผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตในประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2-4 และอัตราการถ่ายทอดพันธุกรรมควบคุมลักษณะ (heritability) จากข้าวพันธุ์พ่อแม่ เช่น บาเกียวและ IR1552 สู่ลูกผสมชั่วที่ 3-4

1.3.3 ได้สายพันธุ์ข้าวลูกผสมชั่วที่ 4 ที่มีลักษณะต่างๆ ดีเด่นสามารถปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้ดี ทนทานต่อการกระทบแล้ง มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง เพื่อเข้าสู่การคัดเลือกและพัฒนาให้เป็นข้าวสายพันธุ์แท้ (pure line) ที่มีลักษณะต่างๆ ดีเด่นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

น้ำเป็นปัจจัยพื้นฐานที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยน้ำที่พืชใช้เพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตได้จากน้ำที่อยู่ในดินแทบทั้งสิ้น ซึ่งน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในช่วง field capacity-permanent wilting point (FC-PWP) การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของโลกมีผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชทุกชนิด รวมถึงข้าวที่เป็นพืชอาหารหลักของมนุษย์Challinor and Wheeler (2008) กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลให้บรรยากาศบนพื้นโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ข้าวเกิดสภาวะเครียดจากสภาพแวดล้อม (environmental stress) ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอาจก่อให้เกิดปัญหาความแห้งแล้งจากการทิ้งช่วงของฝนเป็นระยะเวลานาน หรือเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมฉับพลัน (flash flooding) ที่อาจเกิดเพิ่มมากขึ้นในฤดูมรสุม เป็นต้น ทั้งนี้ปัญหาในการผลิตพืชที่เกิดจากความแห้งแล้งจะทวีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อสภาพอากาศมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น Peng *et al*. (2015)และSmitamana (2015)รายงานสอดคล้องกันว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น 1°C จะมีผลทำให้ผลผลิตข้าวลดลงประมาณ10% ส่วนผลกระทบทางอ้อมคือการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืชจะมีความถี่และความรุนแรงเพิ่มขึ้น การกระจายของศัตรูพืชและพาหะโรคพืชจะขยายวงกว้างขึ้น Xiong (2015) รายงานว่าหากสภาวะอากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น 2°C จะทำให้วงจรชีวิตของแมลงศัตรูพืชพัฒนาครบวงจรได้เร็วขึ้นและสามารถทำลายผลผลิตข้าวให้เสียหายระหว่าง 8-23% ทั้งนี้ผลกระทบแล้งต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชย่อมแตกต่างกันตามชนิดพันธุ์ ระยะการเจริญเติบโตของพืชและระดับความรุนแรงของการขาดน้ำ โดยปัญหาการขาดน้ำจะพบได้เสมอในพื้นที่ปลูกพืชที่อาศัยเฉพาะน้ำฝน

ภาวะกระทบแล้งในพืช หมายถึง สภาวะที่พืชขาดน้ำหรือมีน้ำปริมาณน้อย ไม่เพียงพอกับความต้องการของพืชPantuwan*et al*. (2000) รายงานว่าผลกระทบแล้งต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวนอกจากขึ้นกับระดับความรุนแรงในการกระทบแล้ง (severity of drought stress) แล้วยังขึ้นกับระยะการเจริญเติบโตของข้าวขณะที่กระทบแล้งด้วย ดังนี้ 1) การกระทบแล้งในระยะเจริญเติบโตทางลำต้น (Vegetative phase หรือ early drought) คือ ระยะเมล็ดเริ่มงอก – ระยะที่ข้าวเริ่มมีการแตกกอแต่ยังแตกกอได้ไม่เต็มที่ เช่น ในพื้นที่ที่สภาพดินชั้นบนมีความชื้นต่ำประมาณ 10-11% ซึ่งความชื้นดินระดับนี้ถือว่าเป็นสภาพความแห้งแล้งในพื้นที่ปลูกความแห้งแล้งในระยะนี้จะทำให้กระบวนการงอกของเมล็ดข้าวช้าลงประมาณ 1 สัปดาห์ เปอร์เซ็นต์ความงอกลดต่ำเหลือประมาณ 64 % และยังส่งผลกระทบให้ผลผลิตลดลงกว่า 30 % เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ปลูกในดินที่มีน้ำเพียงพอการขาดน้ำในระยะนี้ส่งผลต่อสัณฐานวิทยาของข้าวเช่น การแผ่ขยายของใบข้าว การม้วนใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่หรือจำนวนใบตาย ความสูง และการแตกกอ เป็นต้น 2) การกระทบแล้งในระยะที่ข้าวแตกกอเต็มที่ – ระยะข้าวตั้งท้องหรือระยะสืบพันธุ์ (Reproductive phase) Bernier *et al*. (2008) รายงานว่าหากข้าวกระทบแล้งในช่วงนี้จะส่งผลกระทบต่อขบวนการทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวกับการสืบพันธุ์ ส่งผลต่อความเป็นหมันและจำนวนดอกต่อช่อรวงของข้าวซึ่งจะส่งผลร้ายแรงต่อผลผลิตของข้าวเพราะจะทำให้เปอร์เซ็นต์ความเป็นหมันของดอกข้าวเพิ่มขึ้นทำให้จำนวนเมล็ดต่อรวงน้อยลงความแห้งแล้งในระยะนี้จึงมีผลกระทบต่อผลผลิตของข้าวมากที่สุดและ 3) ผลกระทบแล้งในระยะสะสมน้ำหนักในเมล็ด (Grain filling phase หรือ late drought) ซึ่งเป็นสภาพความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นหลังจากที่ข้าวออกดอกแล้วจะมีผลต่อผลผลิตน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผลการกระทบแล้งใน 2 ระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยเฉพาะการกระทบแล้งในช่วงหลังของระยะนี้ ทั้งนี้เพราะอาหารส่วนใหญ่ที่ข้าวเก็บสะสมไว้ที่ลำต้นถูกส่งลำเลียงไปเก็บสะสมไว้ที่เมล็ดแล้วผลกระทบเพียงเล็กน้อยที่อาจเกิดขึ้นคือขนาดของเมล็ดข้าวเล็กลงส่งผลทำให้น้ำหนักต่อเมล็ดลดลง

2.1 สรีรวิทยาการเจริญเติบโตเพื่อสร้างผลผลิตภายใต้ภาวะแห้งแล้งหรือขาดน้ำ

ปัญหาสำคัญมากที่สุดในการปลูกข้าวไร่คือความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนและการกระจายตัวของน้ำฝนในรอบปีที่ส่งผลต่อศักยภาพการสร้างผลผลิตของข้าวไร่ซึ่งลักษณะสรีรวิทยาสำหรับการปรับตัวภายใต้สภาวะแห้งแล้งของข้าวไร่อาจปรับตัวในลักษณะทนแล้ง (tolerance) หรือการหลีกเลี่ยงแล้ง (avoidance) โดยทั่วไปลักษณะการทนแล้งของข้าวที่มีการศึกษาและรายงานเป็นการหลีกเลี่ยงแล้งมากกว่าการทนแล้งลักษณะทนแล้งมักจะเกี่ยวข้องกับค่าศักย์ของน้ำในใบ (leaf water potential, LWP) ที่ถูกรักษาให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าพันธุ์ไม่ทนแล้งโดยยังคงให้ผลผลิตสูงใกล้เคียงกับผลผลิตในสภาพมีน้ำอย่างพอเพียงทั้งนี้ขึ้นกับระยะการเจริญเติบโตของข้าวขณะกระทบแล้งหรือขาดน้ำพืชทนแล้งสามารถรักษาความเต่งและขนาดของเซลล์ไว้ได้โดยการปรับค่า LWP ให้ลดลงโดยเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายในเซลล์ (หรือลดค่า osmotic potential) กลไกการปรับตัวดังกล่าวนี้เรียกว่า osmotic adjustmentซึ่งเป็นการปรับตัวให้ทนแล้งที่สำคัญอย่างหนึ่งนอกเหนือจากการเพิ่มความสามารถในการดูดน้ำโดยการเพิ่มความยาวรากให้หยั่งลึกเป็นต้น Mackill (1990) พบว่า ปริมาณ proline ในเซลล์มีความสัมพันธ์อย่างมากกับความทนทานต่อสภาวะเครียดของพืชซึ่งอาจเกิดจากความเย็น ความเค็ม อุณหภูมิสูงและขาดน้ำฯลฯ ในสภาวะขาดน้ำอย่างรุนแรงนั้นพันธุ์ข้าวไร่มักจะมีความสามารถในการปรับ osmotic adjustment ได้ดีกว่าข้าวนาสวน (Indica lowland type) เนื่องจากข้าวไร่สามารถรักษา LWP ในสภาวะขาดน้ำให้อยู่ในระดับต่ำได้ดีกว่าข้าวนาสวน (Turner,1982) Hsiao *et al.* (1984) รายงานว่า พันธุ์ข้าวที่สามารถปรับ osmotic adjustment ได้ดีจะสามารถยืดเวลาเกิดการม้วนใบและการแห้งตายของใบข้าวให้ยืดออกไปได้นานขึ้นทำให้มีการสังเคราะห์แสงเป็นปกติและเพิ่มความต้านทานของปากใบทำให้การคายน้ำลดลงอีกด้วย

Fukoshima*et al.* (1985) พบว่าอัตราการสังเคราะห์แสงลดลงตามระดับความชื้นในดินที่ลดลงพันธุ์ข้าวนาสวนจะรักษาความสมดุลของน้ำในพืชและการสังเคราะห์แสงได้ดีมากในสภาพน้ำขังแต่อ่อนแออย่างมากในระดับขาดน้ำปานกลาง–รุนแรงซึ่งตรงข้ามกับข้าวไร่นอกจากนี้กลไกทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียน้ำจากใบข้าวคือการเปิดปิดปากใบการม้วนใบและการสร้างไขเคลือบผิวใบส่วนใหญ่แล้วน้ำจะระเหยออกทางปากใบแต่ในสภาวะขาดน้ำปากใบจะปิดดังนั้นในขณะที่พืชขาดน้ำ พืชจะมีการสูญเสียน้ำทางผิวใบโดยตรงพันธุ์ข้าวทนแล้งจะมีชั้นไขเคลือบผิวใบมากกว่าข้าวพันธุ์ไม่ทนแล้งและในขณะที่ปากใบปิดเพื่อรักษาน้ำนั้นทำให้เกิดผลเสียคือ ทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO_2 ลดลง ทำให้การสังเคราะห์แสงลดลงส่วนกลไกการเปิดปิดของปากใบนั้นขึ้นอยู่กับความเต่งของเซลล์ปากใบซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามค่า osmotic potential Culter*et al.* (1980) พบว่าข้าวทนแล้งจะมีการขยายขนาดของใบและในภาวะกระทบแล้งจะสามารถรักษา turgor pressure ภายในใบได้ดีมีอัตราการสังเคราะห์แสงค่อนข้างคงที่มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูง และอัตราการคายน้ำต่ำ

ลักษณะอายุสั้นเป็นการหลีกเลี่ยงสภาวะแห้งแล้งของข้าวแต่ลักษณะไวแสงเป็นกลไกที่สำคัญของข้าวนาน้ำฝนเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาขาดน้ำในระยะออกดอก-สะสมน้ำหนักในเมล็ดข้าวไวแสงส่วนมากจึงมีวันออกรวงสอดคล้องกับฤดูฝนบริเวณพื้นที่ปลูก กล่าวคือ มักจะออกรวงในช่วงที่มีฝนตกมากที่สุดของรอบปีหรือออกรวงก่อนหมดฤดูฝนประมาณ 3-4 สัปดาห์ เพื่อให้มีปริมาณน้ำฝนเพียงพอในระยะสะสมแป้งในเมล็ด Mackill (1990) รายงานว่าวันออกรวงเป็นลักษณะสำคัญมากที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของข้าวนาน้ำฝน Cooper and Shu (1996) แนะนำว่าการปรับปรุงพันธุ์ข้าวทนแล้งเพื่อใช้ปลูกในสภาพนาน้ำฝนควรพิจารณาระดับความรุนแรงและช่วงเวลาที่เกิดสภาวะแห้งแล้งควบคู่กันไปด้วยส่วนการม้วนใบข้าวเป็นผลกระทบของการขาดน้ำมากกว่าเป็นกลไกทนแล้งข้าวพันธุ์ทนแล้งมักจะมีการม้วนใบหลังจากประสบภาวะขาดน้ำเป็นเวลานานกว่าพันธุ์ไม่ทนแล้งและระดับการม้วนใบก็แตกต่างกันตามพันธุ์ในข้าวไร่ทนแล้งบางพันธุ์แม้ว่ามีอาการม้วนใบแต่ค่า LWP ยังคงสูงกว่าพันธุ์ข้าวนาสวนในระดับการขาดน้ำเดียวกันอย่างไรก็ตามข้าวที่มีการม้วนใบง่ายมักให้ผลผลิตต่ำ (Dingkuhn*et al.*, 1989) บุญหงส์ (2548) รายงานว่า ลักษณะบางประการของพืชที่สัมพันธ์กับการทนแล้ง เช่น ระบบรากลึกและหนา ใบแคบและหนา มีการปิดปากใบเร็ว ต้นสูงปานกลางและมีไขปกคลุมตามลำต้น อายุค่อนข้างสั้น มีปริมาณโพลีน (proline) สะสมในเซลล์สูง เป็นต้น

2.2 ผลการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

การปลูกพืชนอกเขตชลประทานและอาศัยเฉพาะน้ำฝนเพียงอย่างเดียว จะพบได้เสมอว่าเกษตรกรมักจะได้ผลผลิตต่ำกว่าการปลูกพืชชนิดเดียวกันในเขตชลประทานที่สามารถจัดการน้ำได้ เนื่องจาก ปริมาณและการกระจายของน้ำฝนเป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช Srividhya *et al.* (2011) รายงานว่าผลกระทบแล้งอาจทำให้ผลผลิตข้าวเสียหาย 15-50% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของการขาดน้ำและระยะการเจริญเติบโต (growth phase) ของข้าวขณะที่ขาดน้ำ Oktem *et al*. (2003) ศึกษาผลของการจัดการน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในเขตกึ่งแห้งแล้ง (semi-arid) ที่ประเทศตุรกี ใน 2 ฤดูปลูกระหว่างปี ค.ศ. 1998-1999 พบว่าการให้น้ำแบบน้ำหยดทุกๆ 2 วัน ในปริมาณที่เท่ากับปริมาณการคายระเหยของน้ำจากดินเป็นวิธีที่ดีที่สุดทำให้ข้าวโพดหวานมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงสุดเฉลี่ย 2 ฤดูปลูกเท่ากับ 13.4 ตัน/เฮกตาร์ ขณะที่การให้น้ำแบบน้ำหยดทุกๆ 8 วัน ซึ่งเป็นความถี่ในการให้น้ำที่น้อยที่สุด พบว่าข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หวานให้ผลผลิตเฉลี่ย 2 ฤดูปลูกเพียง 7.9 ตัน/เฮกตาร์ Howell *et al.* (1997) ศึกษาปริมาณการระเหยน้ำจากดินและปริมาณการให้น้ำที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวสาลี ข้าวฟ่าง และข้าวโพดในเขตพื้นที่ราบสูงในรัฐเท็กซัส ซึ่งตั้งอยู่บริเวณภาคตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา รายงานว่าข้าวโพดที่ปลูกในบริเวณนี้ใช้น้ำเฉลี่ยวันละ 12.4 มม. และใช้น้ำตลอดฤดูปลูก (seasonal water consumption) เท่ากับ 973 มม. และเนื่องจากพื้นที่บริเวณนี้มีปริมาณน้ำฝนในฤดูกาลเพาะปลูกน้อยมาก Nilsen and Orcutt (1996) รายงานว่าการให้น้ำปริมาณ 644 มม. ตลอดฤดูเพาะปลูกทำให้ข้าวโพดไร่ให้ผลผลิตสูงถึง 15.5 ตัน/เฮกตาร์ ปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างการขาดน้ำการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนขึ้นกับชนิดของพืชความผันแปรทางพันธุกรรมภายในพืชชนิดนั้นๆ ระยะการเจริญเติบโตและความรุนแรงของการขาดน้ำซึ่งเขาได้สรุปการตอบสนองต่อการขาดน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นสองทางคือการตอบสนองในทางลบ (negative feedbacks) และในทางบวก (positive feedbacks) การตอบสนองในทางลบเริ่มจากเมื่อเกิดการขาดน้ำจะทำให้การเจริญเติบโต และจำนวนใบลดลง ทำให้พื้นที่ใบลดลง พื้นที่ในการรับแสงจึงลดลง ส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง ส่วนการตอบสนองในทางบวกเมื่อเกิดภาวะขาดน้ำ คือทำให้การขยายตัวของเซลล์ช้าลงเกิดการสะสมสารละลาย (solute accumulation) ในเซลล์มากขึ้น (สัดส่วนของน้ำภายในเซลล์ลดลง) ทำให้ osmotic potential ภายในเซลล์ลดลง (ติดลบมากขึ้น) น้ำจะซึมผ่านผนังเซลล์เข้าไปสะสมภายในเซลล์เพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มี osmotic potential สูงกว่าไปที่ที่มีosmotic potential ต่ำกว่าเสมอ ดังนั้นเมื่อกระทบแล้งจะทำให้เกิดการสะสมสารละลายในเซลล์ เพิ่มขึ้น ทำให้ osmotic potential ภายในเซลล์ลดลง ทำให้น้ำจากภายนอกซึมผ่านผนังเซลล์เข้าไปสะสมภายในเซลล์เพิ่มขึ้น เป็นกลไกลดความเสียหายจากภาวะการขาดน้ำทั้งนี้การขาดน้ำในระยะเริ่มต้นของการเจริญเติบโตจะทำให้พื้นที่ใบลดลงเป็นผลให้พื้นที่ในการรับธาตุคาร์บอนลดลงแต่หากมีการขาดน้ำในช่วงการพัฒนาช่อดอกจะทำให้จำนวนดอกลดลงและความสามารถในการเจริญพันธุ์ถูกยับยั้ง (Nilsen and Orcutt, 1996)

Weerathaworn *et al*. (1992) ทำการทดลองเปรียบเทียบความสำคัญของน้ำบริเวณ topsoil และ subsoil ที่มีต่อการเจริญเติบโตของลำต้นและรากของข้าวโพด พบว่าน้ำบริเวณ topsoil มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าวโพดมากกว่าน้ำบริเวณ subsoil หากดินบริเวณ topsoil มีความชื้นลดลงจาก 10 เป็น 5 %จะทำให้การเจริญเติบโตและสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินลดลง 20 % และทำให้น้ำหนักแห้งของรากลดลงประมาณ 10 % นอกจากนั้นยังทำให้อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งลำต้นใบต่อน้ำหนักแห้งรากลดลง 21- 24 %

Ne Smith and Ritchie (1992) ศึกษาผลการขาดน้ำในดินในระยะเวลาสั้นและระยะเวลายาวนานในช่วงก่อนออกดอกต่อผลผลิตของข้าวโพดรายงานว่าการขาดน้ำในดินในช่วงก่อนออกดอกเป็นเวลานานจะทำให้ข้าวโพดสูญเสียผลผลิตไประหว่าง 15 - 25 % ซึ่งการลดลงของผลผลิตเกิดจากจำนวนเมล็ดที่มีการพัฒนาลดลง Harder *et al*. (1982) ศึกษาผลจากการขาดน้ำในระยะหลังการออกไหม(after silking) ต่อผลผลิตของข้าวโพด รายงานว่าการขาดน้ำมีอิทธิพลต่อน้ำหนักของเมล็ดทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลผลิตลดลง 20 % Neidhart (1994) พบว่าผลผลิตต่อต้นของข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1, สุวรรณ 3 และ KTX 2602ลดลง 13, 11 และ 9 กรัมต่อ 100 มิลลิเมตรของน้ำที่หายไปตามลำดับแสดงว่าความไวต่อการขาดน้ำของพันธุ์ KTX 2602 มีน้อยกว่าพันธุ์สุวรรณ 1 และสุวรรณ 3 Stegman (1982) รายงานว่าเมื่อเกิดภาวะขาดน้ำที่ระยะสร้างดอกผลผลิตของข้าวโพดลดลง38%แต่หากเกิดภาวะขาดน้ำในระยะสร้างเมล็ดผลผลิตจะลดลง 69 % De-Souza *et al*. (1997) รายงานว่าข้าวโพดที่ขาดน้ำในระยะก่อนออกไหม ระยะกำลังออกไหม และระยะหลังออกไหมทำให้ผลผลิตลดลง 25%, 50% และ 21% ตามลำดับ ส่วนการขาดน้ำในระยะสร้างเมล็ดในถั่วเหลืองทำให้ขนาดเมล็ดลดลง 8 - 20 %

2.3 ดัชนีชี้วัดสภาวะแล้งหรือภาวะการขาดน้ำ

เมื่อพืชได้รับน้ำไม่เพียงพอหรือกระทบแล้ง พืชจะมีการปรับตัวเพื่อให้สามารถดำรงชีพอยู่ได้ โดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีระวิทยาต่างๆ ซึ่งการปรับตัวเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีระวิทยาต่าง ๆ เหล่านี้สามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดสภาวะแล้งหรือภาวะการขาดน้ำได้ ดังนี้

2.3.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll content)

คลอโรฟิลล์จัดเป็นรงควัตถุชนิดหนึ่งที่มีสีเขียวตามธรรมชาติที่สะสมอยู่ในใบของพืชมีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์ด้วยแสงเมื่อพืชขาดน้ำเป็นเวลานานค่าดัชนีความเขียวของคลอโรฟิลล์ที่สะสมอยู่ในใบพืชจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับน้ำตามปกติ Ndjiondjop *et al.* (2012) ประเมินความทนแล้งของพืชโดยการบันทึกความเขียวของใบหรือปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบด้วยเครื่อง SPAD 502 พบว่า พันธุ์พืชที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงจะมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงสูง และเมื่อพืชประสบความแห้งแล้งปริมาณน้ำในใบจะลดลงประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ก็ลดลงด้วยพันธุ์ข้าวที่สามารถรักษาสภาพและปริมาณของคลอโรฟิลล์ได้ดีจะได้รับผลกระทบจากสภาพความแห้งแล้งน้อยกว่าพันธุ์ที่รักษาสภาพและปริมาณของคลอโรฟิลล์ได้ไม่ดี เนื่องจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงยังสามารถเกิดขึ้นได้ปกติ

2.3.2 การม้วนใบ (Leaf rolling)

ลักษณะการม้วนของใบหรือการพับของใบเป็นลักษณะที่พืชตอบสนองเมื่อประสบความแห้งแล้งเพื่อให้มีการสูญเสียน้ำลดลงเช่นในข้าวมีการปรับตัวโดยการม้วนใบซึ่งเป็นกลไกที่จะลดการสูญเสียน้ำและลดพื้นที่การคายน้ำ Fukai (1999) และปรียานุช และคณะ (2556) รายงานทำนองเดียวกันว่าการม้วนใบหรือพับใบนี้เป็นเพียงการตอบสนองในระยะสั้นๆของข้าวหากข้าวกระทบแล้งเป็นเวลานานอาจเกิดอาการเหี่ยวถาวรจนถึงขั้นทำให้ต้นข้าวตายได้งานทดลองของกิตติชัย และคณะ (2556) และ Kumar *et al*. (2008) ใช้ลักษณะการม้วนของใบเพื่อประเมินการปรับตัวเมื่อข้าวกระทบแล้งรายงานว่าสามารถใช้ลักษณะนี้ในการคัดเลือกข้าวพันธุ์ทนแล้งได้ Srividhya *et al.* (2011) รายงานว่าการกระทบแล้งในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นมีผลอย่างมากกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของข้าว โดยคะแนนการม้วนของใบขึ้นอยู่กับระดับความแห้งแล้งและความสามารถในการรักษาปริมาณน้ำภายในเซลล์ของพืช ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดและสายพันธุ์ของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ใบตาย (Drought score)

เมื่อข้าวกระทบแล้งเป็นเวลานานใบข้าวจะเหี่ยวถาวรเนื่องจากเกิดการสูญเสียน้ำในเซลล์เนื้อเยื่อของใบข้าวจะแสดงอาการแห้งตายอาการใบตายจะเริ่มจากบริเวณปลายใบก่อนอาการใบตายจะทำให้ใบสูญเสียพื้นที่ในการสังเคราะห์ด้วยแสงอาหารที่จะส่งไปเลี้ยงส่วนต่างๆของต้นข้าวจึงลดน้อยลงหรือการเจริญเติบโตของต้นข้าวอาจหยุดชะงักได้อาการใบตายจะรุนแรงหากข้าวกระทบแล้งเป็นระยะเวลานาน (Pantuwan *et al.,* 2004)

2.3.4 ศักย์ของน้ำในใบ (Leaf water potential)

การรักษาศักย์ของน้ำในใบเป็นการตอบสนองที่สำคัญของข้าวอีกรูปแบบหนึ่งเมื่อข้าวกระทบแล้งซึ่งศักย์ของน้ำในใบเป็นการวัดสถานะของน้ำทั้งหมดในต้นพืช Pantuwan *et al*., (2004) รายงานว่า ในสภาวะที่ต้นข้าวขาดน้ำการรักษาน้ำเอาไว้ในลำต้นและการใช้น้ำให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดเป็นสิ่งจำเป็นข้าวพันธุ์ใดที่มีความสามารถในการรักษาน้ำเอาไว้ได้ดีก็สามารถมีชีวิตอยู่ได้นาน Jongdee *et al*. (2002) ศึกษาความแตกต่างของผลผลิตข้าวในสภาพแล้งโดยใช้ศักย์ของน้ำในใบเป็นลักษณะในการคัดเลือกร่วมกับลักษณะอื่นๆรายงานว่า พันธุ์ที่รักษาศักย์ของน้ำในใบได้ดีจะทำให้เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของดอกต่ำ

2.3.5 ความสามารถในการฟื้นตัวหลังได้รับน้ำ (Recovery)

Pantuwan *et al.* (2000) ศึกษาการตอบสนองของข้าวนาสวนต่อสภาพแล้งโดยใช้ความสามารถในการฟื้นตัวหลังจากการกระทบแล้งแล้วได้รับน้ำเป็นดัชนีหนึ่งที่ใช้ในการคัดเลือกรายงานว่าความสามารถในการฟื้นตัวมีสหสัมพันธ์กับการม้วนใบและอาการใบตายโดยหลังจากที่ข้าวกระทบแล้งความชื้นในดินลดลงทำให้ข้าวไม่สามารถดูดน้ำขึ้นไปใช้ในลำต้นได้ข้าวจะเริ่มแสดงอาการเหี่ยวและเมื่อขาดน้ำเป็นระยะเวลานานจะทำให้เนื้อเยื่อของใบข้าวเริ่มแสดงอาการตายแต่หลังจากกลับมาได้รับน้ำต้นข้าวจะมีการดูดน้ำเข้าไปในลำต้นเพื่อทำให้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นใหม่

2.4 ดัชนีทนแล้ง (Drought tolerance index)

ดัชนีทนแล้งเป็นค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบลักษณะใดลักษณะหนึ่งของข้าวระหว่างข้าวที่กระทบกับความแห้งแล้งกับข้าวที่ได้รับน้ำปกติโดยดัชนีทนแล้งหาได้จากค่าลักษณะใดลักษณะหนึ่งในสภาพแห้งแล้งต่อลักษณะเดียวกันนั้นในสภาพที่ได้รับน้ำปกติสามารถใช้คำนวณได้ในหลายลักษณะค่าดัชนีจะเป็นตัวบ่งบอกการเปลี่ยนแปลงในลักษณะดังกล่าวเมื่อได้รับผลกระทบจากความแห้งแล้งว่าเพิ่มสูงขึ้นหรือลดลงจากสภาพที่ได้รับน้ำปกติมากน้อยอย่างไรค่าดัชนีสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับลักษณะที่ใช้ เช่น ลักษณะการม้วนใบจะสูงขึ้นมีค่ามากกว่า 1 แต่เมื่อกระทบแล้งแล้วผลผลิตจะลดลงค่าดัชนีผลผลิตจะน้อยกว่า 1 แต่มีข้าวบางพันธุ์เมื่อกระทบแล้งผลผลิตกลับสูงกว่าในสภาพที่ได้รับน้ำปกติค่าดัชนีทนแล้งจึงมากกว่า 1 ค่าดัชนีทนแล้งจึงเป็นอีกลักษณะที่มีการนำมาใช้ในการคัดเลือกข้าวทนแล้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 อัตราพันธุกรรม

อัตราพันธุกรรม (heritability) เป็นสัดส่วนระหว่างความแปรปรวนเนื่องจากพันธุกรรม (variation due to genetic cause) ต่อความแปรปรวนของลักษณะปรากฏที่ตรวจวัดได้ทั้งหมด (phenotypic variance) (ความแปรปรวนเนื่องจากพันธุกรรมรวมกับความแปรปรวนเนื่องจากสภาพแวดล้อม) ค่าที่ได้จะถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการกำหนดวิธีการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ในลักษณะที่ต้องการ (desirable traits) ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ค่าอัตราพันธุกรรมเป็นตัวกำหนดรูปแบบหรือวิธีการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงลักษณะใดลักษณะหนึ่ง และสามารถใช้คาดหมายผลสำเร็จในการปรับปรุงลักษณะใดลักษณะหนึ่งว่าจะสามารถปรับปรุงให้มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้มากน้อยเพียงใด (พีระศักดิ์, 2525) โดยลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมสูง การปรับปรุงลักษณะนี้ก็ย่อมจะมีโอกาสประสบความสำเร็จสูงและคัดเลือกได้ง่าย แต่หากลักษณะใดมีอัตราพันธุกรรมต่ำการปรับปรุงลักษณะดังกล่าวก็จะมีโอกาสประสบความสำเร็จน้อยลง ทั้งนี้อัตราพันธุกรรมแบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

2.5.1 อัตราพันธุกรรมแบบกว้าง

อัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability: h^2_{bs}) หมายถึง สัดส่วนของความแปรปรวนของลักษณะปรากฏที่เกิดจากผลของพันธุกรรมทุกรูปแบบ (h^2_{bs} is the proportion of phenotypic variance that is due to genetics cause) ทั้งผลของยีนแบบผลบวก แบบข่มและข่มข้ามตำแหน่ง เป็นค่าที่บ่งบอกถึงสัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ปรากฏ (phenotypic value) กับค่าจีโนไทป์ (genotypic value) ของลักษณะใดลักษณะหนึ่งในประชากร สมการทั่วไป ดังนี้

$$h^2_{bs} = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_P}$$

$$= \frac{\sigma^2_A+\sigma^2_D+\sigma^2_I}{\sigma^2_G+\sigma^2_E}$$

โดยที่ σ^2_G = ความแปรปรวนเนื่องจากพันธุกรรมทุกรูปแบบ

σ^2_P = ความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ

σ^2_A = ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนต่อลักษณะแบบผลบวก

σ^2_D = ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนต่อลักษณะแบบข่ม

σ^2_I = ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างยีนต่างตำแหน่งต่อลักษณะ

σ^2_E = ความแปรปรวนเนื่องจากสภาพแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 อัตราพันธุกรรมแบบแคบ

อัตราพันธุกรรมแบบแคบ (narrow-sense heritability: h^2_{ns}) หมายถึง สัดส่วนของความแปรปรวนของลักษณะปรากฏที่เป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของยีนแบบผลบวก (additive genetic effect) สมการทั่วไป ดังนี้

$$h^2_{ns} = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_P}$$

$$h^2_{ns} = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_G+\sigma^2_E}$$

โดยที่ σ^2_A =ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนต่อลักษณะแบบผลบวก

σ^2_G=ความแปรปรวนเนื่องจากพันธุกรรมทุกรูปแบบ

σ^2_P= ความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ

σ^2_E=ความแปรปรวนเนื่องจากสภาพแวดล้อม

2.6 วิธีการประเมินอัตราพันธุกรรม

อัตราพันธุกรรมในลักษณะใดลักษณะหนึ่งสามารถประเมินได้หลายวิธี การเลือกใช้วิธีการประเมินขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์หรือการนำไปใช้ประโยชน์และชนิดของเชื้อพันธุกรรม (genetic materials) ที่มีอยู่ของแต่ละโครงการวิจัย ดังนี้

2.6.1 ประเมินจากองค์ประกอบความแปรปรวน (Variance component method)

การหาอัตราพันธุกรรมจากการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (mean square) ของลักษณะปรากฏ (σ^2_P) ความแปรปรวนเนื่องจากผลของยีน (σ^2_G) และความแปรปรวนเนื่องจากสภาพแวดล้อม หรือ error variance (σ^2_E) ซึ่งองค์ประกอบของความแปรปรวนเหล่านี้สามารถคำนวณได้ตามวิธีการของแต่ละแผนการทดลอง (experimental design) แผนการผสมพันธุ์ (mating design) หรือขึ้นกับความสัมพันธ์ระหว่างพืชที่นำมาร่วมทดสอบ (covariance of relatives) โดยอาศัยหลักการพื้นฐานว่า ความแปรปรวนทั้งหมดที่สามารถตรวจวัดชั่งตวงได้ (phenotypic variance) เกิดจากอิทธิพลของ 2 ปัจจัย คือ 1) เกิดจากความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic variance) และ 2) เกิดจากสภาพแวดล้อม (environmental deviation variance or non-genetic variance or error variance) อัตราพันธุกรรมที่ประเมินได้โดยวิธีนี้เป็นอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (Broad sense heritability)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 ประเมินจากสัมประสิทธิ์รีเกรซชั่นระหว่างลูกกับพ่อ-แม่ (Parent-offspring regression)

สัมประสิทธิ์รีเกรสชั่น (b) ระหว่างลูกกับค่าเฉลี่ยของพ่อ-แม่ (regression coefficient of offsprings on midparents) (กรณีพ่อและแม่มีค่าสัมประสิทธิ์การผสมเลือดชิดเท่าๆ กัน) หรืออาจหาได้จากค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นระหว่างลูกกับพ่อหรือแม่ข้างใดข้างหนึ่ง ทั้งนี้เพราะในทางพันธุศาสตร์ปริมาณ (quantitative genetic) สามารถพิสูจน์ได้ว่าโควาเรียนซ์ (covariance) ระหว่างพ่อกับลูกหรือแม่กับลูกหรือระหว่างลูกกับค่าเฉลี่ยของพ่อ-แม่ (กรณีพ่อและแม่มีค่าสัมประสิทธิ์การผสมเลือดชิดเท่ากัน) มีค่าเท่ากับความแปรปรวน (variance) เนื่องจากปฏิกิริยาของยีนต่อลักษณะแบบเป็นผลบวก (additive genetic variance: σ^2_A) อัตราพันธุกรรมที่ประเมินด้วยวิธีนี้เป็นอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ (narrow sense heritability: h^2_{ns}) โดยสมการ การประเมินอัตราพันธุกรรมจากค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นระหว่างลูกกับพ่อ-แม่ เป็นดังนี้

ในพืชผสมตัวเอง $h^2_{ns} = b_{OP}$

โดย h^2_{ns} ในพืชผสมตัวเองเป็นอัตราพันธุกรรมหรืออัตราการถ่ายทอดพันธุกรรมแบบเป็นผลบวกจากพ่อ-แม่ (ซึ่งเป็นต้นเดียวกัน) สู่ลูก

ส่วนพืชผสมข้าม $h^2_{ns} = 2b_{OP}$

โดย h^2_{ns} ในพืชผสมข้าม เป็นอัตราพันธุกรรมหรืออัตราการถ่ายทอดพันธุกรรมแบบเป็นผลบวกจากพ่อหรือแม่ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งไปสู่ลูก ส่วนอีกฝ่ายอาจเป็นละอองเกสรจากต้นอื่นๆ ในประชากร

ทั้งนี้สัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นระหว่างลูกกับพ่อ-แม่ยังขึ้นกับค่าสัมประสิทธ์การผสมเลือดชิด (coefficient of inbreeding) ของพ่อ-แม่ด้วย Smith and Kinman (1965) แนะนำว่าหากเป็นพืชผสมตัวเอง หรือพืชที่มี 2 เพศอยู่ในต้นเดียวกัน กรณีนี้การหาค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นระหว่างลูกกับพ่อ-แม่ ควรจะต้องนำค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลูกกับพ่อ-แม่ มาพิจารณาด้วย ตามข้อเสนอของเขาสมการในการประเมินอัตราพันธุกรรมในพืชผสมตัวเองโดยวิธีนี้ เป็นดังนี้

อัตราพันธุกรรมในพืชผสมตัวเอง $h^2_{ns} = \dfrac{b_{OP}}{2r_{yx}}$

โดยสหสัมพันธ์ระหว่างลูกชั่วที่ 2 กับพ่อ-แม่ชั่วที่ 1 (r_{yx} or $r_{F2/F1}$) = 1/2
และสหสัมพันธ์ระหว่างลูกชั่วที่ 3 กับพ่อ-แม่ชั่วที่ 2 (r_{yx} or $r_{F3/F2}$) = 3/4
และสหสัมพันธ์ระหว่างลูกชั่วที่ 4 กับพ่อแม่ชั่วที่ 3 (r_{yx} or $r_{F4/F3}$) = 7/8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังมีวิธีอื่นๆ ที่สามารถใช้ในการประเมินอัตราพันธุกรรม เช่น ประเมินจากสหสัมพันธ์ระหว่างพ่อแม่กับลูก (Parent-offspring correlation) ประเมินจากการทดสอบลูกผสมกลับ (Backcross method) และประเมินจากความก้าวหน้าจากการคัดเลือก (Realized heritability) เป็นต้น

2.7 ลักษณะของข้าวพันธุ์ทนแล้งและพันธุ์ข้าวไร่ที่ดี

ข้าวพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่งจะมีความสามารถในการทนแล้งได้ดีเพียงใดขึ้นอยู่กับค่าดัชนีการทนแล้ง (drought tolerance index) ที่สำคัญ 4 ลักษณะคือ 1) สัดส่วนระหว่างรากกับส่วนต่างๆ ของลำต้นที่อยู่เหนือดิน (root/shoot ratio) 2) ปริมาณหรือน้ำหนักรากแห้ง/ต้น (root dry weight) 3) ความยาวราก (longest root) และรวมถึงทิศทางการเจริญของราก และ 4) ค่าการชักนำของปากใบ (stomatal conductance) ข้าวพันธุ์ทนแล้งจะต้องเป็นพันธุ์ที่มีค่าดัชนีการทนแล้งสูง 3 ลักษณะประกอบด้วย 1) สัดส่วนระหว่างรากกับส่วนต่างๆ ของลำต้นที่อยู่เหนือดิน 2) ปริมาณหรือน้ำหนักรากแห้ง/ต้น และ 3) ความยาวรากสูงสุด ส่วนค่าการชักนำของปากใบซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณการคายระเหยน้ำ (transpiration) ผ่านทางปากใบ (หรืออาจหมายถึง ค่าการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 uptake) ทางปากใบ) ของข้าวพันธุ์ทนแล้งต้องมีค่าต่ำกว่าพันธุ์ไม่ทนแล้ง นอกจากความสามารถในการทนแล้งได้ดีหรือดีกว่าข้าวนาสวนทั่วๆ ไปแล้ว ข้าวพันธุ์ทนแล้งและข้าวไร่พันธุ์ดีควรมีลักษณะต่างๆ ดังนี้ ต้นสูงประมาณ 100-120 เซนติเมตร ใบมีลักษณะยาว ใบส่วนบนตรง-ค่อนข้างตรง มีการเจริญเติบโตเร็วและแข็งแรง แตกกอปานกลาง-ดีมาก ลักษณะฟางแข็ง ทนแล้งและสามารถฟื้นได้ดีหลังจากการขาดน้ำ ทนต่อการหักล้ม ต้านทานโรคไหม้ โรคใบจุดสีน้ำตาล แมลงบั่ว ไส้เดือนฝอยรากกุด ทนทานต่อดินที่มีปัญหา เช่น ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ทนเค็ม ทนต่อสภาพดินกรด สามารถแข่งขันกับวัชพืชได้ดี กรณีเป็นพันธุ์ข้าวไวแสงควรออกดอกในเดือนกันยายน หรือไม่ช้ากว่ากลางเดือนตุลาคม ส่วนข้าวพันธุ์ที่ไม่ไวต่อช่วงแสงควรมีอายุ 100-140 วัน (บุญหงส์, 2546) ลักษณะรวงข้าวยาวโผล่พ้นใบธงและมีคอรวงยาว แต่ละกอควรมีจำนวนรวง 5-8 รวงต่อกอ และติดเมล็ด 150-200 เมล็ดต่อรวง มีคุณภาพเมล็ดดี เมล็ดยาวเรียว ไม่ร่วงง่าย ข้าวกล้องมีขนาดยาวประมาณ 7.3 มิลลิเมตร กว้าง 2.2-2.4 มิลลิเมตร และหนาประมาณ 1.7 มิลลิเมตร เมล็ดไม่มีท้องไข่ มีคุณภาพการสีที่ดี คุณภาพหุงต้มดี และมีกลิ่นหอม (บุญหงส์, 2546)

2.8 ลักษณะประจำพันธุ์ข้าวที่ใช้ในงานทดลอง

2.8.1 ข้าวพันธุ์ IR-1552 เป็นข้าวจากสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (International Rice Research Institute; IRRI) ประเทศฟิลิปปินส์ คณะผู้วิจัยได้รับเมล็ดข้าวพันธุ์ IR-1552 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ ลักษณะเป็นข้าวกลุ่มอินดิกา (indica) เป็นข้าวเจ้า ต้นสูงประมาณ 54 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 120 วัน ไม่ไวต่อช่วงแสง มีขนที่ใบแผ่นใบสีม่วงปนเขียว กาบใบสีม่วง มุมยอดแผ่นใบตั้งตรง ลิ้นใบสีขาวรูปร่างแหลม หูใบสีเขียวอ่อน ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อใบสีม่วง ข้อปล้องสีเขียวเส้นม่วง ทรงกอตั้ง ยอดเกสรตัวเมียเป็นสีม่วงดำ ยอดดอกสีน้ำตาลปนเหลืองเข้ม กลีบรองดอกสีฟาง ลำต้นค่อนค้างแข็ง ลักษณะใบธงตั้งตรง คอรวงสั้น และมีลักษณะเด่นคือ ความสามารถทนต่อสภาพความแห้งแล้งได้ดี

2.8.2 ข้าวพันธุ์บาเกียว (Baguio) เป็นข้าวที่เก็บรักษาพันธุ์ที่สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) คณะผู้วิจัยได้รับเมล็ดข้าวพันธุ์บาเกียว จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ ลักษณะเป็นข้าวกลุ่มอินดิกา (indica) เป็นข้าวเจ้าพื้นเมือง ต้นสูงประมาณ 88.5 เซนติเมตรไวต่อช่วงแสงปานกลาง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 108 วัน มีขนที่ใบ แผ่นใบและกาบใบสีเขียว ใบส่วนยอดตั้งตรง ลิ้นใบสีขาวรูปร่างแหลม หูใบสีเขียวอ่อน ข้อต่อใบสีเขียวอ่อน ข้อปล้องสีเขียว ทรงกอตั้ง คอรวงยาว รวงจับกันแน่น เมล็ดมีขน เปลือกเมล็ดสีเหลือง เมล็ดในสีขาว รูปร่างเมล็ดค่อนข้างยาว ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี และมีความสามารถในการทนแล้งได้ดี

2.8.3 ข้าวพันธุ์เหนียวดำลืมผัว (Niaw Dum Luem Phua) เป็นพันธุ์ที่ได้จากการรวบรวมพันธุ์โดยศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก เก็บรวบรวมพันธุ์ข้าวเหนียวนาปีของกลุ่มชาติพันธุ์ชาวม้ง จังหวัดตาก ปลูกเปรียบเทียบกับข้าวที่ปลูกจากแหล่งเดิม (อำเภอพบพระ) และคัดเลือกพันธุ์ให้บริสุทธิ์ ระหว่างปี 2534-2538 (กรมการข้าว, 2560) ลักษณะเป็นข้าวกลุ่มจาวานิกา (Javanica) เป็นข้าวเหนียวพื้นเมือง ต้นสูงประมาณ 151 เซนติเมตร ไวต่อช่วงแสง มีขนที่ใบ แผ่นใบและกาบใบสีเขียว มุมยอดแผ่นใบตก ลิ้นใบสีขาวรูปร่างแหลม หูใบสีเขียวอ่อน ข้อต่อใบสีเขียวอ่อน ข้อปล้องสีเขียว ทรงกอตั้ง คอรวงยาว รวงค่อนข้างแน่น เปลือกเมล็ดสีฟาง เมล็ดในสีม่วง ผลผลิตประมาณ 350 กิโลกรัมต่อไร่

2.8.4 ข้าวพันธุ์ กข6 (RD6) เป็นพันธุ์ข้าวเหนียวหอม ไวต่อช่วงแสงได้รับการปรับปรุงพันธุ์จากข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้รังสีแกมมาที่ 20 กิโลแรด ที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติแห่งประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2508 ปลูกและคัดเลือกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ฉายรังสีชั่วที่ 2 (M_2 population) ที่สถานีทดลองข้าวบางเขน ปลูกชั่วที่ 3 ที่สถานีทดลองข้าวพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ฯลฯ คัดเลือกได้ข้าวสายพันธุ์ดีทั้งสายพันธุ์ข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ปลูกทดสอบผลผลิตระหว่างสถานีและในนาเกษตรกรในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างปี พ.ศ. 2514-2519 ผลปรากฏว่าสายพันธุ์ KDML105'65-G3U-68-254 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ข้าวเหนียว ข้าวหุงสุกนุ่มเหนียว มีกลิ่นหอม และมีคุณภาพการหุงต้มรับประทานดี ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเป็นอันดับหนึ่งและให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เหนียวสันป่าตอง ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวเหนียวที่นิยมปลูกกันแพร่หลายในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กรมวิชาการเกษตรจึงพิจารณาให้เป็นพันธุ์รับรอง และแนะนำให้เกษตรกรปลูกเมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2520 (กรมการข้าว, 2562) ลักษณะเป็นข้าวพันธุ์ไวต่อช่วงแสง ต้นสูงประมาณ 160 เซนติเมตร ทรงกอแผ่ ปล้องสีเหลืองอ่อน ต้นแข็งแรงไม่ล้มง่าย ใบสีเขียวจาง มีขนเล็กน้อย กาบใบสีเขียว ใบธงค่อนข้างสั้น การแก่ของใบเร็วปานกลาง กลีบรองดอกมีขนาดสั้น สีฟาง รวงยาวปานกลาง คอรวงยาว จำนวนรวงต่อตารางเมตรเฉลี่ย 146 รวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวงเฉลี่ย 109 เมล็ด เมล็ดยาวเรียว มีเปลือกสีน้ำตาล เมล็ดมีขนสั้น ยอดเมล็ดสีน้ำตาลขนาดเมล็ดข้าวเปลือกยาว 10.59 มิลลิเมตร กว้าง 2.79 มิลลิเมตรและหนา 2.02 มิลลิเมตร น้ำหนัก 1,000 เมล็ดเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

26.11 กรัม คิดเป็นน้ำหนักข้าวเปลือก 10.84 กิโลกรัมต่อถัง ข้าวกล้องสีขาว ขนาดเมล็ดข้าวกล้องยาวเฉลี่ย 7.25 มิลลิเมตร กว้าง 2.26 มิลลิเมตรและหนา1.80 มิลลิเมตรผลผลิตเฉลี่ย 670 กิโลกรัมต่อไร่ วันเก็บเกี่ยวประมาณวันที่ 21 พฤศจิกายน ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 5 สัปดาห์ คุณภาพหุงต้มดี เป็นข้าวเหนียวนุ่ม มีกลิ่นหอม ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและแมลงบั่ว เป็นพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ ปลูกได้เฉพาะฤดูนาปี ลักษณะเด่น ให้ผลผลิตสูงและทนแล้งดีกว่าพันธุ์เหนียวสันป่าตอง คุณภาพการหุงต้มดี มีกลิ่นหอม และตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 ข้าวไร่พันธุ์ที่กรมการข้าวแนะนำ และพันธุ์พื้นเมืองดีเด่น จำนวน 10 พันธุ์ ดังนี้ เล็บนกนุสรา เหนียวดำลืมผัว ขุนวาง ภูเขาทอง ชิวเกลี้ยง สามเดือน พญาลืมแกง ชิวแม่จัน และดอกพะยอม พันธุ์เปรียบเทียบได้แก่ IR1552 และบาเกียว เป็นพันธุ์ทนแล้งมาตรฐาน และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวนาสวน-ทนแล้งปานกลาง รวมทั้งหมด 13 พันธุ์ และสายพันธุ์ที่ใช้ในการสร้างประชากรลูกผสม จำนวน 4 พันธุ์ ประกอบด้วย บาเกียว IR1552 เหนียวดำลืมผัว และกข6

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์

3.1.2.1 กระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 นิ้ว กรรไกรForcep ถุงกระดาษไข ปากคีบ คลิปหนีบกระดาษ ไม้ไผ่ เชือกป่าน ดินสอ

3.1.2.2 ตู้ควบคุมสภาพแวดล้อมในระหว่างการเจริญเติบโต (growth chamber)

3.1.2.3 ตู้อบ (hot air oven) สำหรับอบตัวอย่างเพื่อลดความชื้น

3.2 สถานที่ดำเนินงานวิทยานิพนธ์

3.2.1 แปลงทดลองคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

3.2.2 แปลงทดลองคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ จังหวัดชลบุรี

3.2.3 ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

3.3 ระยะเวลาดำเนินงาน

เดือนกรกฎาคม 2558-ธันวาคม 2562

3.4 วิธีดำเนินการทดลอง

การศึกษาการทนแล้งและความสามารถในการให้ผลผลิตของข้าวไร่พันธุ์ที่กรมการข้าวแนะนำ และพันธุ์พื้นเมืองดีเด่นเพื่อกำหนดพันธุ์แม่ในการผลิตลูกผสม จากนั้นทำการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์ที่มีลักษณะดีเด่น 4 พันธุ์ ผสมได้เมล็ดลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1-hybrid seeds) จำนวน 4 คู่ผสม จึงทำการปลูกขยายลูกผสมชั่วที่ 2 (multiplied F_2-progenies) แล้วนำลูกผสมชั่วที่ 2 แต่ละคู่ผสมไปจัดระยะปลูก (space planted) 1 ต้น/หลุม และเก็บผลผลิตและจดบันทึกข้อมูลเป็นรายกอ จากนั้นนำลูกผสมที่ได้ไปปลูกทดลองเพื่อศึกษาพันธุกรรมควบคุมลักษณะทนแล้ง และการศึกษาพันธุกรรมควบคุมลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต โดยมีลำดับการทดลองดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 การศึกษาลักษณะการทนแล้งของข้าวไร่พันธุ์แนะนำพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ทนแล้ง

ฤดูปลูกที่ 1 (สิงหาคม-ตุลาคม 2560)

ศึกษาลักษณะการทนแล้งของข้าวไร่พันธุ์แนะนำ พันธุ์พื้นเมืองดีเด่นและพันธุ์ทนแล้ง เพื่อกำหนดพันธุ์แม่ในการผลิตลูกผสมทำการทดลองต้นฤดูฝนปี พ.ศ. 2560 อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว (ส.ค.-ต.ค.) ที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ปลูกทดลองด้วยเมล็ดข้าวงอกในกระถางเส้นผ่าศูนย์กลาง 14 นิ้ว ที่ใส่ดินผสมระหว่างดินร่วนเหนียว: ดินทราย: ดินใบก้ามปู (*Samenca* sp.) อัตราส่วน 1:1:1 จำนวน 20 กก./กระถาง ปลูกเมล็ดงอก 3 เมล็ด/หลุม 3 หลุม/กระถาง จำนวน 5 กระถาง/หน่วยทดลอง หลังต้นกล้าอายุ 14 วัน ถอนให้เหลือ 1 ต้น/หลุม ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ (3.125 ก./กระถาง) หลังปลูก 14 วัน และสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กก./ไร่ (1.25 ก./กระถาง) หลังปลูก 30 วัน และเมื่อข้าวมีอายุ 40 วัน หลังปลูก สุ่มบันทึกค่าการไหลของน้ำผ่านปากใบ (stomatal conductance) จากใบที่ 2 นับจากใบยอดที่แผ่ขยายเต็มที่ของลำต้นหลัก ตรวจวัดในช่วงเวลา 10:00–12:00 น. ด้วยเครื่อง Steady State Porometer รุ่น LI-1600 จากนั้นใช้น้ำฉีดล้างรากและบันทึกความยาวราก น้ำหนักราก-ต้นสด และนำไปอบที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วบันทึกน้ำหนักรากแห้งและน้ำหนักต้นแห้งจำนวน 10 กอ/หน่วยทดลอง

3.4.2 การทดสอบศักยภาพการให้ผลผลิตในสภาพไร่ของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ

ฤดูปลูกที่ 2 (สิงหาคม-ธันวาคม 2560) ดินร่วนทราย

ทดสอบศักยภาพในการให้ผลผลิตของข้าวไร่ และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบรวม 13 พันธุ์/สายพันธุ์ในสภาพไร่ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ทำการเตรียมดินโดยไถดะลึก 15-20 เซนติเมตร ตากดินทิ้งไว้ 5-7 วัน จากนั้นไถพรวน 1-2 ครั้ง ย่อยดินให้มีขนาดเล็ก และขึ้นแปลงเป็นรูปหลังเต่าเพื่อให้มีการระบายน้ำที่ดี จากนั้นทำการปลูกสายพันธุ์ข้าวเป็นแถว โดยมีระยะห่างระหว่างแถว 25 เซนติเมตร และระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร ขุดหลุมปลูกลึก 3-5 เซนติเมตร แล้วจึงหยอดเมล็ดพันธุ์ 5-8 เมล็ด/หลุม การให้น้ำในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative growth stage) คือตั้งแต่เริ่มปลูกอายุ 60 วัน ปล่อยให้ข้าวไร่งอกและเจริญเติบโตโดยอาศัยเฉพาะน้ำฝนและความชื้นจากธรรมชาติเท่านั้น และเมื่อต้นข้าวเข้าสู่ระยะการสืบพันธุ์ (reproductive growth stage) หรือข้าวเริ่มตั้งท้องตั้งแต่อายุ 60 วัน เป็นต้นไปทำการให้น้ำเสริมแบบพ่นฝอย (sprinkler irrigation) เมื่อฝนทิ้งช่วงนานเกิน 2 สัปดาห์ (ตลอดการทดลองให้น้ำเสริม 3 ครั้ง) การใส่ปุ๋ย ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0 อัตรา 20 กก./ไร่ ที่อายุ 16-18 วันหลังงอก ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กก./ไร่ ร่วมกับสูตร 15-15-15 อัตรา 10 กก./ไร่ ที่อายุ 45 วันหลังงอก (หลังใส่ครั้งที่ 1 ประมาณ 4 สัปดาห์) และครั้งที่ 3 ใส่ปุ๋ยสูตรและอัตราเหมือนกับการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ที่อายุ 75 วันหลังงอก (หลังใส่ครั้งที่ 2 ประมาณ 4 สัปดาห์) การควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัชพืชในแปลงทดลองหลังการปลูก โดยใช้แรงงานคนเข้าไปถอนวัชพืชบริเวณรอบๆ กอข้าวและในกอข้าว ที่อายุ 16-18, 45 และ 60 วันหลังงอก ตามลำดับ

3.4.3 การผสมพันธุ์เพื่อสร้างลูกผสมชั่วที่ 1

ฤดูปลูกที่ 3 ปลูกข้าวพันธุ์ที่กำหนดให้เป็นพันธุ์พ่อ-แม่ (มกราคม-เมษายน 2560) จำนวน 4 พันธุ์ ดังนี้ 1) พันธุ์แม่ คือ บาเกียว และ IR1552 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีคุณสมบัติในการทนแล้งและให้ผลผลิตสูง 2) พันธุ์พ่อ คือ เหนียวดำลืมผัว และกข6 เป็นสายพันธุ์ข้าวเหนียว ข้าวหุงสุกนุ่มเหนียว มีกลิ่นหอม โดยกำหนดวันปลูกให้พันธุ์พ่อ-แม่ ออกดอกพร้อม ๆ กัน นอกจากนี้ได้ทำการปลูกพันธุ์พ่อจำนวน 5 รุ่น แต่ละรุ่นห่างกันประมาณ 5 วัน เพื่อให้แน่ใจว่าเมื่อพันธุ์แม่พร้อมรับการผสมจะมีละอองเกสรจากพันธุ์พ่อเพื่อใช้ในการผสมอย่างเพียงพอ ทั้งนี้ก่อนทำการปลูกได้นำเมล็ดพันธุ์ดังกล่าวไปแช่น้ำประมาณ 12 ชั่วโมง และหุ้ม 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ไปหว่านในแปลงเพาะกล้า เมื่อต้นกล้ามีอายุประมาณ 22 วันจึงได้มีการคัดเลือกต้นกล้าที่มีความแข็งแรงมีขนาดสม่ำเสมอและย้ายลงปักดำในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 นิ้ว โดยทำการปักดำ 1 ต้น/หลุม ใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง ครั้งแรกใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0 อัตรา 1.25 กรัม/กระถาง (25 กก./ไร่) หลังย้ายกล้าปักดำ 2-3วัน ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0 อัตรา 1.25 กรัม/กระถาง (25 กก./ไร่) ที่อายุ 25-30วัน หลังใส่ปุ๋ยครั้งแรก และครั้งที่ 3 ใช้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 0.5 กรัม/กระถาง (10 กก./ไร่) ที่อายุ 25-30 วัน หลังใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 และเมื่อข้าวพันธุ์พ่อ-แม่ออกดอกได้ทำการผสมพันธุ์สร้างลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1-hybrid) จำนวน 4 คู่ผสม ประกอบด้วย

1. บาเกียว × เหนียวดำลืมผัว ผสมได้เมล็ดลูกผสม (F_1-hybrid seed) จำนวน 17 เมล็ด
2. บาเกียว × กข6 ผสมได้เมล็ดลูกผสม (F_1-hybrid seed) จำนวน 17 เมล็ด
3. IR-1552 × เหนียวดำลืมผัว ผสมได้เมล็ดลูกผสม (F_1-hybrid seed) จำนวน 20 เมล็ด
4. IR-1552 × กข6 ผสมได้เมล็ดลูกผสม (F_1-hybrid seed) จำนวน 30 เมล็ด

3.4.4 การศึกษาพันธุกรรมควบคุมลักษณะการทนเล้ง

ฤดูปลูกที่ 4 (กรกฎาคม-ตุลาคม 2561) ทำการศึกษาพันธุกรรมควบคุมลักษณะการทนเล้งในประชากรลูกผสมระหว่างคู่ผสม บาเกียว × เหนียวดำลืม และ IR-1552 × เหนียวดำลืมผัว ทำการทดลองต้นฤดูฝนปี พ.ศ. 2561 อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว (ส.ค.-ก.ย.) ที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ปลูกทดลองด้วยเมล็ดข้าวงอกในกระถางเส้นผ่าศูนย์กลาง 14 นิ้ว ที่ใส่ดินผสมระหว่างดินร่วนเหนียว: ดินทราย: ดินใบก้ามปู (*Samenca* sp.) อัตราส่วน 1:1:1 จำนวน 20 กก./กระถาง ปลูกเมล็ดงอก 3 เมล็ด/หลุม 3 หลุม/กระถาง จำนวน 5 กระถาง/หน่วยทดลอง เมื่อต้นกล้าอายุ 14 วัน ถอนแยกเหลือ 1 ต้น/หลุม ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ (3.125 ก./กระถาง) หลังปลูก 15 วัน และสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กก./ไร่ (1.25 ก./กระถาง) หลังปลูก 30 วัน และเมื่อข้าวมีอายุ 40 วัน หลังปลูก สุ่มบันทึกค่าการไหลของน้ำผ่านปากใบ (stomatal conductance) จากใบที่ 2 นับจากใบยอดที่แผ่ขยายเต็มที่ของลำต้นหลัก ตรวจวัดในช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา 10:00–12:00 น. ด้วยเครื่อง Steady State Porometer รุ่น LI-1600 จากนั้นใช้น้ำฉีดล้างราก และบันทึกความยาวราก น้ำหนักราก-ต้นสด และนำไปอบที่อุณหภูมิ 80˚C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วบันทึกน้ำหนักรากแห้ง และน้ำหนักต้นแห้งจำนวน 10 กอ/หน่วยทดลอง

3.5 การจดบันทึกข้อมูล

3.5.1 บันทึกข้อมูลผลการทดลองที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดลักษณะทนแล้ง 4 ลักษณะ ได้แก่ ความยาวรากสูงสุด น้ำหนักรากแห้ง สัดส่วนน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้ง ค่าการไหลของน้ำผ่านปากใบ (stomatal conductance)

3.5.2 จดบันทึกข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตประชากรชั่วรุ่นที่ 2 เป็นรายกอ เพื่อประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตของแต่ละกอ เพื่อใช้ประกอบการคัดเลือกเป็นต้นพ่อสำหรับการผสมกับพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เพื่อสร้างลูกผสม 3 ทาง สำหรับการคัดเลือกสายพันธุ์ดีเด่นต่อไป

3.5.1.1 การเจริญเติบโต

(1) ความสูง วัดความสูงของต้นข้าวจากโคนต้นบริเวณผิวดินถึงรอยต่อระหว่างแผ่นใบและกาบใบธง (เซนติเมตร) โดยเลือกวัดจากต้นที่มีความสูงมากที่สุดในแต่ละกอ

(2) น้ำหนักกอแห้ง โดยการตัดต้น (ฟางข้าว) แล้วห่อด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ มัดด้วยเชือกฟางให้แน่น ก่อนจะนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่ แล้วนำไปชั่งน้ำหนักแห้ง

(3) จำนวนรวงต่อกอ นับจำนวนรวงต่อกอแล้วจดบันทึก

(4) วัดความยาวของรวงในแต่ละกอ แล้วบันทึกเพื่อหาค่าเฉลี่ย

(5) นับจำนวนแขนงของรวงข้าว แล้วจดบันทึกเพื่อหาค่าเฉลี่ย

3.5.1.2 ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต

(1) การคัดแยกเมล็ดและนับจำนวนเมล็ด การนวดเมล็ดข้าวเปลือกออกจากรวงแล้วนำเมล็ดข้าวเปลือกไปลอยน้ำ คัดแยกเมล็ดดีและเมล็ดลีบ ผึ่งให้แห้งแล้วนำใส่ถุงกระดาษสีน้ำตาล จากนั้นนำไปอบในตู้อบไอร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง วัดความชื้น ชั่งน้ำหนักเมล็ดดี และทำการนับจำนวนเมล็ดดี จำนวนเมล็ดลีบ และจำนวนเมล็ดทั้งหมด

(2) น้ำหนัก 100 และ 1,000 เมล็ด สุ่มเมล็ดที่มีความชื้นประมาณ 15% ของแต่ละกอจำนวน 100 เมล็ด (ด้วยเครื่องวัดความชื้นในเมล็ด Steinlite SB-900) ชั่งน้ำหนักหน่วยเป็นกรัมแล้วปรับข้อมูลให้มีหน่วยเป็นกรัมต่อ 1,000 เมล็ด

(3) วัดความชื้นของเมล็ดดี จำนวน 250 กรัม ด้วยเครื่องวัดความชื้นในเมล็ด Steinlite SB-900)

(4) ผลผลิตข้าวเปลือกต่อกอ (กรัม/กอ) นำรวงข้าวมานวด แยกแขนงช่อรวงออกและนำเมล็ดข้าวเปลือกต่อกอ ไปชั่งหาน้ำหนักแห้ง ที่มีความชื้นประมาณ 15% แล้วจดบันทึกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) การคำนวณผลผลิตและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีตามสูตรที่ (3.1) และสูตรที่ (3.2) ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดดีเฉลี่ย/รวง}}{\text{จำนวนเมล็ดทั้งหมดเฉลี่ย/รวง}} \times 100 \quad (3.1)$$

$$\text{ผลผลิต (กก./ไร่)} = \frac{\text{ผลผลิต (กรัม/กอ)} \times 40{,}000}{1{,}000} \quad (3.2)$$

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลอง

3.6.1 วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference: LSD

3.6.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลผลการทดลองในแต่ละสภาพแวดล้อม ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design; RCBD) ตามสมการที่ (3.3) ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij} \quad (3.3)$$

3.6.3 วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของข้อมูลผลการทดลองลักษณะต่างๆ ตามแผนการทดลองแบบ RCBD (Gomez and Gomez, 1983) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test) โดยรูปแบบข้อมูล (statistic model) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อกตามสมการที่ (3.4) ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij} \quad (3.4)$$

โดยที่ i = 1, 2, 3,....., n (จำนวนพันธุ์)

j = 1, 2, 3,....., n (จำนวนซ้ำของการทดลอง)

Y_{ij} = ค่าสังเกตที่ได้รับอิทธิพลของพันธุ์ที่ i ในซ้ำที่ j

μ = ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดทุกพันธุ์ในทุกซ้ำ

T_i = อิทธิพลของพันธุ์ที่ i

B_j = อิทธิพลของซ้ำที่ j

e_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของงานทดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ประชากรชั่วรุ่นที่ 2 เป็นอิทธิพลสุ่ม (random effect) การวิเคราะห์ความแปรปรวนและค่า expected mean square (EMS) ได้แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะต่างๆ ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก

source of variation	df	MS	EMS	F
replications (r)	(r-1)	M1	$\sigma_e^2 + g\sigma_R^2$	M1 / M3
genotypes (g)	(g-1)	M2	$\sigma_e^2 + \sigma_G^2$	M2 / M3
Error	(g-1) (r-1)	M3	σ_e^2	
total	(gr-1)			

หมายเหตุ
- r = จำนวนซ้ำของงานทดลอง
- g = จำนวนสายพันธุ์
- M1 = mean square ของซ้ำงานทดลอง
- M2 = mean square ของสายพันธุ์
- M3 = mean square ของความคลาดเคลื่อนงานทดลอง
- σ_e^2 = ความแปรปรวนอันเนื่องมาจากความคลาดของงานทดลอง
- σ_R^2 = ความแปรปรวนอันเนื่องมาจากซ้ำของงานทดลอง
- σ_G^2 = ความแปรปรวนอันเนื่องมาจากสายพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาลักษณะการทนแล้งของข้าวไร่พันธุ์แนะนำ พันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ทนแล้ง (การทดลองที่ 1)

ข้าวไร่พันธุ์ที่กรมการข้าวแนะนำ และพันธุ์พื้นเมืองดีเด่นจำนวน 10 พันธุ์ดังนี้ เล็บนก นุสรา เหนียวดำลืมผัว ขุนวาง ภูเขาทอง ซิวเกลี้ยง สามเดือน พญาลืมแกง ซิวแม่จัน และดอกพะยอม พันธุ์เปรียบเทียบได้แก่ IR1552 และบาเกียว เป็นพันธุ์ทนแล้งมาตรฐานและพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวนาสวน-ทนแล้งปานกลาง รวมทั้งหมด 13 พันธุ์ลักษณะที่ใช้เป็นดัชนีชี้วัดการทนแล้งในการศึกษานี้มี 4 ลักษณะประกอบด้วย ความยาวรากสูงสุดน้ำหนักรากแห้ง สัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้งและค่าการไหลของน้ำผ่านปากใบที่อายุ 40 วันหลังปลูกระหว่างพันธุ์ที่ร่วมทดสอบ พบว่า ความยาวรากสูงสุด สัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้ง และค่าการไหลของน้ำผ่านปากใบที่อายุ 40 วันหลังปลูกระหว่างพันธุ์ที่ร่วมทดสอบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.01$) ส่วนน้ำหนักรากแห้งพบว่าไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ความแปรปรวนในลักษณะดัชนีการทนแล้งของข้าวไร่ 10 พันธุ์พันธุ์เปรียบเทียบ 3 พันธุ์ปลูกทดสอบในฤดูฝนปี 2560 (ส.ค.-ธ.ค.) พื้นที่ดินร่วนทราย

		Mean Square			
Source of variance	df	Longest root length (cm)	Root dry wt (g/hill)	Root/shoot dry wt ratio	Stomatal conductant mmol/ m^{-2}/s^{-1}
Replications	2	1,874.14**	7,446.56^{ns}	0.612**	1.145**
Genotypes (G)	12	124.94**	496.43^{ns}	0.040**	0.076**
Error	12	17.20	24.04	0.016	0.0006

** = significant difference at $p<0.01$.

4.1.1 ความยาวรากสูงสุด

ผลการทดลองพบว่า ความยาวรากสูงสุด ระหว่างพันธุ์ที่ร่วมทดสอบมีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.01$) โดยพันธุ์บาเกียวมีความยาวรากมากที่สุดเท่ากับ 50.00 ซม. รองลงมาคือ พันธุ์IR1552 และขุนวางมีรากยาวที่สุด44.10 และ 43.23 ซม.ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์ดอกพะยอม เล็บนก พญาลืมแกง ซิวแม่จัน ภูเขาทอง สามเดือน ขาวดอกมะลิ 105 นุสรา และซิวเกลี้ยง เป็นกลุ่มพันธุ์ที่มีความยาวรากปานกลาง มีรากยาวที่สุดเท่ากับ 38.53 36.47 35.00 34.03 33.77 33.60 32.17 29.50 และ27.63 ซม. ตามลำดับ โดยพันธุ์เหนียวดำลืมผัวมีความยาวรากน้อยที่สุดเพียง 23.63 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 น้ำหนักรากแห้ง

การเจริญเติบโตของรากตรวจวัดในรูปน้ำหนักรากแห้ง ผลการทดลอง พบว่าข้าวที่ร่วมทดสอบ 13 พันธุ์มีน้ำหนักรากแห้งที่อายุ 40 วันหลังปลูกไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 4.2) โดยข้าวไร่พันธุ์นุสรา เหนียวดำลืมผัว และขุนวาง มีน้ำหนักรากแห้งค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกันกับข้าวพันธุ์อื่นๆ เท่ากับ 25.48 25.06 และ 24.59 กรัม/กอ ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์พญาลืมแกงมีน้ำหนักรากแห้งต่ำที่สุด เท่ากับ 17.03 กรัม/กอ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์อื่นๆ

4.1.3 สัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้ง

สัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้ง เป็นลักษณะทางสรีระที่สำคัญที่สัมพันธ์กับการทนแล้งของพันธุ์ข้าว โดยข้าวที่มีสัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้งสูงมีแนวโน้มทนแล้งดีกว่าพันธุ์ที่มีสัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้งต่ำ ผลการทดลอง พบว่าข้าวพันธุ์บาเกียว IR1552 และขุนวางมีสัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้งสูงสุด 3อันดับแรกเท่ากับ 0.61 0.53 และ0.51ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) ขณะที่ข้าวพันธุ์เหนียวดำลืมผัว สามเดือน ขาวดอกมะลิ 105 พญาลืมแกง ซิวแม่จัน และนุสรา มีสัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้งสูงปานกลาง เท่ากับ 0.49 0.49 0.48 0.47 0.46 และ0.45 ตามลำดับ ส่วนข้าวพันธุ์ภูเขาทองซิวเกลี้ยง และเล็บนกมีสัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้งต่ำเท่ากับ 0.37 0.37 และ 0.35 ตามลำดับ

4.1.4 ค่าการไหลของน้ำผ่านปากใบ

ค่าการไหลของน้ำผ่านออกทางปากใบ เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาตรน้ำที่มีการคายระเหยผ่านทางปากใบ ด้วยเหตุนี้พืชใดที่มีการสูญเสียน้ำผ่านออกทางปากใบต่ำ จัดเป็นพันธุ์ที่ปรับตัวต่อสภาวะขาดน้ำได้ดีหรือทนแล้งได้ดีกว่าพันธุ์ที่มีค่าการสูญเสียน้ำผ่านปากใบสูง ผลการทดลองพบว่า ข้าวพันธุ์บาเกียว IR1552 และขุนวาง มีค่าการสูญเสียน้ำผ่านปากใบต่ำที่สุดใน 3 อันดับ และไม่แตกต่างกันในทางสถิติเท่ากับ 1.39 1.41 และ1.43 ตามลำดับ แต่น้อยกว่า ($p<0.01$) การสูญเสียน้ำทางปากใบของข้าวพันธุ์อื่นๆ ที่มีค่าการสูญเสียน้ำผ่านปากใบมีค่าอยู่ระหว่าง 1.50-1.78 mmol/m^{-2}/s^{-1} (ตารางที่ 4.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ความยาวราก น้ำหนักรากแห้ง น้ำหนักต้นแห้ง สัดส่วนน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้ง และค่าการไหลของน้ำผ่านปากใบของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบรวม 13 พันธุ์ทดสอบในฤดูฝน (ส.ค.- ต.ค.) ปี 2560

Varieties	Longest root length (cm)	Root dry wt (g/hill)	Root/shoot dry wt ratio	Stomatal conductant mmol/ m^{-2}/s^{-1}
IR1552	44.10ab	19.30	0.53ab	1.41hi
Baguio	50.00a	21.41	0.61a	1.39i
Leb Nok	36.47abcde	17.39	0.35d	1.62cde
Noot Sara	29.50cde	25.48	0.45abcd	1.61fg
Niaw Dum Luem Phua	23.63e	25.06	0.49abcd	1.50hg
Khun Wang	43.23abc	24.59	0.51abcd	1.43ghi
Phukaothong	33.77bcde	20.45	0.37cd	1.78b
Sew Gliang	27.63ed	16.89	0.37cd	1.71a
Sam Deuan	33.60bcde	22.20	0.49abcd	1.52fg
Pa-yah Leum Gaeng	35.00bcde	17.03	0.47abcd	1.71bc
Sew Mae Jan	34.03bcde	21.41	0.46bcd	1.52fg
Dawk Pa Yawm	38.53abcd	18.80	0.44abcd	1.61de
Khao Dawk Mali 105	32.17bcde	20.55	0.48abcd	1.70bcd
F-test	**	ns	**	**
C.V. (%)	13.47	21.11	12.58	1.62

Means within column followed by the same letter indicated a significant difference between varieties by DMRT, ** = significant difference at p<0.01.: ns = not significance difference

4.2 การเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ (การทดลองที่ 2)

4.2.1ความแปรปรวนในลักษณะการเจริญเติบโตผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

ความแปรปรวนในลักษณะการเจริญเติบโต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไร่ 10 พันธุ์และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 3 พันธุ์ ปลูกทดสอบในฤดูฝนปี 2560 (ส.ค.-ธ.ค.) พื้นที่ดินร่วนทรายผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวทั้ง 13 พันธุ์ พบว่า ความแปรปรวนระหว่างพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) ทั้งในลักษณะการเจริญเติบโตผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตทั้ง 10 ลักษณะ ประกอบด้วย ความสูงต้น น้ำหนักกอแห้ง จำนวนรวง/กอ ความยาวรวง จำนวนแขนงระแง้ช่อรวง/รวง จำนวนเมล็ดทั้งหมด/รวง จำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดดี/รวง เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ดและผลผลิตข้าวเปลือก (ก./กอ) (ตารางที่ 4.4 และ 4.5) ผลการทดลองยังพบว่า ความแปรปรวนระหว่างซ้ำในลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตทั้ง 10 ลักษณะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าพื้นที่ทดลองมีความสม่ำเสมอ อิทธิพลของซ้ำ จึงไม่มีนัยสำคัญต่อผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3 ความแปรปรวนในลักษณะการเจริญเติบโตของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ ปลูกทดสอบในฤดูฝนปี 2560 (ส.ค.-ธ.ค.) พื้นที่ดินร่วนทราย

		Mean Square				
Source of variance	df	Plant ht.(cm)	Straw dry wt (g/hill)	No. of panicles/hill	Panicles length (cm)	No. of 1st branches
Replications	2	5,011.91 ns	6,924.03 ns	1,687.11 ns	301.11 ns	205.36 ns
Genotypes (G)	12	417.65 **	577.00 **	140.59 **	25.09 **	17.11 **
Error	12	16.57	137.79	10.85	1.60	1.24

** = significant difference at p<0.01; ns = not significance difference.

ตารางที่ 4.4 ความแปรปรวนในลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ปลูกทดสอบในฤดูฝนปี 2560 (ส.ค.-ธ.ค.) พื้นที่ดินร่วนทราย

		Mean Square				
Source of variance	df	No. of spikelets/ panicle	No. of filled grains/panicle	Percentage of filled grain (%)	1,000 grain wt (g)	Grain yield (g/hill)
Replications	2	66,309.77 ns	48,811.10 ns	2,110.92 ns	1,313.08 ns	27,019 ns
Genotypes (G)	12	5,525.81 **	4,067.59 **	175.91 **	109.42 **	2,251.66 **
Error	12	171.56	130.42	22.88	4.58	164.66

** = significant difference at p<0.01; ns = not significance difference.

4.2.2 การเจริญเติบโต

ผลการศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตที่ศึกษาทั้ง 5 ลักษณะ ประกอบด้วย ความสูงต้น น้ำหนักกอแห้ง จำนวนรวง/กอ ความยาวรวง และจำนวนแขนงระแง้ช่อรวง มีความแตกต่างทางสถิติ (p<0.01) โดยข้าวพันธุ์ขุนวาง มีความสูงเฉลี่ยสูงสุด 102.66 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์เล็บนกที่มีการสะสมน้ำหนักแห้งกอข้าว เฉลี่ย 92.91 กรัม/กอ โดยพันธุ์บาเกียวจำนวนรวง/กอมากที่สุด 31.06 รวง ขณะที่พันธุ์เล็บนก มีความยาวรวง และจำนวนแขนงระแง้ช่อรวง เฉลี่ยมากที่สุด 30.22 เซนติเมตร และ 13.67 ต่อรวง (ตารางที่ 4.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

ผลการศึกษาลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตที่ศึกษาทั้ง 5 ลักษณะ ประกอบด้วย จำนวนเมล็ดทั้งหมด/รวง จำนวนเมล็ดดี/รวง เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตข้าวเปลือก (กรัม/กอ) มีความแตกต่างกัน ($p<0.01$) โดยข้าวพันธุ์บาเกียว มีจำนวนเมล็ดทั้งหมด/รวง จำนวนเมล็ดดี/รวง เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 158.32 และ 132.65 เมล็ด/รวง ตามลำดับ ขณะที่ข้าวพันธุ์ชิวแม่จันและพันธุ์บาเกียว มีเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดไม่แตกต่างกันมมีค่าเท่ากับ 83.41 และ83.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่าข้าวพันธุ์ พญาลืมแกง เป็นพันธุ์ที่มีขนาดเมล็ดโตกว่าพันธุ์อื่นๆ มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 40.26 กรัม นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวพันธุ์บาเกียวให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด เท่ากับ 139.13 กรัม/กอ (ตารางที่ 4.6)

4.2.4 การเจริญเติบโตในสภาพไร่

ผลการทดลอง พบว่า ข้าว 13 พันธุ์ที่ร่วมทดสอบมีลักษณะความสูงต้นและน้ำหนักฟางแห้งมีความแตกต่างกัน ($p\leq0.01$) ทั้งนี้ความสูงต้นเป็นลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวแต่ละสายพันธุ์ ข้าวพันธุ์ IR1552 เป็นพันธุ์ต้นเตี้ยมีความสูงเพียง 59.10 เซนติเมตร ข้าวที่ร่วมทดสอบทั้ง 12 พันธุ์มีลำต้นสูงปานกลาง ระหว่าง 93.83-102.63 เซนติเมตร ซึ่งลักษณะต้นเตี้ยเป็นลักษณะที่ดี มักจะทนทานต่อการหักล้มได้ดีกว่าข้าวพันธุ์ต้นสูงส่วนน้ำหนักฟางแห้ง ผลการทดลอง พบว่า ข้าวพันธุ์เล็บนก มีน้ำหนักฟางแห้งสูงที่สุด 92.91 กรัม/กอ รองลงมาคือ ข้าวพันธุ์บาเกียว สามเดือน ภูเขาทอง ชิวเกลี้ยง ขาวดอกมะลิ 105 ชิวแม่จัน นุสรา ดอกพยอม ขุนวาง พญาลืมแกง เหนียวดำลืมผัว และ IR1552 มีน้ำหนักฟางแห้ง เท่ากับ 65.72 64.49 64.61 62.82 62.05 56.24 55.63 48.63 48.12 46.98 41.16 และ 40.51 กรัม/กอ ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าน้ำหนักฟางแห้งมีความผันแปรตามลักษณะของความสูงของลำต้นและการแตกกอซึ่งวัดจากจำนวนรวง/กอ (ตารางที่ 4.5)

4.2.5 **องค์ประกอบผลผลิต**

การปลูกทดสอบผลผลิตในพื้นที่ดินร่วนทราย ไม่มีคันดินเพื่อกักเก็บน้ำ และตลอดระยะในการเจริญเติบโตนั้นอาศัยน้ำฝน น้ำค้าง และความชื้นของดินใช้ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต ผลการทดสอบ พบว่า ข้าวพันธุ์ข้าวที่ร่วมทดสอบมีจำนวนรวง/กอ ความยาวรวง จำนวนแขนงช่อรวง (ตารางที่ 4.5) จำนวนเมล็ดดี/รวง จำนวนเมล็ดลีบ/รวง เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (ตารางที่ 4.6) แตกต่างกัน ($p\leq0.01$) โดยข้าวพันธุ์ดอกพยอม มีจำนวนรวง/กอน้อยที่สุด 6.80 รวง/กอขณะที่ข้าวบาเกียว และIR1552 ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์ทนแล้งแตกกอมากมีจำนวนรวง เท่ากับ 31.06 และ 21.20 รวง/กอ ตามลำดับ ในกลุ่มข้าวไร่ที่ปลูกทดสอบทั้ง 10 พันธุ์ ข้าวพันธุ์เหนียวดำลืมผัวแตกกอดีที่สุด เท่ากับ 15.80 รวง/กอ รองลงมาคือ ข้าวพันธุ์พญาลืมแกง ชิวเกลี้ยง นุสรา สามเดือน ขุนวาง ชิวแม่จัน เล็บนก ภูเขาทอง และ ดอกพะยอม มีจำนวนรวง/กอ เท่ากับ 13.60 11.60 9.66 9.36 9.06 8.80 8.66 7.66 และ 6.80 รวง/กอ ตามลำดับ ขณะที่ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีจำนวนเท่ากับ 8.60 รวง/กอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวรวงของข้าวไร่ 10 พันธุ์ มีค่าแตกต่างกัน ($p \leq 0.01$) ระหว่าง20.63-30.22 ซม. โดยข้าวพันธุ์ IR1552 มีความยาวรวงสั้นที่สุดเท่ากับ 20.63 ซม. ข้าวพันธุ์เล็บนก มีความยาวรวงยาวที่สุดเท่ากับ 30.22 ซม. รองลงมาคือข้าวพันธุ์ นุสรา ภูเขาทอง สามเดือน ชิวแม่จัน เหนียวดำลืมผัว ขุนวาง ชิวเกลี้ยง ขาวดอกมะลิ 105 บาเกียว และดอกพะยอม มีความยาวรวง เท่ากับ29.70 28.34 26.32 25.82 25.65 24.93 24.59 24.56 24.09 และ 20.63 ซม. ตามลำดับ ผลการทดลองในตารางที่ 4.6 พบว่านอกจาก IR1552 แล้วข้าวพันธุ์อื่นๆ ที่ร่วมทดสอบมีรวงยาวไม่น้อยกว่า 24.0 ซม. ซึ่งกลุ่มพันธุ์ข้าวไร่ที่ปลูกทดสอบ พันธุ์ดอกพะยอม มีจำนวนแขนงช่อรวง/รวงสูงสุด (12.67 แขนง/รวง) รองลงมาพันธุ์นุสรา ดอกพะยอม ภูเขาทอง และสามเดือน มีจำนวนแขนงช่อรวง เท่ากับ12.26 12.67 12.07 และ10.04 แขนง/รวง ตามลำดับ

จำนวนดอก/รวง (No. of spikelets/panicle) มีความแปรปรวนระหว่าง 128.51-158.32 ดอก/รวง โดยข้าวพันธุ์บาเกียว และชิวแม่จัน มีจำนวนดอก/รวงสูงสุดเท่ากับ 158.32 และ 152.93 ดอก/รวง ตามลำดับ และจำนวนเมล็ดข้าวเต็มเมล็ด เท่ากับ 21.61-132.65 ดอก/รวง โดยข้าวพันธุ์บาเกียว มีจำนวนดอกเท่ากับ 158.32 ดอก/รวง และจำนวนเมล็ดเต็มเมล็ดเท่ากับ 132.65 เมล็ด/รวง มีค่าสูงสุดและสูงกว่าทุกพันธุ์ ขณะที่ข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 ความยาวรวงค่อนข้างสั้น (24.56 ซม.) แต่จำนวนดอก/รวง ปานกลางมีค่าเท่ากับ 74.11 ดอก/รวง และมีเมล็ดข้าวเต็มเมล็ด 44.84 เมล็ด/รวง ส่วนเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด พบว่ามีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 60.52-83.41 % โดยข้าวพันธุ์ ชิวแม่จัน และบาเกียวมีเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดสูง เท่ากับ 83.41 และ 83.08 % ตามลำดับ (มากกว่า 80 %) แสดงว่าได้รับผลกระทบจากภาวะกระทบแล้งหลังการผสมเกสรค่อนข้างน้อย และพบว่าเหนียวดำลืมผัวเป็นข้าวไร่ที่มีลักษณะเมล็ดค่อนข้างใหญ่และมีน้ำหนักเมล็ดมาก น้ำหนัก 32.96 กรัม/1,000 เมล็ด สูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ($p \leq 0.01$)

4.2.6 **ผลผลิต**

ผลการทดลองพบว่า พันธุ์ข้าวที่ปลูกทดสอบผลผลิตแสดงศักยภาพการให้ผลผลิตแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) โดยข้าวพันธุ์ บาเกียว เป็นพันธุ์ที่แสดงศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงสุด 139.12 กรัม/กอ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์อื่นทุกพันธุ์ รองลงมา ข้าวพันธุ์พญาลืมแกง และIR1552 ผลผลิตเท่ากับ 78.67 และ 72.52 กรัม/กอ ตามลำดับ กลุ่มข้าวไร่ที่ปลูกทดสอบนั้นแสดงศักยภาพในการให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน ได้แก่ ข้าวพันธุ์ ดอกพะยอม ชิวแม่จันทร์ และสามเดือน ให้ผลผลิตเท่ากับ 56.75 54.76 และ 50.52 กรัม/กอ ตามลำดับ ข้าวพันธุ์ ภูเขาทอง 2 เป็นพันธุ์ที่แสดงศักยภาพในการให้ผลผลิตต่ำสุดในกลุ่มข้าวไร่ที่ทำการปลูกทดสอบ โดยให้ผลผลิตเท่ากับ 35.65 กรัม/กอ ส่วนข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 ให้ผลผลิต 51.42 กรัม/กอ สูงเป็นอันดับที่ 6 จากพันธุ์ที่ร่วมทดสอบ 13 พันธุ์ การที่พันธุ์บาเกียวให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่น เนื่องจากแตกกอมาก (31.06 รวง/กอ) และเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดสูง (83.09%) ส่วนข้าวพันธุ์ พญาลืมแกงซึ่งให้ผลผลิตสูงเป็นลำดับที่ 2 เนื่องจากรวงมีขนาดใหญ่ ติดดอกมากถึง 113.02 เมล็ด/รวง และเมล็ดมีขนาดใหญ่ มีน้ำหนัก1,000 เมล็ดสูงถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40.26 กรัม ส่วนข้าวพันธุ์ ภู เขาทอง 2 ซึ่งให้ผลผลิตต่ำสุด เนื่องจากมีการแตกกอน้อย (7.67 รวง/กอ) และเมล็ดมีขนาดเล็ก น้ำหนัก 1,000 เมล็ดเพียง 21.30 กรัม

ตารางที่ 4.5 การเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ ปลูกทดสอบบนดินร่วนทราย

Varieties	Plant height (cm)	Straw dry wt (g/hill)	No. of panicles/hill	Panicles length (cm)	No. of 1st branches
IR1552	59.10c	40.51b	21.20b	20.63d	8.05cde
Baguio	97.06a	65.72b	31.06a	24.09c	9.22cd
Leb Nok	101.46a	92.91a	8.66cd	30.22a	13.67a
Noot Sara	98.80a	55.63b	9.66cd	29.70a	12.26ab
Niaw Dum Luem Phua	102.63a	41.16b	15.80bc	25.65bc	7.10de
Khun Wang	102.66a	48.12b	9.066cd	24.93c	6.59e
Phukaothong	101.10a	64.61b	7.66d	28.34ab	12.07ab
Sew Gliang	93.83ab	62.82b	11.60cd	24.59c	8.30cde
Sam Deuan	99.63a	64.49b	9.36cd	26.32bc	10.04bc
Pa-yah Leum Gaeng	87.30b	46.98b	13.60cd	25.09c	7.27de
Sew Mae Jan	97.83	56.24b	8.80cd	25.82bc	7.59cde
Dawk Pa Yawm	101.53a	48.63b	6.80d	20.63d	12.67a
Khao Dawk Mali 105	101.40a	62.05b	8.60cd	24.56c	9.83bc
F-test	**	**	**	**	**
C.V. (%)	4.25	20.34	26.45	4.98	11.62

** = Significant difference at 0.01 level.

Means within a column followed by the same letters indicated a significant difference between varieties by DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไร่ และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ ปลูกทดสอบบนดินร่วนทราย

Varieties	No. of spikelets/ panicle	No. of filled grains/panicle	Percentage of filled grain (%)	1,000 grain wt (g)	Grain yield (g/hill)
IR1552	128.51b	95.43cd	69.81bcde	23.23de	72.52bc
Baguio	158.32a	132.65a	83.08a	27.36cd	139.13a
Leb Nok	97.29c	70.58de	72.85abc	22.13e	45.94cd
Noot Sara	75.70cd	49.57efg	65.79cde	21.33e	42.13d
Niaw Dum Luem Phua	138.12ab	107.41abc	77.02ab	32.96b	39.77d
Khun Wang	33.99e	24.47gh	71.84bcd	30.60bc	46.20cd
Phukaothong	97.44c	60.44ef	61.85de	21.30e	35.65d
Sew Gliang	33.55e	21.61h	64.46cde	33.40b	40.48d
Sam Deuan	66.50d	43.31fgh	65.53cde	21.63e	50.52bcd
Pa-yah Leum Gaeng	143.53ab	98.66bc	68.81bcde	40.26a	78.67b
Sew Mae Jan	152.93ab	121.56ab	83.41a	22.76de	54.76bcd
Dawk Pa Yawm	75.19cd	46.47efgh	61.85de	22.30e	56.75bcd
Khao Dawk Mali 105	74.11cd	44.84efgh	60.52e	24.93de	51.42bcd
F-test	**	**	**	**	**
C.V. (%)	13.35	16.18	6.85	8.08	22.12

** = Significant difference at 0.01 level.

Means within a column followed by the same letters indicated a significant difference between varieties by DMRT

4.3 ความแปรปรวนทางพันธุกรรมและอัตราพันธุกรรม

อัตราพันธุกรรม (heritability)หรืออัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมหมายถึง สัดส่วนอิทธิพลของยีนต่อลักษณะปรากฏ โดยอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมเป็นค่าที่แสดงอิทธิพลของพันธุกรรม (genetic inheritance or genetic effect) ต่อลักษณะใดลักษณะหนึ่งที่ทำการศึกษาลักษณะใดมีค่าอัตราพันธุกรรมสูงแสดงว่าลักษณะดังกล่าวนี้ได้รับอิทธิพลจากยีนมาก เนื่องจากยีนเป็นตัวถ่ายทอดลักษณะจากพ่อแม่ไปยังลูกหลาน การศึกษาอัตราพันธุกรรมในลักษณะดัชนีการทนแล้ง 4 ลักษณะ ประกอบด้วย ความยาวรากสูงสุด น้ำหนักรากแห้งสัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้ง และค่าการไหลของน้ำผ่านปากใบ ของข้าว 2 คู่ผสม ซึ่งค่าดังกล่าวจัดเป็นค่าพารามิเตอร์ทางสรีรวิทยาในการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวที่สามารถทนทานต่อการกระทบแล้งได้ดี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ความแปรปรวนทางพันธุกรรมของพ่อ-แม่ และลูกผสมชั่วที่ 2(F_2-progenies)ในลักษณะดัชนีชี้วัดการทนแล้งของข้าว 2 คู่ผสม

Source of variance	df	Mean Square			
		Longest root length (cm)	Root dry wt (g/hill)	Root/shoot dry wt ratio	Stomatal conductant mmol/ m^{-2}/s^{-1}
Replications	1				
Baguio×Niaw Dum Luem Phua	49	9.10**	12.05**	0.0254**	42.96**
IR1552×Niaw Dum Luem Phua	49	6.61**	10.15**	0.0146**	36.08**
Error	98	4.84	4.53	0.0188	10.44

** = Significant difference at 0.01 level.

4.3.1 อัตราพันธุกรรมในลักษณะความยาวรากสูงสุด(ซม.)

อัตราพันธุกรรมในลักษณะความยาวรากสูงสุดหรืออิทธิพลของยีน (genetic effect) ในการควบคุมหรือถ่ายทอดลักษณะความยาวราก พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 65.27 – 57.72 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.8)คู่ผสมระหว่างข้าวพันธุ์บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว และข้าวพันธุ์ IR1552×เหนียวดำลืมผัวมีค่าอัตราพันธุกรรมสูงใกล้เคียงกัน คือ 65.27 และ57.72เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าสัดส่วนของความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏเนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ อิทธิพลยีนแบบบวกสะสม (additive gene effects) การข่มตำแหน่งเดียวกัน (dominant gene effects) และการข่มระหว่างยีนต่างตำแหน่ง (epistasis gene effects) ซึ่งอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability) เป็นค่าที่บอกถึงสัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏ (phenotypic value) กับจีโนไทป์ (genotypic value) ของลักษณะในประชากร

4.3.2 อัตราพันธุกรรมในลักษณะน้ำหนักรากแห้ง (กรัม/กอ)

น้ำหนักรากแห้ง (กรัม/กอ) พบว่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 78.52 – 76.39 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.8)คู่ผสมระหว่างข้าวพันธุ์บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว และข้าวพันธุ์IR1552×เหนียวดำลืมผัว มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงใกล้เคียงกัน คือ 78.52 และ76.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าสัดส่วนของความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏเนื่องจาก ลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ อิทธิพลของยีนแบบบวกสะสม (additive gene effects) การข่มกันของยีนตำแหน่งเดียวกัน (dominant gene effects) และการข่มกันระหว่างยีนต่างตำแหน่ง (epistasis gene effects) ซึ่งอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability) เป็นค่าที่บอกถึงสัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏ (phenotypic value) กับจีโนไทป์ (genotypic value) ของลักษณะในประชากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 อัตราพันธุกรรมในลักษณะสัดส่วนน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้ง

สัดส่วนน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้ง พบว่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 70.16 – 63.98 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.8) คู่ผสมระหว่างข้าวพันธุ์ บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว และข้าวพันธุ์ IR1552×เหนียวดำลืมผัวมีค่าอัตราพันธุกรรมสูงใกล้เคียงกัน คือ 70.16 และ63.98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าสัดส่วนของความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏเนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ อิทธิพลของยีนแบบบวกสะสม (additive gene effects) การข่มตำแหน่งเดียวกัน (dominant gene effects) และการข่มกันระหว่างยีนต่างตำแหน่ง (epistasis gene effects) ซึ่งอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability) เป็นค่าที่บอกถึงสัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏ (phenotypic value) กับจีโนไทป์ (genotypic value) ของลักษณะในประชากร

4.3.4 อัตราพันธุกรรมในลักษณะการควบคุมค่าการไหลของน้ำผ่านปากใบ

ค่าการไหลของน้ำผ่านปากใบ พบว่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 80.45 – 77.56 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.8)คู่ผสมระหว่างข้าวพันธุ์ บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว และข้าวพันธุ์ IR1552×เหนียวดำลืมผัวมีค่าอัตราพันธุกรรมสูงใกล้เคียงกัน คือ 80.45 และ77.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าสัดส่วนของความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏเนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ อิทธิพลของยีนแบบบวกสะสม (additive gene effects) การข่มตำแหน่งเดียวกัน (dominant gene effects) และการข่มกันระหว่างยีนต่างตำแหน่ง (epistasis gene effects) ซึ่งอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง(broad-sense heritability) เป็นค่าที่บอกถึงสัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏ (phenotypic value) กับจีโนไทป์ (genotypic value) ของลักษณะในประชากร

ตารางที่ 4.8 ค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability h_{bs}^2) ลักษณะความยาวราก น้ำหนักรากแห้ง น้ำหนักต้นแห้ง สัดส่วนรากแห้ง/ต้นแห้ง ลักษณะการคายน้ำผ่านปากใบ ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) จำนวน 2 คู่ผสม

Heritability (h_{bs}^2) %	Longest root length (cm)	Root dry wt (g/hill)	Shoot dry wt (g/hill)	Root/shoot dry wt ratio	Stomatal conductant mmol/ m^{-2}/s^{-1}
บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว	65.27	78.52	70.16	70.16	80.45
IR1552×เหนียวดำลืมผัว	57.72	76.39	63.98	63.98	77.56

h_{bs}^2 = broad-sense heritability h_{bs}^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ความแปรปรวนทางพันธุกรรมและอัตราพันธุกรรม การเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

อัตราพันธุกรรม (heritability) หรืออัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรม หมายถึง สัดส่วนอิทธิพลของยีนต่อลักษณะปรากฏ โดยอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมเป็นค่าที่แสดงอิทธิพลของพันธุกรรม (genetic inheritance or genetic effect) ต่อลักษณะใดลักษณะหนึ่งที่ทำการศึกษา ลักษณะใดมีค่าอัตราพันธุกรรมสูงแสดงว่าลักษณะดังกล่าวนี้ได้รับอิทธิพลจากยีนมาก เนื่องจากยีนเป็นตัวถ่ายทอดลักษณะจากพ่อแม่ไปยังลูกหลาน การศึกษาอัตราพันธุกรรมในทั้งในลักษณะการเจริญเติบโตผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตทั้ง 10 ลักษณะ ประกอบด้วย ความสูงต้น น้ำหนักกอแห้ง จำนวนรวง/กอ ความยาวรวง จำนวนแขนงระแง้ช่อรวง/รวง จำนวนเมล็ดทั้งหมด/รวง จำนวนเมล็ดดี/รวง เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ดและผลผลิตข้าวเปลือก (ก./กอ) (ตารางที่ 4.9 และ 4.10) ของข้าว 4 คู่ผสม ซึ่งค่าดังกล่าวจัดเป็นค่าพารามิเตอร์ทางสรีรวิทยาในการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวที่สามารถปรับตัวให้ทนทานต่อสภาวะแล้งได้ดี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 4.9 ความแปรปรวนทางพันธุกรรมของพ่อ-แม่ และลูกผสม F_2 (F_2-progenies) ในลักษณะการเจริญเติบโตของข้าว 4 คู่ผสม

		Mean Square				
Source of variance	df	Plant ht. (cm)	Straw dry wt (g/hill)	No. of panicles/hill	Panicles length (cm)	No. of 1st branches
Replications	1					
Variety	3					
Baguio × Niaw Dum Luem Phua	49	145.52^{ns}	645.72**	3.22**	11.09**	2.45**
Baguio × RD6	49	122.58^{ns}	518.92**	1.22**	10.38**	2.19**
IR1552 × Niaw Dum Luem Phua	49	136.33^{ns}	55.73**	3.51**	4.61**	0.74**
IR1552 × RD6	49	95.75^{ns}	61.96**	4.18**	10.29**	0.24**
Error	196	15.26	17.46	1.94	6.33	0.85

** = significant difference at p<0.01; ns = not significance difference.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ความแปรปรวนทางพันธุกรรมของพ่อ-แม่ และลูกผสม F_2 (F_2-progenies) ในลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว 4 คู่ผสม

		Mean Square				
Source of variance	df	No. of spikelets/ Panicle	No. of filled grains/panicle	Percentage of filled grain (%)	100 grain wt (g)	Grain yield (g/hill)
Replications	1					
Variety	3					
Baguio × Niaw Dum Luem Phua	49	1,537.81**	164.65**	115.41**	0.289**	148.91**
Baguio ×RD6	49	523.41**	136.33**	61.77**	0.258**	99.21**
IR1552 × Niaw Dum Luem Phua	49	1,198**	268.46**	611.01**	0.146**	100.70**
IR1552 × RD6	49	445.23**	106.56**	77.13**	0.076**	40.44**
Error	196	15.26	17.46	6.33	0.85	38.86

** = significant difference at p<0.01.

4.4.1 ความสูงต้น (ซม.)

อัตราพันธุกรรมในลักษณะความสูงต้นหรืออิทธิพลของยีน (genetic effect) ในการควบคุมหรือถ่ายทอดลักษณะความสูงต้น พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 94.50 – 86.24 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.11)คู่ผสมระหว่างบาเกียว×เหนียวดำลืมผัว บาเกียว×กข6 IR1552×เหนียวดำลืมผัว และ IR1552×กข6 มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงใกล้เคียงกัน คือ 94.50 88.92 89.92 และ 86.24 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าสัดส่วนของความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏ เนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ อิทธิพลของยีนแบบบวกสะสม (additive gene effects) การข่มตำแหน่งเดียวกัน (dominant gene effects) และการข่มระหว่างยีนต่างตำแหน่ง (epistasis gene effects) ซึ่งอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability) เป็นค่าที่บอกถึงสัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏ (phenotypic value) กับจีโนไทป์ (genotypic value) ของลักษณะในประชากร

4.4.2 น้ำหนักกอแห้ง (กรัม/กอ)

อัตราพันธุกรรมในลักษณะน้ำหนักกอแห้งหรืออิทธิพลของยีน (genetic effect) ในการควบคุมหรือถ่ายทอดลักษณะน้ำหนักกอแห้ง พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 97.36 – 76.13 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.11)คู่ผสมระหว่าง บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว บาเกียว×กข6 IR1552×เหนียวดำลืมผัว และ IR1552×กข6 มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงใกล้เคียงกัน คือ 97.36 96.74 76.13 และ78.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าสัดส่วนของความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏ เนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ อิทธิพลของยีนแบบบวกสะสม (additive gene effects) การข่มตำแหน่งเดียวกัน (dominant gene effects) และการข่มระหว่างยีนต่างตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(epistasis gene effects) ซึ่งอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability) เป็นค่าที่บอกถึงสัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏ (phenotypic value) กับจีโนไทป์ (genotypic value) ของลักษณะในประชากร

4.4.3 จำนวนรวงต่อกอ

อัตราพันธุกรรมในลักษณะจำนวนรวงต่อกอหรืออิทธิพลของยีน (genetic effect) ในการควบคุมหรือถ่ายทอดลักษณะจำนวนรวงต่อกอ พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 62.35 – 38.59 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.11) คู่ผสมระหว่าง บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว IR1552×เหนียวดำลืมผัว และIR1552×กข6 มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงใกล้เคียงกัน คือ 62.35 52.55 และ56.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนคู่ผสม บาเกียว×กข6 มีค่าอัตราพันธุกรรมที่สูงปานกลาง เท่ากับ 22.48 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าสัดส่วนของความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏเนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ อิทธิพลของยีนแบบบวกสะสม (additive gene effects) การข่มตำแหน่งเดียวกัน (dominant gene effects) และการข่มระหว่างยีนต่างตำแหน่ง (epistasis gene effects) ซึ่งอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability) เป็นค่าที่บอกถึงสัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏ (phenotypic value) กับจีโนไทป์ (genotypic value) ของลักษณะในประชากร

4.4.4 ความยาวรวง (ซม.)

อัตราพันธุกรรมในลักษณะความยาวรวงหรืออิทธิพลของยีน (genetic effect) ในการควบคุมหรือถ่ายทอดลักษณะความยาวรวง พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 63.63 – 42.13 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.11) คู่ผสมระหว่าง บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว บาเกียว×กข6 IR1552×เหนียวดำลืมผัว และIR1552×กข6 มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงใกล้เคียงกัน คือ 63.63 61.92 42.13 และ61.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าสัดส่วนของความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏเนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ อิทธิพลของยีนแบบบวกสะสม (additive gene effects) การข่มตำแหน่งเดียวกัน (dominant gene effects) และการข่มระหว่างยีนต่างตำแหน่ง (epistasis gene effects) ซึ่งอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability) เป็นค่าที่บอกถึงสัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏ (phenotypic value) กับจีโนไทป์ (genotypic value) ของลักษณะในประชากร

4.4.5 จำนวนแขนงระแง้ช่อรวง

อัตราพันธุกรรมในลักษณะจำนวนแขนงระแง้ช่อรวงต่อรวง หรืออิทธิพลของยีน (genetic effect) ในการควบคุมหรือถ่ายทอดลักษณะจำนวนแขนงระแง้ช่อรวงต่อรวง พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 74.22 – 22.48 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.11) คู่ผสมระหว่าง บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว บาเกียว×กข6 และIR1552×เหนียวดำลืมผัว มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงใกล้เคียงกัน คือ 74.22 72.04 และ46.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนคู่ผสม IR1552×กข6 มีค่าอัตราพันธุกรรมที่ต่ำ เท่ากับ 22.48 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าสัดส่วนของความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏเนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ อิทธิพลของยีนแบบบวกสะสม (additive gene effects) การข่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งเดียวกัน (dominant gene effects) และการข่มระหว่างยีนต่างตำแหน่ง (epistasis gene effects) ซึ่งอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability) เป็นค่าที่บอกถึงสัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏ (phenotypic value) กับจีโนไทป์ (genotypic value) ของลักษณะในประชากร

ตารางที่ 4.11 ค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability h_{bs}^2) ลักษณะความสูงต้น น้ำหนักแห้งกอข้าว จำนวนรวง/กอ ความยาวรวง แขนงช่อรวง/รวง ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) จำนวน 4 คู่ผสม

Heritability (h_{bs}^2) %	ความสูงต้น (ซม.)	น้ำหนักแห้งกอข้าว	จำนวนรวง/กอ	ความยาวรวง	แขนงช่อรวง
บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว	90.50	97.36	62.35	63.63	74.22
บาเกียว×กข6	88.92	96.74	38.59	61.92	72.04
IR1552×เหนียวดำลืมผัว	89.92	76.13	52.55	42.13	77.56
IR1552×กข6	86.24	78.00	56.91	61.34	22.48
เฉลี่ย	88.89	87.05	52.60	57.25	53.84

h_{bs}^2 = broad-sense heritability h_{bs}^2

4.4.6 จำนวนเมล็ดทั้งหมด/รวง

อัตราพันธุกรรมในลักษณะจำนวนเมล็ดทั้งหมด/รวง หรืออิทธิพลของยีน (genetic effect) ในการควบคุมหรือถ่ายทอดลักษณะจำนวนเมล็ดทั้งหมด/รวง พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 96.29 – 86.33 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.12) คู่ผสมระหว่าง บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว บาเกียว×กข6 IR1552×เหนียวดำลืมผัว และ IR1552×กข6 มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงใกล้เคียงกัน คือ 96.29 90.20 93.80 และ86.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าสัดส่วนของความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏ เนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ อิทธิพลของยีนแบบบวกสะสม (additive gene effects) การข่มตำแหน่งเดียวกัน (dominant gene effects) และการข่มระหว่างยีนต่างตำแหน่ง (epistasis gene effects) ซึ่งอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability) เป็นค่าที่บอกถึงสัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏ (phenotypic value) กับจีโนไทป์ (genotypic value) ของลักษณะในประชากร

4.4.7 จำนวนเมล็ดดี/รวง

อัตราพันธุกรรมในลักษณะจำนวนเมล็ดดี/รวง หรืออิทธิพลของยีน (genetic effect) ในการควบคุมหรือถ่ายทอดลักษณะจำนวนเมล็ดดี/รวง พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 94.90 – 56.57 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.12) คู่ผสมระหว่าง บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว บาเกียว×กข6 IR1552×เหนียวดำลืมผัว และ IR1552×กข6 มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงใกล้เคียงกัน คือ 94.90 59.57 93.55 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

84.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าสัดส่วนของความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏ เนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ อิทธิพลของยีนแบบบวกสะสม (additive gene effects) การข่มตำแหน่งเดียวกัน (dominant gene effects) และการข่มระหว่างยีนต่างตำแหน่ง (epistasis gene effects) ซึ่งค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง (broad-sense heritability) เป็นค่าที่บอกถึงสัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏ (phenotypic value) กับจีโนไทป์ (genotypic value) ของลักษณะในประชากร

4.4.8 เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด (%)

อัตราพันธุกรรมในลักษณะเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด หรืออิทธิพลของยีน (genetic effect) ในการควบคุมหรือถ่ายทอดลักษณะเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 96.12 – 92.99 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.12) คู่ผสมระหว่าง บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว บาเกียว×กข6 IR1552×เหนียวดำลืมผัว และ IR1552×กข6 มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงใกล้เคียงกัน คือ 96.12 92.99 93.69 และ94.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าสัดส่วนของความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏ เนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ อิทธิพลของยีนแบบบวกสะสม (additive gene effects) การข่มตำแหน่งเดียวกัน (dominant gene effects) และการข่มระหว่างยีนต่างตำแหน่ง (epistasis gene effects) ซึ่งอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability) เป็นค่าที่บอกถึงสัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏ (phenotypic value) กับจีโนไทป์ (genotypic value) ของลักษณะในประชากร

4.4.9 น้ำหนัก 100 เมล็ด

อัตราพันธุกรรมในลักษณะน้ำหนัก 100 เมล็ด หรืออิทธิพลของยีน (genetic effect) ในการควบคุมหรือถ่ายทอดลักษณะน้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 95.15 – 83.84 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.12) คู่ผสมระหว่าง บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว บาเกียว×กข6 IR1552×เหนียวดำลืมผัว และ IR1552×กข6 มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงใกล้เคียงกัน คือ 95.15 94.61 90.86 และ 83.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าสัดส่วนของความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏ เนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ อิทธิพลของยีนแบบบวกสะสม (additive gene effects) การข่มกันของยีนตำแหน่งเดียวกัน (dominant gene effects) และการข่มระหว่างยีนต่างตำแหน่ง (epistasis gene effects) ซึ่งอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability) เป็นค่าที่บอกถึงสัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏ (phenotypic value) กับจีโนไทป์ (genotypic value) ของลักษณะในประชากร

4.4.10 ผลผลิตข้าวเปลือก (กรัม/กอ)

อัตราพันธุกรรมในลักษณะผลผลิตข้าวเปลือก (กรัม/กอ) หรืออิทธิพลของยีน (genetic effect) ในการควบคุมหรือถ่ายทอดลักษณะผลผลิตข้าวเปลือก (กรัม/กอ) พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 79.30 – 50.99 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.12) คู่ผสมระหว่าง บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว บาเกียว×กข6 IR1552×เหนียวดำลืมผัว และ IR1552×กข6 มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงใกล้เคียงกัน คือ 79.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

72.85 72.15 และ50.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าสัดส่วนของความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏ เนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ อิทธิพลของยีนแบบบวกสะสม (additive gene effects) การข่มในตำแหน่งเดียวกัน (dominant gene effects) และการข่มระหว่างยีนต่างตำแหน่ง (epistasis gene effects) ซึ่งอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability) เป็นค่าที่บอกถึงสัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏ (phenotypic value) กับจีโนไทป์ (genotypic value) ของลักษณะในประชากร

ตารางที่ 4.12 ค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability h_{bs}^2) ลักษณะจำนวนเมล็ดทั้งหมด/รวง จำนวนเมล็ดดี/รวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี น้ำหนัก 100 เมล็ด ผลผลิตข้าวเปลือก ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) จำนวน 4 คู่ผสม

Heritability (h_{bs}^2) %	เมล็ดทั้งหมด/รวง	จำนวนเมล็ดดี/รวง	เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี	น้ำหนัก 100 เมล็ด	ผลผลิตข้าวเปลือก
บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว	96.29	94.90	96.12	95.15	79.30
บาเกียว×กข6	90.20	56.57	92.99	94.61	72.85
IR1552×เหนียวดำลืมผัว	93.80	93.55	93.69	90.86	72.15
IR1552×กข6	86.33	84.36	94.30	83.84	50.99
เฉลี่ย	91.65	89.84	94.27	91.11	68.82

h_{bs}^2 = broad-sense heritability h_{bs}^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์และการอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ทดสอบการทนแล้งและความสามารถในการให้ผลผลิตของข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์แนะนำเพื่อกำหนดพันธุ์แม่ในการผลิตลูกผสม

ข้าวไร่มักจะให้ผลผลิตต่ำและผลผลิตมีความแปรปรวนสูง เนื่องจากการกระทบแล้งในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งระหว่างการเจริญเติบโตในสภาพไร่ ลักษณะการทนแล้ง 4 ลักษณะ ประกอบด้วย ความยาวรากสูงสุดน้ำหนักรากแห้ง สัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้งและค่าการไหลของน้ำผ่านปากใบมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญพันธุ์บาเกียว มีรากยาวสุด 50.00 ซม. สัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้ง เป็นลักษณะสรีระวิทยาสำคัญอีกลักษณะที่สัมพันธ์กับความสามารถทนแล้งของพันธุ์ข้าว โดยข้าวพันธุ์ที่มีสัดส่วนน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้งสูงมีแนวโน้มทนแล้งได้ดีกว่าพันธุ์ที่มีสัดส่วนน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้งต่ำ(Pushpam *et al*. 2018) สัดส่วนน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นสูงที่สุด 0.61และยังพบว่ามีค่าการไหลของน้ำผ่านออกทางปากใบต่ำสุดเท่ากับ 1.39 mmol/m^{-2}/s^{-1} ตามลำดับ โดยพันธุ์ที่มีค่าการไหลของน้ำผ่านออกจากปากใบต่ำจะทนแล้งได้ดีกว่าพันธุ์ที่สูญเสียน้ำออกทางปากใบสูง ยุธิดา และคณะ(2558) ทั้งนี้ดัชนีชี้วัดการทนแล้งทั้ง 4 ลักษณะให้ผลสอดคล้องกัน กิตติชัยและคณะ (2556) รายงานว่าน้ำหนักแห้งของรากสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินและคัดเลือกพันธุ์ข้าวไร่ทนแล้งได้ สัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้ง เป็นลักษณะสรีระวิทยาสำคัญอีกลักษณะที่สัมพันธ์กับความสามารถทนแล้งของพันธุ์ข้าว โดยข้าวพันธุ์ที่มีสัดส่วนน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้งสูงมีแนวโน้มทนแล้งได้ดีกว่าพันธุ์ที่มีสัดส่วนน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้งต่ำขณะที่ Kanbar *et al*. (2009) รายงานว่า ความยาวรากและน้ำหนักรากแห้งมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการทนแล้งของข้าวไร่ ทั้งนี้ข้าวไร่ส่วนใหญ่จะมีระบบรากลึก และมีขนาดใหญ่จึงทนแล้งได้ดีกว่าข้าวนาสวนที่มีระบบรากตื้น กฤษฎาพร และคณะ (2561) ศึกษาลักษณะรากเปรียบเทียบระหว่างข้าวไร่กับข้าวนาสวน รายงานว่า ข้าวไร่มีจำนวนรากลึกสูงกว่าข้าวนาสวน MacMillan *et al*. (2006) รายงานว่าการเจริญเติบโตและพัฒนาการของรากเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการปรับตัวของพืชต่อสภาวะแห้งแล้ง เนื่องจากรากเป็นอวัยวะที่พืชทุกชนิดใช้สำหรับการดูดน้ำและธาตุอาหารเพื่อเลี้ยงส่วนต่างๆ ของลำต้น ลักษณะที่สำคัญในการพิจารณาคัดเลือกสายพันธุ์ที่ทนแล้งให้ตรงตามวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงพันธุ์ ให้มีลักษณะทนแล้งและมีประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตที่สูงในอนาคต

5.1.2 การเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

จากการศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไร่ที่กรมการข้าวแนะนำ และพันธุ์พื้นเมืองดีเด่นจำนวน 10 พันธุ์เปรียบเทียบได้แก่ IR1552 และบาเกียว เป็นพันธุ์ทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้งมาตรฐาน พบว่าพันธุ์บาเกียว ให้ผลผลิตสูงสุดทั้ง 2 สภาพแวดล้อม ในสภาพไร่พื้นที่ดินเหนียวให้ผลผลิต 65.72 กรัม/กอ และในพื้นที่สภาพดินร่วนปนทรายให้ผลผลิต 139.13 กรัม/กอ ขณะพันธุ์ข้าวไร่อื่นๆBernier *et al*. (2008) รายงานว่าหากข้าวกระทบแล้งในช่วงนี้จะส่งผลกระทบต่อขบวนการทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวกับการสืบพันธุ์ จะส่งผลต่อความเป็นหมันและจำนวนดอกต่อช่อรวงของข้าว ซึ่งส่งผลต่อผลผลิตของข้าว เพราะจะทำให้เปอร์เซ็นต์ความเป็นหมันของดอกข้าวเพิ่มขึ้น ทำให้จำนวนเมล็ดต่อรวงน้อยลง Srividhya *et al*. (2011) รายงานว่า ผลกระทบแล้งอาจทำให้ผลผลิตข้าวเสียหาย 15-50% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของการขาดน้ำและระยะการเจริญเติบโต (growth phase) ขณะที่ข้าวขาดน้ำ สอดคล้องกับ Rang *et al*. (2011) ที่รายงานว่าการกระทบแล้งทำให้ละอองเกสรมีความสมบูรณ์ลดลง สอดคล้องกับ จุรีรัตน์และคณะ (2555) รายงานว่าสภาวะแล้งมีโอกาสเกิดขึ้นทุกช่วงระยะการเจริญเติบโตและในช่วงที่ข้าวกำลังพัฒนาช่อรวง-ระยะสร้างน้ำหนักในเมล็ดจะส่งผลกระทบต่อผลผลิตมากการที่ข้าวไร่ทั้ง 12 พันธุ์ เนื่องจากช่วงฤดูฝนที่ระหว่างทำการทดลอง มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าปกติ นอกจากนี้ในระยะที่ข้าวตั้งท้อง (กลางเดือนตุลาคม ถึง ธันวาคม) ระยะเก็บเกี่ยวฝนทิ้งช่วงต่อเนื่องเป็นเวลานาน ทำให้ผลผลิตข้าวไร่ลดลง

5.1.3 การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของลักษณะทนแล้ง การเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

อัตราพันธุกรรม (heritability) เป็นสัดส่วนระหว่างความแปรปรวนเนื่องจากพันธุกรรม (genetic) ต่อความแปรปรวนทั้งหมด ค่าที่ได้จะถูกนำมาใช้เป็นตัวกำหนดวิธีการคัดเลือกในปรับปรุงลักษณะที่ต้องการอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้ (ไพศาล, 2527) ค่าอัตราพันธุกรรมเป็นตัวกำหนดความสำเร็จในการปรับปรุงลักษณะใดลักษณะหนึ่งว่าจะสามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้มากน้อยเพียงใด (พีระศักดิ์, 2525) ลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงการปรับปรุงลักษณะดังกล่าวนั้นมีโอกาสประสบความสำเร็จสูง ถ้าค่าอัตราพันธุกรรมต่ำการปรับปรุงจะมีโอกาสประสบความสำเร็จน้อยลง จากการศึกษาลักษณะพันธุกรรมของลักษณะทนแล้งของข้าว 2 คู่ผสม ประกอบด้วย 1) บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว และ2) IR1552×เหนียวดำลืมผัว เพื่อศึกษาลักษณะทนแล้ง 4 ลักษณะ ประกอบด้วย ความยาวราก น้ำหนักรากแห้ง สัดส่วนระหว่างรากแห้ง/ต้นแห้ง และค่าการไหลของน้ำผ่านปากใบ เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ-แม่ พันธุกรรมควบคุมลักษณะทนแล้ง มีค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างสูง ทั้ง 2 คู่ผสมลักษณะที่ศึกษาดังกล่าว เป็นการแสดงถึง อิทธิพลการทำงานของยีนแบบบวกสะสม (additive gene action) พันธุกรรมควบคุมลักษณะทนแล้งของลูกผสมชั่วที่ 2 มีค่าการกระจายตัวอยู่เหนือขอบเขตระหว่างลักษณะพ่อ-แม่ (Transgreessive segretation) เนื่องจาก การกระจายตัวของยีนเกิดจากพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม (กฤษฎา,2546) Himanshu *et al*.,2017 ประเมินความแปรปรวนทางพันธุกรรมและเส้นทางผลผลิตของข้าวสายพันธุ์ทนแล้ง พบว่า อัตราพันธุกรรม ลักษณะปริมาณคลอฟิลล์ และปริมาณน้ำสัมพัทธ์ ทั้ง 2 สภาพภายใต้ภาวะเครียดแล้งและภาวะปกติมีค่าอัตราพันธุกรรมสูง สอดคล้องกับ Perween *et al*.,2020 ศึกษาความแปรปรวนทางพันธุกรรมและศักยภาพในการให้ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตข้าวภายใต้การได้รับน้ำปกติและสภาวะแล้ง พบว่าลักษณะทางสรีรวิทยา และลักษณะคุณภาพของผลผลิตมีค่าอัตราพันธุกรรมสูง Tetwar *et al*.,2016 ศึกษาสายพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมที่สามารถปลูกได้ในเขตอาศัยน้ำฝน 45 สายพันธุ์ปลูก 3 สภาพ พบว่า อัตราพันธุกรรมของลักษณะมีค่าอัตราพันธุกรรมสูง เช่นเดียวกับ Allah (2009) ศึกษาดัชนีการม้วนใบและลักษณะรากข้าว พบว่า คู่ผสม IET1444 × Sakha 102 แสดงลักษณะผลผลิต/ต้น ความยาวราก ความหนาราก และสัดส่วนรากแห้ง/ต้นแห้งมีค่าค่าการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมของลักษณะต่างๆมีค่าสูงเกือบทุกลักษณะ จักรกฤษณ์,2558 รายงานว่าค่าอัตราพันธุกรรม เป็นการบ่งบอกหรือกำหนดความสำเร็จของนักปรับปรุงพันธุ์ว่ามีโอกาสประสบความสำเร็จมากหรือน้อยเพียงใด บุญหงส์ (2546) ทำการพัฒนาพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้สามารถปลูกในสภาพไร่ เพื่อทนทานต่อสภาพแล้ง โดยการผสมระหว่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 กับพันธุ์ดอกพะยอมซึ่งเป็นพันธุ์ต้านทานแล้ง โดยนำเมล็ดชั่วแรก (F_1) อาบด้วยรังสีแกมมา20 กิโลแรด จากนั้นนำอับละอองเรณูของต้นลูก F_1 ไปเพาะเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์จนพัฒนาเป็นต้นแล้วนำสายพันธุ์ไปปลูกคัดเลือก พบว่า สายพันธุ์ที่ทนแล้ง มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีกว่าพันธุ์พ่อแม่จำนวนทั้งหมด 20 สายพันธุ์ การถ่ายทอดลักษณะทางคุณภาพส่วนมากค่าอัตราพันธุกรรมจะสูง เนื่องจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องน้อย และลักษณะเชิงปริมาณจะมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมมากค่าอัตราพันธุกรรมจึงมีค่าต่ำ (พีรศักดิ์,2525)ข้อสำคัญในการปรับปรุงพันธุ์คือ นักปรับปรุงพันธุ์ต้องคำนึงเสมอว่า ยีนแต่ละตัวเมื่อไปอยู่ในพื้นฐานพันธุกรรมที่ต่างกัน อาจแสดงออกมาไม่เหมือนกัน การถ่ายทอดลักษณะใด ลักษณะหนึ่งไปหาสายพันธุ์ต่างๆที่มีพื้นฐานที่แตกต่างกันอาจมีความจำเป็นที่ดีที่สุด (กฤษดา,2546) ขั้นตอนการปรับปรุงลักษณะที่นักปรับปรุงพันธุ์ต้องการเป็นพันธุ์ทนแล้งและสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่ไม่ดีได้ดีตามวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงพันธุ์การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตการถ่ายทอดลักษณะแต่ลักษณะจากพ่อแม่ไปยังรุ่นลูก สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ 1) การถ่ายทอดลักษณะทางคุณภาพ (qualitative) 2) การถ่ายทอดลักษณะทางปริมาณ (quantitative) จากการศึกษาอัตราพันธุกรรมของข้าว 4 คู่ผสม ประกอบด้วย 1) บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว 2) บาเกียว×กข6 3) IR1552×เหนียวดำลืมผัว และ4) IR1552×กข6 ลักษณะการเจริญเติบโตผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ศึกษาอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง(broad-sense heritability h_{bs}^2) จำนวน 10 ลักษณะ ประกอบด้วย ลักษณะความสูงต้น ความยาวรวง จำนวนแขนงช่อรวง จำนวนรวง/กอ น้ำหนักแห้งกอข้าว (กรัม/กอ) จำนวนเมล็ดดี/รวง จำนวนเมล็ดทั้งหมด/รวง เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตข้าวเปลือก (กรัม/กอ) ลักษณะดังกล่าวมีค่าอัตราพันธุกรรมสูงเนื่องจากสัดส่วนการทำงานของยีนเป็นแบบผลบวก (additive gene) ต่อลักษณะความแปรปรวนทั้งหมด (พีรศักดิ์ ,2548) ซึ่งลักษณะที่ศึกษามีค่าอัตราพันธุกรรมสูงแสดงว่าอิทธิพลของสภาพแวดล้อมมีผลน้อยกว่าอิทธิพลของยีนทำให้สามารถคัดเลือกวิธีที่ง่ายในการปรับปรุงลักษณะที่ต้องการศึกษา (Falconer and Mackay,1996),(Priyanka *et al*.,2019) ทำการศึกษาอัตราพันธุกรรม ระหว่าง ASD16×Pusa Basmati 1พบว่าอัตราพันธุกรรมทุกลักษณะมียีนควบคุมเป็นแบบผลบวกมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอบสนองต่อการคัดเลือกในชั่วรุ่นแรกๆ ทำให้มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงลักษณะต่างๆ Pavan Shakar *et al*.,(2016) และ Karthikeyan *et al*.,(2010) ได้ศึกษาความสามารถความทนเค็มในข้าว 36 สายพันธุ์ พบว่าทุกลักษณะมีค่าค่อนข้างสูงทุกลักษณะ เว้นแต่จำนวนหน่อ/กอ มีค่าการถ่ายทอดต่ำสอดคล้องกับ Ali *et al*.,(2000); Padmaja *et al*.,(2008); Seyoun *et al*.,(2012) รายงานว่าค่าอัตราพันธุกรรมในลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตสูง บ่งบอกถึงอิทธิพลการทำงานของยีนแบบผลบวกต่อการแสดงออกของลักษณะ Rashmi *et al*.,(2017) และ Saha *et al*.,(2019) พบว่าการถ่ายทอดลักษณะสูง แสดงให้เห็นว่า อิทธิพลการแสดงออกของฟีโนไทป์มากกว่าอิทธิพลที่เกิดจากสภาพแวดล้อมเช่นเดียวกับ Parimala *et al*.,(2020) ศึกษาอัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ และเส้นทางผลผลิตของข้าว พบว่า ค่าอัตราการถ่ายทอดสูง แสดงว่า อิทธิพลของยีนเป็นตัวควบคุมการทำงานของลักษณะมากกว่าอิทธิพลของสภาพแวดล้อม การศึกษาของ Khandappal *et al*.,(2016) กล่าวว่าความแปรปรวนของประชากรลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2) มีอิทธิพลของยีนมากกว่าการควบคุมการแสดงออกของลักษณะ ทำนองเดียวกัน Bisne *et al*.,(2009) พบว่าพันธุกรรมควบคุมผลผลิตข้าวทุกลักษณะ มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงการแสดงออกของลักษณะเป็นการทำงานแบบผลบวก (additive gene) ทำให้ประสบความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์ Kumar *et al*.,(2019) ประเมินลักษณะทางพันธุกรรมทำให้สามารถคัดเลือกลักษณะจีโนไทป์ที่ต้องการได้ Harsha *et al*.,(2017) รายงานว่าอัตราพันธุกรรมในลักษณะมีค่าสูงเกิดจากการทำงานของยีนต่อการแสดงออกของลักษณะดังนั้นอัตราพันธุกรรมจึงเป็นค่าหนึ่งที่ได้กำหนดความสำเร็จในการปรับปรุงลักษณะที่ต้องการศึกษามากน้อยเพียงใดเพื่อสามารถช่วยในการพิจารณาคัดเลือกลักษณะสายพันธุ์เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการปรับปรุงต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

6.1.1ข้าวไร่ที่กรมการข้าวแนะนำ และพันธุ์พื้นเมืองดีเด่นจำนวน 10 พันธุ์เปรียบเทียบ ได้แก่ IR1552 และบาเกียว เป็นพันธุ์ทนแล้งมาตรฐาน และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวนาสวน-ทนแล้งปานกลาง ดัชนีชี้วัดการทนแล้ง 4 ลักษณะ คือ ความยาวรากสูงสุด น้ำหนักรากแห้ง สัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้งและค่าการไหลของน้ำผ่านปากใบที่อายุ 40 วันหลังงอก พบว่า พันธุ์บาเกียว มีดัชนีการทนแล้งดีที่สุดเนื่องจากมีความยาวรากสูงสุด (50.00 ซม.) และสัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้ง (0.61) สูงที่สุด ขณะที่การไหลของน้ำผ่านปากใบ (1.39 mmol/m^{-2}/s^{-1}) ต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่า บาเกียว เป็นพันธุ์ข้าวที่ทนแล้งได้ดีกว่าหรือปรับตัวต่อสภาวะน้ำน้อยได้ดีกว่าพันธุ์อื่น ๆภายใต้สภาวะเครียดแล้ง (drought stress)

6.1.2 ข้าวไร่ทั้ง 10 พันธุ์ ข้าวพันธุ์ร่วมกับ IR1552 และบาเกียว เป็นพันธุ์ทนแล้งมาตรฐาน ที่ปลูกทดสอบในแต่ละสภาพแวดล้อม พันธุ์บาเกียว ให้ผลผลิตสูงสุดพื้นที่สภาพดินร่วนทรายให้ผลผลิต 139.13 กรัม/กอ ขณะที่พันธุ์ข้าวไร่อื่นๆ ให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์บาเกียวทั้งหมด จึงสามารถจัดเป็นพันธุ์ทนแล้ง และมีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ

6.1.3 อัตราการถ่ายทอดลักษณะทนแล้งของข้าว 2 คู่ผสม ประกอบด้วย 1) ข้าวพันธุ์บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว และ 2) ข้าวพันธุ์ IR1552×เหนียวดำลืมผัว ดัชนีวัดการทนแล้ง 4 ลักษณะ ความยาวรากสูงสุด น้ำหนักรากแห้ง สัดส่วนระหว่างน้ำหนักรากแห้ง/น้ำหนักต้นแห้งและค่าการไหลของน้ำผ่านปากใบ มีค่าอัตราพันธุกรรมเฉลี่ย 61.49 – 79.00 เปอร์เซ็นต์

6.1.4 อัตราการถ่ายทอดลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต 4 คู่ผสม ประกอบด้วย 1) ข้าวพันธุ์บาเกียว×เหนียวดำลืมผัว 2) ข้าวพันธุ์ บาเกียว×กข6 3) ข้าวพันธุ์ IR1552× เหนียวดำลืมผัว และ4) ข้าวพันธุ์ IR1552×กข6 ลักษณะการเจริญเติบโต 5 ลักษณะประกอบด้วย ความสูงต้น น้ำหนักกอแห้ง จำนวนรวง/กอ ความยาวรวง และจำแขนงระแง้ช่อรวง โดยลักษณะการเจริญเติบโต มีค่าอัตราพันธุกรรมเฉลี่ย 52.60 – 88.89 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต 5 ลักษณะ ได้แก่ จำนวนเมล็ดทั้งหมด/รวง จำนวนเมล็ดดี/รวง เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตข้าวเปลือก โดยลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต มีค่าอัตราพันธุกรรมเฉลี่ย 68.82 – 94.27 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมการข้าว. 2562. **สรีรวิทยาของข้าว.**[Online]. Available Source: http://www.brrd.in.th/rkb /varieties/index.php-File=content.php&id=1 1 html สืบค้นเมื่อวันที่ 8 เมษายน 2563.

กรมการข้าว. 2562. **พันธุ์ข้าวกข6.** [Online].AvailableSource: http://www.brrd.in.th/rkb/varieties/index.php-File=content.php&id=11html. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 เมษายน 2563.

กรมการข้าว. 2562. พันธุ์ข้าว. สืบค้นจาก. http://www.ricethailand.go.th/Rkb/varieties/index.php.htm วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2563.

กรมการข้าว. 2562. **ฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวรับรองของไทย ข้าวเหนียวลืมผัว.** [Online]. Available Source: http://www.brrd.in.th/rkb/varieties/index.php-File=content.php&id=1 1 html สืบค้นเมื่อวันที่ 8 เมษายน 2563.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2546. **การปรับปรุงพันธุ์พืช: พื้นฐานวิธีการแนวคิด.**กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 86 หน้า.

กฤษฎาพร ผลวงษ์ ธานี ศรีวงศ์ชัย เชนษฎ์ ม้าลำพอง และประภา ศรีพิจิตต์. 2561. การประเมินลักษณะรากข้าวในประชากรชั่วที่ 2 จากคู่ผสมระหว่างข้าวนาสวนและข้าวไร่. **Thai Journal of Science and Technology,**7 (5): 471-480.

กิตติ ชัยนารีนุช, พัชริน ส่งศรี, วัฒนา พัฒนากูลและจิรวัฒน์ สนิทชน. 2556. **การประเมินความทนทานต่อสภาพแล้งต้นฤดูปลูกของเชื้อพันธุกรรมข้าวไร่พันธุ์พื้นเมือง** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น 131 หน้า.

จุรีรัตน์ ภาวงศ์ บุญรัตน์ จงดี เกรียงไกร พันธุ์วรรณ์ และสุวิทย์ เลาหศิริวงศ์. 2555. การประเมินความทนทานต่อความแห้งแล้งของประชากรข้าวผสมกลับสุรินทร์ 1. **วารสารแก่นเกษตร**, 40 : 229-236.

จักรกฤษณ์ ศรไชย และอริยาภรณ์ พงษ์รัตน์. 2558. ความแปรปรวนทางพันธุกรรมและอัตราพันธุกรรมในลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของงา (*Sesamum indicum* L.) **วารสารการเกษตรราชภัฏ** 14(1) : 56-61.

ชูศักดิ์ จอมพุก. 2552. **สถิติ: การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืช R.** ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม 335 หน้า.

บุญหงษ์ จงคิด. 2548. **หลักและเทคนิคการปรับปรุงพันธุ์พืช** พิมพ์ครั้งที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต 115 หน้า.

ประภาพร พงษ์ไทย. 2546**. การคัดเลือกข้าว (*Oryza sativa* L.) ทนแล้งในสภาพแปลงทดลองและหลอดทดลอง.**วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 122 หน้า.

ปรียานุช ลาขุนทด, ปิยดา ธีระกุลพิศุทธิ์, จิรวัฒน์ สนิทชน และโจนาลิซา แอล เซี่ยงหลิว. 2556. **ผลของการขาดน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำในใบข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่โครโมโซม 9 บางส่วนถูกแทนที่ด้วยยีนทนแล้ง** วารสาร 34th The National Graduate Research conference. สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์. 2548. **พันธุศาสตร์เชิงปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช.** ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 250 หน้า.

ยุธิดา สกุลทอง, ดวงเดือน โทปุรินทร์, ปัญญา มาดี, ปิยะดา ธีระกุลพิศุทธิ์, จิรวัฒน์ สนิทชน และวัฒนชัย ล้นทม. 2558**. การแลกเปลี่ยนก๊าซ สถานะของน้ำและการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของใบข้าวเหนียวพันธุ์ลืมผัว (*Oryza sativa* L.cv. Luemphua) ภายใต้สภาวะขาดน้ำในระยะต้นกล้า** หน้า 158-161 ใน รายงานการประชุมวิชาการข้าวแห่งชาติ ครั้งที่ 3 วันที่ 11-13 กันยายน 2557 ณ โรงแรมมิราเคิลแกรนด์ คอนเวนชั่น กรุงเทพมหานคร.

สาวิตร มีจุ้ยและสุชาดา บุญญเลสนิรันตร์. 2543. **การตอบสนองของข้าวในสภาพนาอาศัยน้ำฝน** รายงานการวิจัยของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (ทุนอุดหนุนทั่วไปปีงบประมาณ 2540-2541). กรุงเทพฯ. 142 หน้า.

สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. 2565. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกข้าวไทยปี พ.ศ. 2564. สืบค้นจาก http://www.thairiceexporters.or.th/statistic 2021.html. วันที่ 5 ธันวาคม 2565.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. ข้อมูลการผลิตข้าวนาปี ปี 2559/ 60. สืบค้นจาก http://www.oae.go.th/download/prcai/DryCrop/majorrice/3-60.pdf. วันที่ 10 มีนาคม 2563.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. ข้อมูลการผลิตข้าวนาปรังปี 2564. สืบค้นจาก https://www.oae.go.th/view/1/TH-TH. วันที่ 5 ธันวาคม 2565.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. ข้อมูลการผลิตข้าวนาปี 2563. สืบค้นจาก https://www.oae.go.th/view/1/B5/TH-TH. วันที่ 5 ธันวาคม 2565.

สดุดี วรรณพัฒน์. 2545**. การปรับตัวของพืช.**คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 139 หน้า.

สุวิทย์ เลาหศิริวงศ์. 2532. **การปรับปรุงพันธุ์พืชทนแล้ง.**ภาควิชาพืชไร่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.45 หน้า.

ศานิต สวัสดิกาญน์และกิตติภูมิ งามสมทบ. 2555. การคัดเลือกพันธุ์ทนแล้งในข้าว 15 พันธุ์. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**43: 581-584.

Abarshahr, M., Rabiei B. and Lahige,H.S. 2011. "Genetic variability, correlation and path analysis in rice under optimum and stress irrigation regimes."**Notulae Scientia Biologicae.** 3(4): 134-142.

Ali, S.S., Jafri, S.J.H., Khan, T., Mahmood, A. and Butt, M.A.2000. "Heritability of yield and yield components of rice."**Pakistan Journal of Agricultural Research**. 16(2): 89-91.

Ali, Z., Khan A.S. and Asad, M.A. 2002. "Salt tolerance in bread wheat: genetic variation and heritability for growth and lon relation."**Asian Journal of Plant Sciences.** 1(4): 420-422.

Allah, A. A. A. 2009. "Genetic studies on leaf rolling and some root traits under drought conditions in rice (*Oryza sativa* L.)."**African Journal of Biotechnology**. 8(22): 6241-6248.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Allard, RW. 1960. Principles of Plant Breeding. John Willey and Sons Inc., New York. 485.

Asante, M.D., Adjah, K.L. and Afful, E.A. 2019. "Assessment of genetic diversity for grain yield and yield components traits in some genotypes of rice (*Oryza sativa* L.)."**Journal of Crop Science and Biotechnology**. 22(2): 123-130.

Amand, P.C. and Wehner. T.C. (2001). "Generation means analysis of leaf and stem resistance to gummy stem blight in cucumber."**Journal of the American Society for Horticultural Science**. 126(1): 95-99.

Babu, R.C., Shashidhar, H.E., Lilley, J.M.,Thanh, N.D., Ray, J.D., Sadasivam, S., Sarkarang S., O'Toole,J.Cand Nguyen, H.T. 2001. "Variation in root penetration ability, osmotic adjustment and dehydration tolerance among accessions of rice adapted to rainfed lowland and upland ecosystems."**Plant Breeding.**120:233-238.

Balestre, M., Santos, V.B., Soares, A.A. and Reis, M.S. 2010. "Stability and adaptability of upland rice genotypes."**Crop Breeding and Applied Biotechnology**.10: 357-363.

Behboudian,M.H. and Mills, T.S. 2013. **Plant yield and water use.** pp.855–857. In: Encyclopediaofwaterscience.[Online]:http://www.ererutbare.com/doi/abs/10.1201/N0E0849396274.pdf [Accessed on Apr 12, 2013].

Bernier, J., Atlin, G.N., Serraj R., Kumar, A. and Spaner, D. 2008. "Breeding upland rice for drought resistance."**Journal of the Science of Food and Agriculture**. 88: 927-939.

Bisne, R., Sarawgi, A.K. and Verulkar, S.B. 2009. "Study of heritability genetic advance and variability for yield contributing characters in rice."**Bangladesh Journal of Agricultural Research**. 34(2): 175-179.

Blum, A., Shpiler L., Golan, G. and Mayer, J. 1989. "Yield stability and canopy temperature of wheat genotypes under drought stress."**Field Crop Research.**22:289–296.

Boonjung, J. and Fukai, S. 1996. "Effects of soil water deficit at different growth stages on rice growth and yield under upland conditions 1 Growth during drought."**Field Crop Research.**48: 37-45.

Burton, G.W. 1951. "Quantitative inheritance in pearl millet (*Pennisetum glaucum*)."**Agronomy Journal**. 43(9): 409-417.

Challinor, A.J. and Wheeler, T.R. 2008. "Crop yield reduction in the tropics under climate change: Processes and uncertainties."**Agricultural and Forest Meteorology.**148(3): 343–356.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cited,J. and Hatfield, L. 1997. **Plant-water interactions**: pp. 81-103. *In* Wang, W. Horsuch,J.W. and Hughes,J.S. (eds.). Plants for Environmental Studies. CRC Press LLC, New York.

Cooper, M. and Fukai, S. 1996. **Genotypic variation for water relations and growth during the vegetative stage among six rice lines contrasting in maintenance of high leaf water potential.** Page 32-38. *In*: International workshop on breeding strategies for rainfed lowland rice in drought prone environments. on November 5-8,1996 at Regent Palace Hotel. Ubonratchathani, Thailand.

Dabholkar, A. R. 1937."Elements of biometrical genetics."College of Agriculture, Indore 452 001, Madhya Pradesh, India. 431 pp.

De Souza, P.I., Egli D.B. and Bruening W.P. 1997. "Water stress during seed filling and leaf senescence in soybean."**Agronomy Journal**. 89: 807-812.

Delphine, F., Jefferies, S., Kuchel, H. and Langridge, P. 2010. "Genetic and genomic tools to improve drought tolerance in wheat." **Journal of Experimental Botany**61(12):3211–3222.

Dingkuhn,M., Cruz, R.T., O'Toole, J.C. and Dorffling, K. 1989. "Net photosynthesis, water use efficiency, leaf water potential and leaf rolling as affected by water deficit in tropical upland rice."**Australian Journal of Agricultural Research**.40(6):1171 – 1181.

Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. 1977. Crop evapotranspiration - **Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56**Page 1-15.Food andAgricultureOrganization of the United Nations.

El-Hashash, E.F. EL-Agoury, R.Y.A., El-Absy, K.M. and Sakr S.M.I. 2018. "Genetic parameter, multivariate analysis and tolerance indices of rice genotypes under normal and drought stress environments."**Asian Journal of Research in Crop Science**. 1(3): 1-18.

Eberhart, S. and Russell, W.1966. "Stability parameters for comparing varieties."**Crop Sciences.** 6: 36-40.

Falconer, D. S. 1981. **Introduction to quantitative genetics.** 2d ed. Longman, New York. 464pp.

Finlay, K.W. and Wilkinson, G.N. 1963."The analysis of adaptation in a plant-breeding programme."**Australian Journal of Agricultural Research.**14: 742-754.

Francis, T. and Kannenberg, L. 1978. "Yield stability studies in short-season maize I. A descriptive method for grouping genotypes."**Journal PlantSciences.**58(4): 1029-1034

Fukai, S.Kuroda, E.and Yamagishi, T. 1985. "Leaf gas exchange of upland and lowland rice cultivars."**Photosynthesis Research**. 7(2):127–135.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fukai, S. 1999. "Phenology in rainfed lowland rice."**Crop Sciences Research.**64(1-2): 51-60.

Fukoshima, M.T.,Hinata, K. and Tsunoda, S. 1985. "Varietal comparison on the responses of photosynthetic rate and leaf water balance at different sill moisture tensions in rice."**Japanese Journal of Breeding**. 109-117.

Garg, H.S., Kumar, K.R., Kumar, B. and Singh, A.K. 2017. "Screening and identification of rice genotype with drought tolerance under stress and non-stress condition."**International Journal of Chemical Studies**. 5(6): 1031-1042.

Gomez, K.A., and Gomez, A.A. 1983. "**Statistic Procedures for Agricultural Research.**" 2nd ed. Los Banos, Philippines: MG Reprographics for IRRI.690 p.

Hale, M.G. and Orcutt, D.M. 1987. "**The physiology of plants under stress. Wiley-Interscience Publication.**" Page 206**. *In***John Wiley & Sons,Inc. USA.

Harder,H.J.,Carlson, R.E. and Shaw, R.H. 1982. "Yield, yield components and nutrient content of corn grain as influenced by post-silking moisture stress."**Agronomy Journal**. 74: 275-278.

Harshu, I.D., Kumar, S. and Talha, M. 2017. "Assessment of genetic variability and inter-character association studies in rice genotypes (*Oryza sativa* L.)."**International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**. 6 (9): 2041-2046.

Howell, T.A., Steiner, J.E., Scheneider, A.D., Evert, S.R., and Tolk, J.A. 1997. "Seasonal and maximum daily evapotranspiration of irrigated winter wheat, sorghum and cron: southern high plain."**Transactions of the ASAE American Society of Agricultural Engineers** 40: 623-634.

Hsiao,T.C., O'Toole, J.C., Yambao, E.B. and Turner, N.C.1984. "Influence of osmotic asjustment on leaf rolling and tissue death in rice (*Oryza sativa* L.)."**Plant Physiology.** 75:338-341.

IRRI (International Rice Research Institute). 2009**. Rough rice production by country and geographical region-USDA.** Trend in the rice economy. *In*: World rice statistics. www.irri.org/science/ricestat.

Jaruchai, W., Monkham, T., Chankaew, S.,Suriharn, B. and Sanitchon, J. 2018. "Evaluation of stability and yield potential of upland rice genotype in North and Northeast Thailand". **International Journal of Agriculture and Biology**. 17 (1): 28-36.

Jongdee, B., S. Fukai and M. Cooper. 2002. "Leaf water potential and osmotic adjustment as physiological traits to improve drought tolerance in rice."**Field Crops Research** 76: 153-163.

Jongrungklang, N., Toomsan, B.,Vorasoot, N., Jogloy, S., Boote,K.J., Hoogenboom, G. and Patanothai,A.2011. "Rooting traits of peanut genotypes with different yield

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

responses to pre-flowering drought stress."**Field Crops Research** 120: 262-270.

Kanbar, A., Toorchi, M. and Shashidhar, H.E. 2009. "Relationship between root and yield morphological characters in rainfed low land rice (*Oryza sativa* L.)."**CerealResearch Commun.**37:261–268.

Karthikeyan,P., Anbuselvam, Y., Elangaimannan, R. and Venkatesan, M. 2010. "Variability and heritability studies in rice (*Oryza sativa* L.) under coastal salinity."**Electronic Journal of Plant Breeding**. 1(2): 196-198.

Kato, Y., Abe, J., Kamoshita, A. and Yamagishi J. 2006. "Genotypic variation in root growth angle in rice (*Oryza sativa* L.) and its association with deep root development in upland fields with different water regimes."**Plant and Soil.**287: 117–129.

Khandappagol, M., Rajanna, M. P. and Savita, S. K. 2019. "Variability and frequency distribution studies in F_2 population of two crosses involving traditional varieties of rice (*Oryza sativa* L.)."**Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**. 8 (1): 1630-1634.

Khush, G. S. 1997. "Origin, dispersal, cultivation and variation of rice"**. Plant Molecular Biology.** 35:25–34.

Kumar, A., Bernier,J., Verulkar,S., Lafitte, H.R. and Atlin, G.N. 2008. "Breeding for drought tolerance: Direct selection for yield, response to selection and use of drought-tolerance donors in upland and lowland-adapted populations."**Field Crops Research** 107: 221-231

Mackill,D.J. 1990**. "Prospects for improving drought resistance in lowland rice."**Rice Research Seminar.IRRI, Philippines. 9 pp.

MacMillan, K., Emrich, K.,Piepho, H.P. Mullins, C.E. and Price, A.H. 2006. "Assessing the importance of genotype x environment interaction for root traits in rice using a mapping population II: conventional QTL analysis."**Theoretical and Applied Genetics.** 113(5):953-964.

Ndjiondjop, M.N., Futakuchi, K., Cisse, F., Baimey, H. and Bocco, R. 2012. "Field evaluation of rice genotypes from the two cultivated species (*Oryza sativa* L. and *Oryza glaberrima* Steud.) and their interspecfics for tolerance to drought."**Crop Science** 52: 524-538.

Neidhart, B. 1994. "**Morphological and physiological responses of tropical maize (*Zea mays* L.) to pre-anthesis drought.**" Ph.D. Thesis. Swiss Federal Institute of Tech, Zurich, Switzerland.

NeSmith, D.S. and Ritchie, J.T. 1992. "Short-and longterm response of corn to a pre-anthesis soil water deficit."**Agronomy Journal**. 84: 107-113.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nguyen, H.T., Babu, R.C. and Blum, A. 1997. "Breeding for drought tolerance in rice: physiology and molecular genetics considerations."**Crop Sciences.**37: 1426–1434.

Nilsen, E.T. and Orcutt, D.M. 1996. "**Physiology of Plants Under Stress (Abiotic Factors)**." John Wiley and Sons, Inc., New York.

Oktem, A.,Simsek, M. and Oktem, A.G. 2003. "Deficit irrigation effects on sweet corn (*Zea mays* saccharata Sturt.) with drip irrigation system in a semi-arid region; I Water-Yield relationship."**Agriculture Water Management**. 61: 63-74.

Padmaja, D., Radhika, K., Rao, L.V.S. and Padma, V. 2008."Studies on variability and heritability and genetic advance for quantitative characters in rice (*Oryza sativa* L.)."**Journal Plant GeneticResearch**. 21(3): 196-198.

Paikhomba, N., Kumar, A., Chaurasia, C.A.K. and Rai, P.K. 2014. "Assessment of genetic parameter for yield and yield components in hybrid rice and parents." **Journal Rice Research**. 2(1): 1-3.

Pantuwan, G., Fukai, S., Cooper, M., Rajatasereekul, S., O'Toole, J.C. and Basnayake, J. 2000. "**Yield responses of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to water deficit in rainfed lowlands.**" Ph.D. Thesis. School of Land and Food Sciences. The University of Queensland.

Pantuwan, G., Fukai,S., Cooper,M., Rajatasereekul, S. O'Toole, J.C. and Basnayake, J. 2004. "Yield responses of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to water deficit in rainfed lowlands 4. Vegetative stage screening in the dry season."**Field Crops Research** 89: 281-297.

Parimala, K., Raju, C. H. S., Prasad, A. S. H., Kumar, S. S. and Reddy, S. N. 2020. "Studies on genetic parameter correlationand path analysis in rice (*Oryza sativa* L.)."**Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**. 9(1): 414-417.

Pavan Shankar, H. P., Krishna Veni, B., Dayal Prasad Babu, J. and Srinivasa Rao, V. 2016. "Assessment of genetic variability and association studies in dry direct sown rice (*Oryza sativa* L.)."**JournalRice Research**. 9 (2): 11-16.

Peng, S., Huang, J., Sheehy, J., Laza, R. C., Visperas, R.M., Zhong, X., Centeno, G.S., Khush, G.S. Cassman, K.G. 2015**.** "Rice yields decline with higher night temperature from global warming." **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of Amarica.**

Perween, S., Kumar,A., Singh S. P., Kumar,S. M. and Kumar,R. R. 2020. "Genetic variability parameters for yield and yield related traits in rice (*Oryza sativa* L.) under irrigation and drought stress condition."**International Journal Current Microbiology and Applied Science.** 9 (2): 1137-1143.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pushpam R., Manonmani, S., Varthini, N. V. and Robin, S. 2018. "Studies on yield, root characters related to drought tolerance and their association in upland rice genotypes."**Electronic Journal of Plant Breeding,** 9 (3): 856-862.

Price, A.H., Yong, E.M. and Tomos, A.D. 1997. "Quantitative trait loci associated with stomatal conductance, leaf rolling and heading date mapped in upland rice (*Oryza sativa* L.)."**New Phytologist Trust.** 137: 83-91.

Priyanka, A. R., Gnanamalar, R. P., Banumathy, S., Senthil, N. and Hemalatha, G. 2019. "Genetic variability and frequency distribution studies in F_2 segregating generation of rice".**Electronic Journal of Plant Breeding**. 10(3): 988-994.

Puckridge,D.W. 1996. "Processes determining crop yield." Page 16-23: **Internaltional workshop: Breeding strategies for rainfed lowland rice in drought prone environments.** November 5-8,1996 at Regent Palace Hotel. Ubonratchathani, Thailand.

Rashmi, D., Saha, S., Loitongbam, B., Singh, S. and Singh, P.K. 2017. "Genetic variability study for yield and yield components in rice (*Oryza sativa* L.)."**International Journal of Agriculture Environment and Biotechnology**. 10(2): 171-176.

Ricepedia.2019. Rice productivity. [Online]Avalable, http://www.ererutbare.com /doi/ abs/10.1201/N0E0849396274.pdf. [Accessed on Apr 12, 2020].

Saha, S. R., Hassan, L., Haque, Md. A., Islam, M. M. and Rasel, Md. 2019. "Genetic variability heritability, correlationand path analysis of yield components in traditional rice (*Oryza sativa* L.) landraces". **JournalBangladesh Agricultural University.** 17(1): 26-32.

Samson, B., Hasan, M. and Wade, L. 2002. "Penetration of hardpans by rice lines in the rainfed lowlands."**Field Crop Research.**76:175-188.

Seyoun, M. S. A. and Bantte, K. 2012. "Genetic variability, heritability, correlationcoefficient and path analysis for yield and yield related traits in upland rice (*Oryza sativa* L.)." **Journal PlantSciences.** DOI:(10) 1816-4951.

Shahbandeh, M. 2022. World rice acreage from 2010 to 2020. [Online] Available, https://www.statista.com/statistics/271969/world-rice-acreage-since-2008/ [Accessed on 5 Dec, 2022].

Singh., S. K., Singh, C.M. and Lal, G.M. 2011. "Assessment of genetic variability for yield and its components characters in rice (*Oryza sativa* L.)."**Research Plant Biology**. 1 (4): 73-76

Singh, S., Pradhan, S., Singh, A. and Singh, O. 2012. "Marker validation in recombinant inbred lines and random varieties of rice for drought tolerance."**Australian Journalof Crop Sciences.**6(4):606-612.

Singh, A. K., BG, S., Mahto, A., Singh, A. K., Singh, S. P. and Verma, S. 2019. "Genetic variability studies for yield and yield components in F_2 generation in rice

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(*Oryza sativa* L.)."**Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**. 8(2): 2058-2062.

Smitamana, P. 2015. "Effects of climate changes on rice diseases."**Agricultural and industrial clinic Co. Ltd.**

Somsana, P., Wattana, P., Suriharn, B. and Sanitchon, J. 2013. "Stability and genotype by environment interactions for grain antrocyanin content of thai black glutinous upland rice (*Oryza sativa* L.)."**SABRAO Journal of Breeding and Genetics**. 45(3): 523-532.

Srividhya, A., Vemireddy, L.R., Sridhar, S., Jayaprada, M., Ramanarao, P.V., Hariprasad, A.S., Reddy, H. K., Anuradha, G. and Siddiq, E. 2011. "Molecular Mapping of QTLs for Yield and its Components under Two Water Supply Conditions in Rice (*Oryza sativa* L.)."**Journal of Crop Science Biotechnology.**14 (1): 45-56.

Stegman, E.C. 1982. "Corn grain yield as influenced by timing of evapotranspiration deficits." p. 93. *Cited by* J.L. Hatfield. 1997. **Plant-water interactions**, pp. 81-103. *In* W. Wang, J.W. Horsuch and J.S. Hughes (eds.). Plants for Environmental Studies. CRC Press LLC, New York.

Tetwar., S., Koshta, N., Gupta R., Khute, I.K. and Varulkar, S.B. 2016."Consistency of rice genotype under diverse conditions, of rainfed ecosyteem." Page 1047-1061. *In* Advances in life sciences. Fedruary,2016 5 (3) pp 2278-3849.

Todaka, D., Nakashima, K., Shinozaki, K. and Yamaguchi-Shinozaki, K. 2012. "Toward understanding transcriptional regulatory networks in abiotic stress responses and tolerance in rice."**Rice a Springer Open Journal.**5: 6.

Turner, N. C. 1979. "Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants."***In*: Mussell H, Staples CR, eds. Stress physiol. in crop plants.** New York: John Wiley and Sons. 343–372.

Turner N.C. 1982. "The role of shoot characteristics in drought resistance of crop plants."***In:* Drought Resistance in Crop with Emphasis on Rice.** IRRI, PO Box 933, Los Banos, Manila, Philippines, 115-134.

Turner, N. C., O'Toole, J. C., Cruz, R. T., Yambao, E. B., Ahmad, S., Namuco, O. S. and Dingkuhn, M. 1986. "Responses of seven diverse rice cultivars to water deficits. 2. Osmotic adjustment, leaf elasticity, leaf extension, leaf death, stomatal conductance and photosynthesis."**Field Crop Research.**13:273-286.

USDA. 2022. World Rice Production 2021/2022. [Online] Available, http://www.World agriculturalproduction.com/crops/rice.aspx [Accessed on 5 Dec, 2022].

Vinothai, S. and Ananda Kumar, C. R. 2008. "Selection indices for simultaneous improvement of yield and drought tolerance in rice cultures."**Madras Agriculture Journal.** 95: 283-294.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wang, H., Inukai, Y. and Yamauchi, A. 2006. “Root development and nutrient uptake.” **Journal Critical Reviews in Plant Sciences,**25:279–301.

Warner, J.N., 1952. “A method for estimating heritability.”**Agronomy Journal.** 44:427-430.

Weerathaworn, P., Soldati, A. and Stamp, P. 1992. “Shoot and root growth of tropical maize seedlings at different moisture regimes.”**Maydica.,**37: 209-215.

Xiong, W. 2015. “Impacts of climate change on rice production in China.” Page 447-448 ***In*** **Institute of environment and sustainable development in agriculture Chinese academy of agricultural sciences.** pp 447-464.

Yu, S., Liao, F., Wang, F., Wen, W., Li, J., Mei, H. and Luo, L. 2012. “Identification of rice transcription factors associated with drought tolerance using the Ecotilling method.”**Public Library of Science**. 7:e30765.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะความยาวรากสูงสุด (ซม.) ของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบรวม 13 พันธุ์ทดสอบในฤดูฝน (ส.ค.- ต.ค.)

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications	2	1,874.14	1874.14	7.26	0.001
Genotypes (G)	12	447.40	124.94		
Error	12	2,321.54	17.20		
Total	28	4,643.08	C.V. (%) 13.47		

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะน้ำหนักรากแห้ง (กรัม/กอ) ของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบรวม 13 พันธุ์ทดสอบในฤดูฝน (ส.ค.- ต.ค.)

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications	2	7,446.56	7,446.56	20.64	0.001
Genotypes (G)	12	625.27	496.43		
Error	12	8,071.83	24.04		
Total	26	16,143.54	C.V. (%) 21.11		

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะสัดส่วนน้ำหนักรากแห้ง/ต้นแห้ง ของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบรวม 13 พันธุ์ทดสอบในฤดูฝน (ส.ค.- ต.ค.)

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications	2	0.612	0.612	2.51	0.001
Genotypes (G)	12	0.422	0.040		
Error	12	1.034	0.016		
Total	26	2.068	C.V. (%) 12.58		

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะการคายน้ำผ่านปากใบ mmol/ m^{-2}/s^{-1} ของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบรวม 13 พันธุ์ทดสอบในฤดูฝน (ส.ค.- ต.ค.)

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications	2	1.145	1.145	125.13	0.001
Genotypes (G)	12	0.015	0.076		
Error	12	1.158	0.0006		
Total	26	3.318	C.V. (%) 1.62		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะความสูงต้น (ซม.) ของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ปลูกทดสอบพื้นที่ดินร่วนปนทราย (ส.ค.- ต.ค.) 2560

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications	2	5,011.91	5,011.91	25.20	0.001
Genotypes (G)	38	430.83	417.65		
Error	38	5,442.74	16.57		
Total	78	10,885.48	C.V. (%) 4.25		

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะน้ำหนักกอแห้ง (ก./กอ) ของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ ปลูกทดสอบพื้นที่ดินร่วนปนทราย (ส.ค.- ต.ค.) 2560

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications	2	6,924.03	6,924.03	4.19	0.001
Genotypes (G)	38	3,582.61	577.00		
Error	38	10,506.65	137.79		
Total	78	21,013.29	C.V.(%) 20.34		

ตารางภาคผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะจำนวนรวง/กอ ของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ปลูกทดสอบพื้นที่ดินร่วนปนทราย (ส.ค.- ต.ค.) 2560

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications	2	1,687.11	1,687.11	12.96	0.001
Genotypes (G)	38	282.14	140.59		
Error	38	1,969.25	10.85		
Total	78	3,938.50	C.V. (%) 26.45		

ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะความยาวรวง (ซม.) ของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ปลูกทดสอบพื้นที่ดินร่วนปนทราย (ส.ค.- ต.ค.) 2560

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications	2	301.11	301.11	15.62	0.001
Genotypes (G)	38	41.78	25.09		
Error	38	342.90	1.60		
Total	78	685.79	C.V. (%) 4.98		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะแขนงระแง้ช่อรวง ของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ปลูกทดสอบบนดินร่วนทราย พื้นที่ดินร่วนปนทราย (ส.ค.- ต.ค.) 2560

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications	2	205.36	301.11	13.77	0.001
Genotypes (G)	38	32.31	17.11		
Error	38	237.68	1.24		
Total	78	475.35	C.V. (%) 11.62		

ตารางภาคผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะจำนวนเมล็ดทั้งหมด/รวง ของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ ปลูกทดสอบพื้นที่ดินร่วนปนทราย (ส.ค.- ต.ค.) 2560

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications	2	66,309.77	66,309.77	32.21	0.001
Genotypes (G)	38	4,460.67	5,525.81		
Error	38	70,770.44	171.56		
Total	78	141,540.88	C.V. (%) 13.35		

ตารางภาคผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะจำนวนเมล็ดดี/รวง ของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ปลูกทดสอบพื้นที่ดินร่วนปนทราย (ส.ค.- ต.ค.) 2560

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications	2	48,811.10	48,811.10	31.19	0.001
Genotypes (G)	38	3,390.99	4,067.59		
Error	38	52,202.10	130.42		
Total	78	104,404.19	C.V. (%) 16.18		

ตารางภาคผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด ของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ ปลูกทดสอบพื้นที่ดินร่วนปนทราย (ส.ค.- ต.ค.) 2560

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications	2	2,110.92	2,110.92	7.69	0.001
Genotypes (G)	38	595.11	175.91		
Error	38	2,706.03	22.88		
Total	78	5,412.06	C.V. (%) 6.85		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะน้ำหนัก 1,000 ของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ ปลูกทดสอบพื้นที่ดินร่วนปนทราย (ส.ค.- ต.ค.) 2560

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications	2	1,313.08	1,313.08	23.85	0.001
Genotypes (G)	38	119.28	109.42		
Error	38	1,432.36	4.58		
Total	78	2,864.72	C.V. (%) 8.08		

ตารางภาคผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะผลผลิตข้าวเปลือก (กรัม/กอ) ของข้าวไร่และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ปลูกทดสอบพื้นที่ดินร่วนปนทราย (ส.ค.- ต.ค.) 2560

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications	2	27,019.97	27,019.97	13.67	0.001
Genotypes (G)	38	4,281.36	2,251.66		
Error	38	31,301.34	164.66		
Total	78	62,602.67	C.V. (%) 22.12		

ตารางภาคผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ในลักษณะความยาวราก (ซม.) ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	964.86	19.69	1.41	0.0738
Error	49	1,394.14	13.94		
Total	98	2,359.00	C.V. (%) 10.67		

ตารางภาคผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะน้ำหนักรากแห้ง (กรัม/กอ) ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	2,214.61	45.19	2.72	.0001
Error	49	11,615.40	16.59		
Total	98	13,830.01	C.V. (%) 17.52		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะสัดส่วนน้ำหนักรากแห้ง/ต้นแห้ง ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	4.99	0.101	2.30	.0001
Error	49	30.98	0.044		
Total	98	35.98	C.V. (%) 16.89		

ตารางภาคผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะการคายน้ำผ่านปากใบ mmol/ m^{-2}/s^{-1} ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	2.90	0.059	1.27	0.1036
Error	49	32.56	0.046		
Total	98	35.47	C.V. (%) 13.22		

ตารางภาคผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะความยาวราก (ซม.) ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	884.45	18.05	1.58	0.0283
Error	49	1,145.77	11.45		
Total	98	2030.23	C.V. (%) 10.15		

ตารางภาคผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะน้ำหนักรากแห้ง (กรัม/กอ) ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	1,658.92	33.85	2.30	.0001
Error	49	10,283.89	14.69		
Total	98	11,942.81	C.V. (%) 19.67		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะสัดส่วนน้ำหนักรากแห้ง/ต้นแห้งของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	3.96	0.080	2.42	.0001
Error	49	23.40	0.033		
Total	98	27.37	C.V. (%) 18.18		

ตารางภาคผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะการคายน้ำผ่านปากใบ mmol/ m^{-2}/s^{-1} ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	2.54	0.051	0.97	0.5311
Error	49	37.38	0.053		
Total	98	39.92	C.V. (%) 14.30		

ตารางภาคผนวกที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะความสูงต้น (เซนติเมตร) ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	726.40	181.60	1.13	0.3547
Error	49	7,235.60	160.79		
Total	98	7,962.00	C.V. (%) 13.48		

ตารางภาคผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะน้ำหนักกอแห้ง (กรัม/กอ) ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	23,240.57	5,810.14	10.83	.0001
Error	49	24,137.65	536.39		
Total	98	47,378.22	C.V. (%) 20.71		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะจำนวนรวงต่อกอ ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	20.32	5.08	2.61	0.0479
Error	49	87.60	1.94		
Total	98	107.92	C.V. (%) 15.43		

ตารางภาคผนวกที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะความยาวรวง (ซม.) ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	166.62	41.65	6.51	0.00003
Error	49	288.00	6.40		
Total	98	454.62	C.V. (%) 8.15		

ตารางภาคผนวกที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะแขนงระแง้ช่อรวง ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	8.80	2.20	0.72	0.5817
Error	49	137.20	3.04		
Total	98	146.00	C.V. (%) 13.61		

ตารางภาคผนวกที่ 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะจำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	8,722.28	2,180.57	0.84	0.5099
Error	49	117,461.10	2,610.24		
Total	98	126,183.38	C.V. (%) 26.58		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวง ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	15,281.72	3,820.43	2.36	0.0677
Error	49	72,914.70	1,620.32		
Total	98	88,196.42	C.V. (%) 27.09		

ตารางภาคผนวกที่ 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	3.03	0.75	2.78	0.0381
Error	49	12.27	0.27		
Total	98	15.30	C.V. (%) 13.99		

ตารางภาคผนวกที่ 31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะน้ำหนัก 100 เมล็ด ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	2,449.26	612.31	5.10	0.0018
Error	49	5,403.10	120.06		
Total	98	7,852.36	C.V. (%) 19.15		

ตารางภาคผนวกที่ 32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะผลผลิตข้าวเปลือก (กรัม/กอ) ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	270.00	67.50	1.71	0.1653
Error	49	1,780.63	139.56		
Total	98	2,050.64	C.V. (%) 26.23		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะความสูงต้น (ซม.) ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	756.68	189.17	1.37	0.2586
Error	49	6,203.50	137.85		
Total	98	6,960.18	C.V. (%) 12.68		

ตารางภาคผนวกที่ 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะน้ำหนักกอแห้ง (กรัม/กอ) ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	436.07	109.01	0.16	0.9553
Error	49	29,843.61	663.19		
Total	98	302,79.69	C.V. (%) 21.43		

ตารางภาคผนวกที่ 35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะจำนวนรวง/กอ ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว × กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	20.32	5.08	2.61	0.0479
Error	49	87.60	1.94		
Total	98	107.92	C.V. (%) 15.43		

ตารางภาคผนวกที่ 36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะความยาวรวง (ซม.) ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	28..86	7.21	1.09	0.3750
Error	49	299.07	6.64		
Total	98	327.93	C.V. (%) 10.08		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะแขนงระแง้ช่อรวง/รวง ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	45.52	11.38	3.44	0.0155
Error	49	148.80	3.30		
Total	98	194.32	C.V. (%) 15.73		

ตารางภาคผนวกที่ 38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะจำนวนเมล็ดทั้งหมด/รวง ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว × กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	9,673.48	2,418.37	2.45	0.0598
Error	49	44,441.90	987.59		
Total	98	54,115.38	C.V. (%) 21.55		

ตารางภาคผนวกที่ 39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะจำนวนเมล็ดดี/รวง ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	4,023.40	1005.85	1.65	0.1779
Error	49	27,401.10	608.91		
Total	98	31,424.50	C.V. (%) 22.33		

ตารางภาคผนวกที่ 40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	3,344.97	836.24	12.59	.0001
Error	49	2,989.29	66.42		
Total	98	6,334.27	C.V. (%) 10.64		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะน้ำหนัก 100 เมล็ด ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว × กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	0.74	0.18	0.62	0.6535
Error	49	13.69	0.30		
Total	98	14.44	C.V. (%) 18.81		

ตารางภาคผนวกที่ 42 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะผลผลิตข้าวเปลือก (กรัม/กอ) ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างบาเกียว×กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	7.32	1.83	1.15	0.3476
Error	49	71.90	1.59		
Total	98	79.22	C.V. (%) 23.31		

ตารางภาคผนวกที่ 43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะความสูงต้น (ซม.) ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	422.72	105.68	0.70	0.5980
Error	49	6,822.00	151.60		
Total	98	7,244.72	C.V. (%) 13.12		

ตารางภาคผนวกที่ 44 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะน้ำหนักแห้งกอแห้ง (กรัม/กอ ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	2,495.96	623.99	8.52	.0001
Error	49	3,294.05	73.20		
Total	98	382.88	C.V. (%) 20.23		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะจำนวนรวง/กอ ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	82.28	20.57	3.08	0.0252
Error	49	300.60	6.68		
Total	98	382.88	C.V. (%) 22.83		

ตารางภาคผนวกที่ 46 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะความยาวรวง (ซม.) ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	157.44	39.36	3.59	0.0126
Error	49	492.89	10.95		
Total	98	650.34	C.V. (%) 11.15		

ตารางภาคผนวกที่ 47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะแขนงระแง้ช่อรวง/รวง ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	7.32	1.83	1.15	0.3476
Error	49	71.90	1.59		
Total	98	79.22	C.V. (%) 12.22		

ตารางภาคผนวกที่ 48 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะจำนวนเมล็ดทั้งหมด/รวง ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	4,755.72	1,188.93	0.76	0.5561
Error	49	70,290.60	1,562.01		
Total	98	75,046.32	C.V. (%) 24.46		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 49 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะจำนวนเมล็ดดี/รวง ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	11,730.68	2,932.67	2.29	0.0744
Error	49	57,642.70	1,280.94		
Total	98	69,373.38	C.V. (%) 30.12		

ตารางภาคผนวกที่ 50 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	3,603.73	900.93	12.19	.0001
Error	49	3,324.76	73.88		
Total	98	6,928.50	C.V. (%) 11.74		

ตารางภาคผนวกที่ 51 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะน้ำหนัก 100 ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	1.71	0.42	2.67	0.0444
Error	49	7.24	0.16		
Total	98	8.95	C.V. (%) 14.09		

ตารางภาคผนวกที่ 52 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะผลผลิตข้าวเปลือก (กรัม/กอ) ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×เหนียวดำลืมผัว

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	1,395.98	348.99	1.86	0.1338
Error	49	8,436.72	187.48		
Total	98	9,832.71	C.V. (%) 37.31		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 53 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะความสูงต้น (ซม.) ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	1,351.08	337.77	3.04	0.0265
Error	49	4,995.90	111.02		
Total	98	6,346.98	C.V. (%) 11.45		

ตารางภาคผนวกที่ 54 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะน้ำหนักแห้งกอข้าว (กรัม/กอ) ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	169.94	42.48	0.48	0.7519
Error	49	4,002.49	88.94		
Total	98	4,172.44	C.V. (%) 22.75		

ตารางภาคผนวกที่ 55 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะจำนวนรวง/กอของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	45.32	11.33	1.54	0.2067
Error	49	331.00	7.35		
Total	98	376.32	C.V. (%) 25.68		

ตารางภาคผนวกที่ 56 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะความยาวรวง (ซม.) ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	1.75	0.43	0.06	0.9933
Error	49	334.32	7.42		
Total	98	336.08	C.V. (%) 10.17		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 57 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะแขนงระแง้ช่อรวง/รวง ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	4.40	1.10	0.99	0.4238
Error	49	50.10	1.11		
Total	98	54.50	C.V. (%) 11.85		

ตารางภาคผนวกที่ 58 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะจำนวนเมล็ดทั้งหมด/รวง ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	5,084.28	1,271.07	1.80	0.1463
Error	49	31,848.70	707.74		
Total	98	36,932.98	C.V. (%) 24.63		

ตารางภาคผนวกที่ 59 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะจำนวนเมล็ดดี/รวง ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	3,095.92	773.98	1.47	0.2282
Error	49	23,748.10	527.73		
Total	98	26,844.02	C.V. (%) 30.68		

ตารางภาคผนวกที่ 60 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่างIR1552×กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	323.64	80.91	0.99	0.4231
Error	49	3,680.65	81.79		
Total	98	4,004.29	C.V. (%) 13.14		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 61 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะน้ำหนัก 100 เมล็ด ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่าง IR1552×กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	0.38	0.096	1.06	0.3891
Error	49	4.09	0.091		
Total	98	4.48	C.V. (%) 11.67		

ตารางภาคผนวกที่ 62 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะผลผลิตข้าวเปลือก (กรัม/กอ) ของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2 population) ระหว่าง IR1552×กข6

Source of variance	df	Sun of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Replications					
Genotypes (G)	49	527.77	131.94	1.66	0.1751
Error	49	3,568.78	79.30		
Total	98	4,096.55	C.V. (%) 31.96		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายสุวัจน์ อิ่มวิชิต
วัน เดือน ปีเกิด	เกิดเมื่อวันที่ 21 ธันวาคม 2534
ภูมิลำเนา	บ้านเลขที่ 110/1 หมู่ที่ 3 ตำบลงิ้วราย อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม 73120
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2556 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2565 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานทางวิชาการ	1. **สุวัจน์ อิ่มวิชิต** และ ธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส. 2563. ลักษณะทนแล้ง ผลผลิต และสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทนแล้งกับผลผลิตของข้าวไร่พันธุ์แนะนำ วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ 23(2) : 24–33. 2. จรัญญา แขกสวัสดิ์ **สุวัจน์ อิ่มวิชิต** ประภัสสร วิจิตรจันทร์ สัณห์ฐิศ รีวรา บัณฑิต นัฐวรรณ บุษบา สุนันทรา บรรจบพุดซา ธนสิน ทับทิมโต กนกวรรณ ศรีคชา เบญญาภา ทองศรี พงศธร สุขสวัสดิ์ พีรดา อินทะเสน ประพฤติ พรหมสมบูรณ์ ธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส และไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล. 2565. ศักยภาพการทนแล้งและผลผลิตของข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์แนะนาในประเทศไทย.วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 40(2) : 187–195. 3. Sarutayophat, T., **Imwichit, S.**, Sripichitt, A., Phimsirikul, P., Thabthimtho, T. and Promsomboon, P. 2020. Drought-tolerant characters, yield and its component of an elite landrace upland rice cultivars in Thailand. International Journal of Agricultural Technology (IJAT). 16 (4): 985-994.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้