

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อช่องว่างผลผลิตของข้าวโดยใช้แบบจำลอง
การเจริญเติบโตของพืช

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING YIELD GAP IN RICE USING
CROP SIMULATION MODEL



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2565

KMITL-2022-AG-M-065-356

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING YIELD GAP IN RICE USING
CROP SIMULATION MODEL**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURE
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL-2022-AG-M-065-356



COPYRIGHT 2022

SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อช่องว่างผลผลิตของข้าวโดยใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช
นักศึกษา	นายณัฐวุฒิ สวณพรหม
รหัสประจำตัว	61604016
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2565
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.นิตยา ผกามาศ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ดร.ลำแพน ขวัญพูล

บทคัดย่อ

การศึกษานี้แบ่งเป็น 3 ส่วน โดยการศึกษาส่วนที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (genetic coefficients, GCs) ของข้าวไม่ไวแสงจำนวน 7 พันธุ์ ประกอบด้วย กข41 กข43 กข47 กข49 กข57 กข61 และ กข71 ทำการเก็บบันทึกข้อมูลดิน ข้อมูลอากาศ ข้อมูลการจัดการ ข้อมูลการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าว จำนวน 4 วันปลูก ได้แก่ วันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) วันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) วันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63) และวันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63) จากนั้นนำชุดข้อมูลของวันปลูกที่ 1, 3 และ 4 ไปปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (model calibration) ด้วยโปรแกรม GLUE Estimator ที่บรรจุอยู่ใน DSSAT version 4.7 โดยทำการปรับจนกว่าจะได้ค่าจำลองสอดคล้องกับค่าสังเกตจริงมากที่สุด ผลการศึกษาพบว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีค่า GCs ทางด้านพัฒนาการและการเจริญเติบโตที่เฉพาะเจาะจงแตกต่างกัน จากนั้นนำค่า GCs เหล่านี้ไปทดสอบ (model validation) กับชุดวันปลูกที่ 2 (ข้อมูลชุดอิสระ) โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ทำนายระยะพัฒนาการ การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวทั้ง 7 พันธุ์ พิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองและค่าสังเกตจริงจากแปลงทดลองด้วยค่า d-stat และ RMSEn ผลการทดสอบค่า GCs ซึ่งให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถประเมินลักษณะด้านระยะพัฒนาการ คือ วันกำเนิดช่อรวง วันออกดอก และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวทุกพันธุ์ได้ดีมากยกเว้นพันธุ์ กข61 ส่วนลักษณะการเจริญเติบโตและผลผลิต พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ดีเฉพาะบางพันธุ์เท่านั้น โดยแบบจำลองสามารถทำนายน้ำหนักแห้งรวมของข้าวพันธุ์ กข57 และ กข61 ได้ดีมาก มีค่า RMSEn ต่ำกว่า 10% และทำนายผลผลิตเมล็ดของข้าวพันธุ์ กข41 และ กข61 ได้ดี มีค่า RMSEn เท่ากับ 19.8 และ 17.9% ตามลำดับ สำหรับค่า GCs ที่ประเมินได้จะนำไปใช้ในการศึกษาส่วนที่ 2 และ 3 ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาส่วนที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แบบจำลอง CSM-CERES Rice ประเมินการเจริญเติบโต ผลผลิต และวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตของข้าวในแปลงเกษตรกรที่ตำบลโพธิ์ไทรงาม อำเภอบึงนาราง จังหวัดพิจิตร โดยเกษตรกรมีการจัดการปุ๋ย 2 รูปแบบ คือ แปลงหนึ่งใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และอีกแปลงหนึ่งใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF) ทำการเก็บบันทึกข้อมูลอากาศ ข้อมูลดิน ข้อมูลปุ๋ยอินทรีย์ ข้อมูลการจัดการ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลตัวป้อนให้กับแบบจำลอง และมีการสุ่มตัวอย่างข้าวเพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตด้วยวิธี t-test แม้พบว่าข้าวทั้งสองแปลงมีน้ำหนักแห้งรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ (618 และ 699 กก./ไร่) แต่สำหรับผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 270 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าแปลงที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีที่มีค่าเท่ากับ 261 กก./ไร่ จะสังเกตเห็นได้ว่าข้าวทั้งสองแปลงมีค่าน้ำหนักแห้งรวมและผลผลิตค่อนข้างต่ำ ผลการวิเคราะห์ช่องว่างระหว่างค่า actual farm yield กับ potential farm yield (Gap II) พบว่าเกิดช่องว่างของน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ 30.5% ช่องว่างผลผลิตเท่ากับ 42.8% ซึ่งมีค่าเท่ากันในทั้งสองแปลงปลูก ดังนั้นจึงควรมีการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดช่องว่างเหล่านั้นต่อไป

การศึกษาที่ 3 มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อช่องว่างผลผลิตของข้าวโดยใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช ด้วยการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัยต่าง ๆ ที่คาดว่าจะจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดช่องว่างของผลผลิตข้าว โดยการปรับเปลี่ยนปริมาณปุ๋ย อุณหภูมิ พันธุ์ข้าว และวันปลูก ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยสภาพแวดล้อมทางด้านกายภาพเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดช่องว่าง โดยข้าวพันธุ์กข49 มีความอ่อนไหวต่ออุณหภูมิ เมื่อปรับลดอุณหภูมิต่ำลงประมาณ 2 - 3 °C ทำให้ตลอดช่วงปลูกข้าวมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 27.1 - 28.1 °C ส่งผลให้ข้าวมีค่าน้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตเพิ่มขึ้น และมีค่าสูงกว่าค่า actual farm yield เมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของวันปลูก พบว่าหากเปลี่ยนวันปลูกข้าวจากวันที่ 24 มิ.ย. 62 เป็นวันที่ 9 มิ.ย. 62 สามารถช่วยลดช่องว่างผลผลิตได้ประมาณ 8.2% และหากเปลี่ยนพันธุ์ข้าวจากกข49 เป็นสุพรรณบุรี 60 จะสามารถยกระดับน้ำหนักแห้งรวมและผลผลิตขึ้นมากกว่า potential farm yield เท่ากับ 14.8% และ 35.0% ตามลำดับ เมื่อนำข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 ไปวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตและความอ่อนไหวของปัจจัยต่าง ๆ พบว่าเกิดช่องว่างขนาดใหญ่ อีกทั้งยังมีความอ่อนไหวต่ออุณหภูมิ และวันปลูก เช่นเดียวกับข้าวพันธุ์กข49 อย่างไรก็ตามสาเหตุของการเกิดช่องว่างของผลผลิตอาจแตกต่างกันไปในแต่ละสภาพการผลิต เนื่องจากความแปรปรวนของปัจจัยบางอย่างไม่สามารถควบคุมได้ จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าแบบจำลอง CSM-CERES-Rice สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดช่องว่างผลผลิตได้อย่างสะดวก

คำสำคัญ: ข้าว, ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (GCs), ช่องว่างผลผลิต, วิเคราะห์ความอ่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Analysis of factors affecting yield gap in using crop simulation model
Student	Mr. Nattawut Suanphrom
Student ID	61604016
Degree	Master of Science
Program	Agriculture
Year	2022
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Nittaya Phakamas
Thesis Co-Advisor	Asst. Prof. Dr. Lampan Khurnpoon

ABSTRACT

This study was divided into three parts. The first part was to assess the genetic coefficient (GCs) of seven non-photosensitive rice varieties consisting of RD41, RD43, RD47, RD49, RD57, RD61 and RD71. Soil data, weather data, management data were collected, and plant data including growth parameters and yield were also recorded for four planting dates including planting date 1 (23 Nov 19), planting date 2 (23 Dec 19), planting date 3 (23 Jan 20) and planting date 4 (23 Feb 20). The data sets of planting dates 1, 3 and 4 were used for model calibration using GLUE Estimator program in DSSAT version 4.7 until the simulation values were in best agreement with the observed values. Rice varieties had different GC values for development and growth. The GC values were further validated using the data of planting date 2 (un-related data) using CSM-CERES-Rice model to predict the development, growth, and yield of seven rice varieties. D-stat and RMSEn values were used to determine the consistency between simulation data and actual observations from experimental plots. The model was able to accurately predict the developmental stages such as days to panicle initiation, days to anthesis, and days to physiological maturity of most rice varieties except RD61. The model could provide good predictions for growth and yield of some varieties only. Good predictions for total dry weight with RMSEn values lower than 10% were observed in RD57 and RD61, whereas the predictions for yield was rather good in RD41 and RD61 with RMSEn values of 19.8 and 17.9%, respectively. The estimated GCs values will be further used in parts 2 and 3 of this study.

The objective of the second part was to use the CSM-CERES-Rice model for assessing growth, and yield, and analyzing yield gap of rice in the farmer's field in Pho Sai Ngam subdistrict,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bueng Na Rang district, Phichit province. In this field, two methods of fertilizer application were used. The combination of organic fertilizer and chemical fertilizer (0.5OF+0.5CF) was applied in one plot, and chemical fertilizer alone (CF) was applied in another plot. The data for weather, soil, organic fertilizer, and management were collected and used as input data for the model. The data for plant growth and yield were recorded, and t-test was used to compare means. Although two methods of fertilizer application (3,863 and 4,369 kg/ha) were not significantly different for total dry weight, they were significantly different ($P \leq 0.05$) for grain yield. Application of chemical fertilizer alone had higher grain yield of 1,688 kg/ha than application of the combination of chemical fertilizer and organic fertilizer, which had an average yield of 1,631 kg/ha. It is interesting to note here that both methods of fertilizer application had rather low total dry weight and grain yield. The yield gap between actual farm yield and potential farm yield (Gap II) was investigated. The gap for total dry weight was 30.5% and the gap for grain yield was 42.8%, which was the same in both fertilizer application methods. Therefore, further investigations on the factors causing those gaps are required.

The objective of the third part was to analyze factors affecting yield gap of rice using crop growth model. The sensitivity of the various factors, which were expected to cause yield gaps of rice, was examined. The influencing factors including fertilizer, temperature, rice variety, and the planting date were changed. The findings showed that physical environmental factors had a substantial contribution to yield gaps. The RD49 rice variety was discovered to be sensitive to temperature. When the daily temperature was reduced by 2-3 °C and the mean temperature throughout the rice planting period was approximately 27.1-28.1 °C, total dry and yield of simulated data were increased and higher than the actual farm yield. Sensitivity analysis revealed that shifting the rice planting date from June 24, 2019 to June 9, 2019 could reduce yield gap by 8.2%, whereas changing rice variety from RD49 to Suphanburi 60 could increase total dry weight and grain yield by 14.8% and 35.0%, respectively. When Suphanburi 60 was analyzed for yield gap sensitivity, a large yield gap was observed because this variety was sensitive to temperature and planting date similar to RD49. The factors affecting yield gap were different depending on growing conditions because of uncontrollable conditions. The results of the study indicated that CSM-CERES-Rice model can be used to analyze the factors that cause yield gaps conveniently.

Keywords: *Oryza sativa* L., Genetic coefficients (GCs), Yield gap, Sensitivity analysis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาโท ที่มีความสำคัญยิ่งในการทำให้นักศึกษาได้รับประสบการณ์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านการศึกษา การฝึกฝนในการใช้สติปัญญา การเรียนรู้ การนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในการทำงาน อีกทั้งยังสามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้ในอนาคต่อไป

ขอขอบคุณทุนโครงการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 รหัสโครงการ 2563-02-04-017 ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำงานทดลองส่วนที่ 1

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนวิจัยเงินงบประมาณแผ่นดิน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปี พ.ศ. 2561 - 2562 โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบการปลูกพืชหลังนา ด้วยเทคโนโลยีเกษตรแม่นยำ แบบมีส่วนร่วมของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดพิจิตร รหัสโครงการ A118-0161 และ A118-01162-009 ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำงานทดลองส่วนที่ 2 และ 3

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. นิตยา ผลามาศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยอบรมสั่งสอน ถ่ายทอดความรู้ต่าง ๆ และให้คำแนะนำในการทำเล่มวิทยานิพนธ์ อีกทั้งยังคอยอบรมสั่งให้มีความรับผิดชอบต่อน้ำที่ในการทำงาน มีความกระตือรือร้น ซึ่งให้เห็นถึงข้อบกพร่องไม่ว่าจะเป็นในส่วน of ตัวนักศึกษา หรือแม้กระทั่งงานวิจัย ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. ลำแพน ขวัญพูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้โอกาสในการเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยการพัฒนาระบบการปลูกพืชหลังนาด้วยเทคโนโลยีเกษตรแม่นยำ แบบมีส่วนร่วมของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดพิจิตร ทำให้ได้ความรู้ อีกทั้งยังสามารถนำมาปรับใช้ให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. สุกัญญา เข้มประชา และนักศึกษาปริญญาโท ประจำห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา สำหรับความช่วยเหลือ และอนุเคราะห์อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนปลูก

ขอขอบคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ชี้ให้เห็นถึงข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำในการแก้ไข จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ นักศึกษาระดับปริญญาตรี เกษตรเจ้าคุณรุ่นที่ 45 ทุกคนที่มีร่วมในการช่วยเหลือในการทำงานทดลองในส่วนต่าง ๆ ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณครอบครัว ที่สนับสนุน ส่งเสริม และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ณัฐวุฒิ สวณพรหม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	IX
สารบัญภาพ.....	XI
สารบัญภาคผนวก.....	XII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ข้าว	4
2.1.1 ข้าวพันธุ์ กข41 (RD41).....	4
2.1.2 ข้าวพันธุ์ กข43 (RD43).....	5
2.1.3 ข้าวพันธุ์ กข47 (RD47).....	5
2.1.4 ข้าวพันธุ์ กข49 (RD49).....	5
2.1.5 ข้าวพันธุ์ กข57 (RD57).....	5
2.1.6 ข้าวพันธุ์ กข61 (RD61).....	6
2.1.7 ข้าวพันธุ์ กข71 (RD71).....	6
2.2 ช่องว่างผลผลิต	6
2.3 แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช	7
2.3.1 ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว.....	8
2.3.2 การปรับค่าและการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม.....	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลองประเมินช่องว่างของผลผลิตพืช	11
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	13
3.1 สถานที่ทำการทดลอง	13
3.2 ระยะเวลาทำการทดลอง	13
3.3 วิธีการดำเนินการ และการวิเคราะห์ข้อมูล	13
บทที่ 4 ผลการทดลอง	24
4.1 การศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต และการหาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของ ข้าวพันธุ์ไม่ไวแสงจำนวน 7 พันธุ์	24
4.1.1 การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง 7 พันธุ์	24
4.1.2 การปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว	29
4.1.3 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว	40
4.2 การใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice เพื่อประเมินการเจริญเติบโต ผลผลิต และ วิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข49 ในแปลงเกษตรกรจังหวัดพิจิตร	44
4.2.1 สภาพอากาศในช่วงฤดูปลูกข้าว	44
4.2.2 ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก และปุ๋ยอินทรีย์ที่เกษตรกรใช้ในการปลูกข้าว ..	44
4.2.3 การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข49 ที่บันทึกจากแปลงเกษตรกร	45
4.2.4 การประเมินความสอดคล้องของ actual farm yield โดยใช้ CSM-CERES- Rice model	46
4.2.5 การวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตระหว่าง potential farm yield และ actual farm yield (Gap II) ของข้าวพันธุ์ กข49	48
4.3 การใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice วิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อช่องว่าง ผลผลิตของข้าวในแปลงเกษตรกรจังหวัดพิจิตร	49
4.3.1 ความอ่อนไหวของปุ๋ยไนโตรเจน	49
4.3.2 ความอ่อนไหวของอุณหภูมิ	50
4.3.3 ความอ่อนไหวของพันธุ์	51
4.3.4 ความอ่อนไหวของวันปลูก	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.5 การวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตระหว่าง potential farm yield และ actual farm yield (Gap II) ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60.....	54
4.3.6 ความอ่อนไหวของอุณหภูมิต่อผลผลิตของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60	55
4.3.7 ความอ่อนไหวของวันปลูกเมื่อเปลี่ยนเป็นข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60	56
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง	58
5.1 การศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต และการหาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ไม่วิแสงจำนวน 7 พันธุ์.....	58
5.2 การใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice เพื่อประเมินการเจริญเติบโต ผลผลิต และวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข49 ในแปลงเกษตรกรจังหวัดพิจิตร	61
5.3 การใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice วิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อช่องว่างผลผลิตของข้าวในแปลงเกษตรกรจังหวัดพิจิตร	62
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	65
6.1 สรุปผลการทดลอง	65
เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก.....	70
ประวัติผู้เขียน.....	78

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงคำนิยามของค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว	9
3.1 แสดงผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกข้าวไม่ไวแสง 7 พันธุ์.....	16
3.2 แสดงการปรับเปลี่ยนปัจจัยต่าง ๆ เพื่อประเมินความอ่อนไหวต่อการให้ผลผลิต ของข้าวพันธุ์กข49.....	22
4.1 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อค่าดัชนีพื้นที่ใบของข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว.....	25
4.2 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่ออัตราการเจริญเติบโตที่ระยะ 60 วันถึงเก็บเกี่ยว..	26
4.3 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ข้าวต่อน้ำหนักแห้งรวมข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว	27
4.4 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ข้าวต่อน้ำหนักเมล็ดทั้งหมดของข้าวที่ระยะเก็บ เกี่ยว.....	28
4.5 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ข้าวต่อดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว.....	29
4.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว 7 พันธุ์.....	30
4.7 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตของวันกำเนิดรวงข้าวทั้ง 7 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62), 3 (23 ม.ค. 63) และ 4 (23 ก.พ. 63) ซึ่งใช้ในการ ปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)	32
4.8 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตของวันออกดอกของข้าวทั้ง 7 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62), 3 (23 ม.ค. 63) และ 4 (23 ก.พ. 63) ซึ่งใช้ ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)	33
4.9 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตของวัน สุกแก่ทางสรีรวิทยาของ ข้าวทั้ง 7 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62), 3 (23 ม.ค. 63) และ 4 (23 ก.พ. 63) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)	35
4.10 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตของน้ำหนักแห้งรวมของข้าว 7 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62), 3 (23 ม.ค. 63) และ 4 (23 ก.พ. 63) ซึ่งใช้ ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)	37

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.11 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตของน้ำหนักเมล็ดของข้าว 7 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62), 3 (23 ม.ค. 63) และ 4 (23 ก.พ. 63) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)	39
4.12 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตของวันกำเนิดรวง วันออกดอก และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าว 7 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (validated)	41
4.13 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตของน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักเมล็ด ของข้าว 7 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (validated).....	43
4.14 แสดงข้อมูลสภาพอากาศรายเดือนตลอดระยะเวลาปลูกข้าว.....	44
4.15 แสดงผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกข้าว และปุ๋ยอินทรีย์ที่เกษตรกรใช้ปลูกข้าว....	45
4.16 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิตของข้าว และปริมาณวัชพืช ระหว่างแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF)	46
4.17 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตของวันออกดอก วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา น้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักเมล็ด ของข้าวพันธุ์ กข49 ที่ได้จากแปลงเกษตรกร	47
4.18 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเมื่อมีการปรับลดและเพิ่มข้อมูลอุณหภูมิรายวันครั้งละ 1, 2 และ 3 (°C) จากข้อมูลอุณหภูมิจริงในช่วงปลูกข้าว.....	51

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แบบจำลองแนวคิดที่อธิบายช่องว่างผลผลิตระหว่าง experiment station, potential yield และ actual yield.....	7
3.1 แสดงแผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	14
4.1 แสดงความแตกต่าง (Gap II) ของค่าน้ำหนักแห้งรวมและผลผลิตข้าวพันธุ์ กข49 ในแปลงเกษตรกรที่จำลองในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF).....	48
4.2 ความอ่อนไหวของปริมาณปุ๋ยใน โตรเจนที่มีผลกระทบต่อค่าน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักเมล็ดในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF)	49
4.3 ความอ่อนไหวของอุณหภูมิที่มีผลกระทบต่อน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักเมล็ด ในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF)	51
4.4 แสดงปัจจัยพันธุ์ข้าวที่มีผลกระทบต่อน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักเมล็ดในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF).....	52
4.5 ความอ่อนไหวของวันปลูกที่มีผลกระทบต่อน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักเมล็ดในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF)	53
4.6 แสดงความแตกต่าง (Gap II) ของค่าน้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 60 ในแปลงเกษตรกรที่จำลองในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ (0.5OF+0.5CF) และปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF).....	54
4.7 ความอ่อนไหวของอุณหภูมิต่อน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักเมล็ดของข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 60 ในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF)	56
4.8 ความอ่อนไหวของวันปลูกต่อน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักเมล็ดของข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 60 ในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF).....	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

ตารางผนวกที่	หน้า
1 ตัวอย่างไฟล์ข้อมูลดิน.....	71
2 ตัวอย่างไฟล์ข้อมูลสภาพอากาศ.....	72
3 ตัวอย่างไฟล์ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว.....	73
4 ไฟล์ข้อมูลการจัดการ (File X).....	74
5 ไฟล์ข้อมูลงานทดลอง (File T).....	76
6 ไฟล์ข้อมูลงานทดลอง (File A).....	77



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย ประชากรส่วนใหญ่บริโภคเป็นอาหารหลัก สำหรับพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดของประเทศไทยมีประมาณ 71.0 ล้านไร่ แบ่งเป็นนาปี 62.6 ล้านไร่ และนาปรัง 8.4 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) พื้นที่ปลูกข้าวนาปรังส่วนใหญ่อยู่ในแถบภาคกลางและภาคเหนือตอนล่าง ซึ่งระดับการให้ผลผลิตของข้าวจะมีความแปรปรวนขึ้นอยู่กับอิทธิพลของปัจจัยหลายชนิด เช่น การเลือกใช้พันธุ์ข้าว ความอุดมสมบูรณ์ของดิน สภาพภูมิอากาศ และการจัดการ เป็นต้น โดยเฉพาะด้านการจัดการแปลงปลูกที่มักเป็นข้อจำกัดของเกษตรกร อันเป็นสาเหตุทำให้ผลผลิตที่เกษตรกรผลิตได้ (actual farm yield) ต่ำกว่าผลผลิตตามศักยภาพของพันธุ์ที่ผลิตในสถานีทดลอง (experiment station yield) ทั้งนี้เพราะนักวิจัยมีความรู้ความเข้าใจในการจัดการแปลงปลูกที่ดีและไม่มีข้อจำกัดด้านปัจจัยการผลิต แต่เมื่อนักวิจัยนำเทคโนโลยีการผลิตไปถ่ายทอดเกษตรกรมักไม่ค่อยยอมรับเทคโนโลยีใหม่ ๆ ยังคงปฏิบัติตามที่เคยทำกันมา ซึ่งหากเกษตรกรสามารถปฏิบัติได้เช่นเดียวกับนักวิจัย จะทำให้ข้าวสามารถแสดงผลผลิตตามศักยภาพของพันธุ์ (potential farm yield) ได้เต็มที่ ระดับของผลผลิตก็จะสูงขึ้น โดยทั่วไปการเกิดความแตกต่างของระดับผลผลิตที่เกษตรกรผลิตได้ เรียกว่า ช่องว่างผลผลิต (yield gap) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) ความแตกต่างระหว่างผลผลิต experiment station yield กับ potential farm yield (yield gap I) ที่เกิดจากข้อจำกัดบางอย่างที่เกษตรกรไม่สามารถทำตามคำแนะนำของนักวิจัยได้เต็มที่ และ 2) ความแตกต่างระหว่างผลผลิต potential farm yield กับ actual farm yield (yield gap II) ซึ่งประเภทนี้จะเกิดจากการที่เกษตรกรมีข้อจำกัดเรื่องของปัจจัยการผลิตหรือมีการจัดการแปลงปลูกที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นการวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิต (yield gap analysis) จะทำให้ทราบถึงปัจจัยที่เป็นตัวจำกัดการให้ผลผลิตสูงสุดได้ (Gomez, 1977) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อแนวทางการยกระดับผลผลิตของข้าว และในปัจจุบันมีเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ได้อย่างสะดวก

แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว (CSM-CERES-Rice) สามารถนำมาใช้จำลองการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวได้ โดยอาศัยข้อมูลตัวป้อนประกอบด้วย ข้อมูลการจัดการ ข้อมูลดิน ข้อมูลอากาศ และข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพืช หรือค่า GCs (genetic coefficient; GCs) (Hoogenboom et al., 2019) ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่จะบ่งบอกถึงลักษณะประจำพันธุ์ของพืช ดังนั้นก่อนการจำลองหากพืชพันธุ์ใดไม่มีค่า GCs ก็ควรต้องมีการประเมินก่อน โดยแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวสามารถนำมาใช้ประเมินช่องว่างผลผลิตของข้าวได้ เช่น จากการศึกษาของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Singh et al. (2015) ใช้แบบจำลอง CERES-Rice ประเมินช่องว่างผลผลิตของข้าวในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศอินเดีย พบว่าการจัดการที่แตกต่างกันมีผลทำให้เกิดช่องว่างของผลผลิตระหว่างพื้นที่ปลูกต่าง ๆ และหากมีการจัดการที่ดีจะสามารถยกระดับผลผลิตได้สูงถึง 11 - 22% นอกจากนี้แบบจำลองยังสามารถนำมาวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis) ด้วยวิธีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยการผลิต เช่น การให้น้ำ การให้ปุ๋ย ระดับไนโตรเจน และอุณหภูมิ เป็นต้น (อรรถชัย จินตะเวช และคณะ, 2543) โดยนักวิจัยสามารถปรับค่าหรือวิธีการจัดการต่าง ๆ ในแบบจำลองเพื่อให้เหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโต และทำให้พืชแสดงผลผลิตสูงสุดตามศักยภาพของพันธุ์ เป็นวิธีการที่จะทำให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ เหล่านั้นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากสามารถลงพื้นที่เก็บบันทึกข้อมูลจริงจากแปลงเกษตรกรมาเป็นตัวป้อนให้กับแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ จะทำให้ได้ข้อมูลที่มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือมากขึ้น ซึ่งจากตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นนักวิจัยอาศัยข้อมูลการรายงานผลผลิตย้อนหลัง รวมถึงข้อมูลตัวป้อนต่าง ๆ มาจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการประเมิน โดยไม่ได้มีการบันทึกข้อมูลในแปลงปลูกด้วยตนเอง ดังนั้นการศึกษานี้ผู้วิจัยต้องการนำแบบจำลอง CSM-CERES-Rice มาวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อช่องว่างผลผลิตของข้าว โดยมีการลงพื้นที่สัมภาษณ์ข้อมูลการจัดการแปลงปลูกข้าวของเกษตรกรในแปลงเกษตรกรอำเภอบึงนาราง จังหวัดพิจิตร เก็บบันทึกข้อมูลที่แบบจำลองจำเป็นต้องนำไปใช้ เช่น ข้อมูลดิน ข้อมูลสภาพอากาศ และข้อมูลการจัดการ รวมทั้งการสุ่มเก็บตัวอย่างพืช เพื่อนำข้อมูลต่าง ๆ เหล่านั้นมาเป็นตัวป้อนให้กับแบบจำลองใช้ในการวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อช่องว่างผลผลิตของข้าว

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวไม่ไวแสงจำนวน 7 พันธุ์
- 1.2.2 เพื่อประเมินการเจริญเติบโต ผลผลิต และวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตของข้าวในแปลงเกษตรกรโดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES Rice
- 1.2.3 เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อช่องว่างผลผลิตของข้าวในแปลงเกษตรกรโดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES Rice

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

ระดับการให้ผลผลิตของข้าวนาปรังมักมีความแปรปรวนทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของหลายปัจจัย เช่น ศักยภาพการให้ผลผลิตของพันธุ์ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน สภาพภูมิอากาศ และการจัดการแปลงปลูก เป็นต้น ดังนั้นการวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตและการวิเคราะห์ความอ่อนไหวด้วยวิธีการเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยการผลิตต่าง ๆ จะทำให้เข้าใจถึงอิทธิพลของปัจจัยเหล่านั้น และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถนำมาเป็นแนวทางปรับปรุงระบบการผลิตเพื่อลดการเกิดช่องว่างผลผลิตได้ และปัจจุบันมีแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชที่สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ได้อย่างสะดวก

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อช่องว่างผลผลิตของข้าว โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice โดยเริ่มจากการประเมินค่า GCs ของข้าวไม่ไวแสงจำนวน 7 พันธุ์ โดยใช้โปรแกรม GLUE แล้วนำค่า GCs ไปประเมินความสอดคล้องระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองกับค่าสังเกตในแปลงเกษตรกร อำเภอบึงนาราง จังหวัดพิจิตร จากนั้นวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตและวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อช่องว่างผลผลิตของข้าว โดยการปรับเปลี่ยนค่าของปัจจัยต่าง ๆ ภายในโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าว (*Oryza sativa* L.)

ข้าวมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย เป็นพืชที่ประชากรส่วนใหญ่ของโลกบริโภคเป็นอาหารหลัก จากสถิติปี 64 ประเทศไทยมีการส่งออกข้าวสารปริมาณ 6.1 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 107,758 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) สำหรับข้าวที่เกษตรกรปลูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ พันธุ์ข้าวไวต่อช่วงแสง เป็นข้าวที่ต้องการช่วงแสงหรือช่วงระยะกลางวันสั้นกว่า 12 ชั่วโมง พันธุ์ข้าวประเภทนี้จึงปลูกและให้ผลผลิตได้ปีละครั้ง หรือปลูกได้เฉพาะในฤดูนาปี จึงเรียกว่า ข้าวนาปี และพันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง มีอายุเก็บเกี่ยวค่อนข้างแน่นอน ส่วนมากมีอายุระหว่าง 100 - 140 วัน พันธุ์ข้าวในกลุ่มนี้จะออกดอกตามอายุ โดยไม่ต้องอาศัยช่วงแสงเป็นตัวกำหนด ทำให้พันธุ์ข้าวชนิดนี้ให้ผลผลิตได้ตลอดปี หรือปลูกได้ในฤดูนาปรัง จึงเรียกว่า ข้าวนาปรัง ซึ่งเดิมกรมการข้าว ได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกข้าวนาปรัง เช่น ชัยนาท 1 ปทุมธานี 1 พิษณุโลก 2 กข43 กข41 กข49 เป็นต้น แต่จากการสำรวจข้อมูลพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังในเขตอำเภอเมืองนารายณ์ จังหวัดพิจิตร ซึ่งเป็นที่ตั้งของแปลงเกษตรกรที่ได้มีการเก็บบันทึกข้อมูลสำหรับการศึกษารุ่นนี้ พบว่าในปัจจุบันมีจำนวนพันธุ์ที่หลากหลาย และการตัดสินใจเลือกพันธุ์ข้าวปลูกของเกษตรกรจะขึ้นอยู่กับแนวโน้มความต้องการของโรงสีในปีนั้น ๆ ปริมาณผลผลิตและราคาขายที่ดีก็เป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกพันธุ์ (กองวิจัยและพัฒนาข้าว, 2551) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกพันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงจำนวน 7 พันธุ์ ได้แก่ กข41 กข43 กข47 กข49 กข57 กข61 และ กข71 โดยเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกในพื้นที่ดังกล่าว สำหรับข้อมูลลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวชุดพันธุ์ดังกล่าว กองวิจัยและพัฒนาข้าว (2551) ระบุไว้ดังนี้

2.1.1 ข้าวพันธุ์ กข41 (RD41)

เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง มีความสูงของต้น 104 ซม. โดยมีอายุเก็บเกี่ยว 105 วัน ลักษณะกอตั้ง ต้นแข็ง ใบสีเขียวตั้งตรง ยาว 25 ซม. กว้าง 1.6 ซม. ข้าวเปลือกสีฟาง เมล็ดเรียวยาว 10.4 มม. ขนาดข้าวกล้องยาว 7.73 มม. ข้าวสารยาว 7.3 มม. มีปริมาณแอมิโลสสูง 27.15% ความคงตัวของแป้งสูงอยู่ในระดับอ่อนระยะการไหลของแป้ง 77 มม. ข้าวเมื่อหุงสุกมีลักษณะ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 894 กก./ไร่ ก่อนข้างด้านทานเปลือกกระโดดสีน้ำตาลและโรคไหม้ คุณภาพเมล็ดทางกายภาพดี เป็นข้าวเจ้าเมล็ดยาว เรียว แต่จะอ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง ไม่ควรใส่ปุ๋ยในโตรเจนในระดับสูงเกินไปจะทำให้เกิดโรครุนแรงและการปลูกในช่วงเดือน ก.ย. - พ.ย. จะกระทบอากาศเย็นทำให้ผลผลิตต่ำกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ข้าวพันธุ์ กข43 (RD43)

เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยวสั้น ประมาณ 95 วัน ปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตาม ความสูงประมาณ 103 ซม. ทรงกอตั้ง ต้นค่อนข้างแข็ง ใบสีเขียวจาง ใบธงตั้งปานกลาง ข้าวเปลือกสีฟาง น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด 30.35 ก. ข้าวกล้องสีขาว ยาว 7.59 มม. รูปร่างเมล็ดยาวเรียวยาว ท้องไข่น้อย มีปริมาณแอมิโลสต่ำ 18.82% คุณภาพของเมล็ดทางการหุงต้มรับประทาน ดี ข้าวสุก นุ่ม เหนียว มีกลิ่นหอมอ่อนๆ (ใกล้เคียงข้าวหอมดอกมะลิ 105) มีระยะพักตัว 5 สัปดาห์ ผลผลิตเฉลี่ย 561 กก./ไร่ เป็นพันธุ์ข้าวที่มีความต้านทานต่อโรคใบไหม้และปัญหาเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในระดับปานกลาง ในพื้นที่ที่มีปัญหาเพลี้ยกระโดดจึงสามารถปลูกข้าว กข43 ได้

2.1.3 ข้าวพันธุ์ กข47 (RD47)

เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง สูงประมาณ 90 - 100 ซม. อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 104 - 107 วัน (หว่านน้ำตาม) และ 112 วัน (ปักดำ) ลำต้นแข็งแรงมาก ใบสีเขียว มุมใบธงกว้างปานกลาง รวงยาว เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง ปริมาณแอมิโลส 26.81% ผลผลิตเฉลี่ย 793 กก./ไร่ ค่อนข้างต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดีกว่า กข41 และค่อนข้างต้านทานโรคใบไหม้ดีกว่าพันธุ์ พิษณุโลก 2 คุณภาพเมล็ดทางการหุงต้มดีเป็นข้าวเจ้าเมล็ดยาวเรียวยาว ท้องไข่น้อย คุณภาพการสีดีถึงดีมาก แต่จะอ่อนแอต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล อ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง ไม่ควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับสูงเกินไปจะทำให้เกิดโรครุนแรง และค่อนข้างอ่อนแอต่อเชื้อสาเหตุโรคใบไหม้ในภาคกลาง ไม่ทนอากาศเย็น

2.1.4 ข้าวพันธุ์ กข49 (RD49)

เป็นข้าวเจ้านาสวนไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นสูงประมาณ 80 - 89 ซม. อายุเก็บเกี่ยว 102 - 107 วัน (หว่านน้ำตาม) ทรงกอตั้ง ใบสีเขียวเข้ม ใบธงตั้ง รวงแน่นปานกลาง ระวังดี คอรวงสั้น ฟางแข็ง เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง ผลผลิตเฉลี่ย 733 กก./ไร่ ผลผลิตสูง (ศักยภาพการให้ผลผลิตสูงถึง 939 กก./ไร่) สามารถผลิตเป็นข้าว 100% ชั้น 1 ได้ค่อนข้างต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลชนิดใหม่ ต้านทานโรคใบไหม้

2.1.5 ข้าวพันธุ์ กข57 (RD57) หรือ ปทุมธานี 200 (Pathum Thani 200)

เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง ลำต้นค่อนข้างแข็งแรงสูง 115 - 120 ซม. อายุเก็บเกี่ยว 107 - 110 วัน (วิธีหว่านน้ำตาม) และ 117 - 120 วัน (วิธีปักดำ) มีลักษณะกอตั้ง ใบสีเขียว มุมปลายใบตั้งตรง ใบธงยาว มุมใบธงตั้งตรง ข้าวเปลือกสีฟาง ข้าวกล้องรูปร่างเรียวยาว มีปริมาณแอมิโลสสูง 27.33% เมื่อหุงสุกมีลักษณะร่วน แข็ง ไม่หอม เลื่อมมันเล็กน้อย สีขาวนวล ให้ผลผลิตเฉลี่ย 714 กก./ไร่ ลักษณะโดดเด่นคือทนหนาวได้ดีที่ 14 °C และมีศักยภาพในการต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสูง จึงเป็นความหวังในการแก้ปัญหาให้กับเกษตรกรในเขตนาชลประทานภาคกลางและภาคเหนือตอนล่างได้ในระดับหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 ข้าวพันธุ์ กข61 (RD61)

เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง สูงประมาณ 80 ซม. อายุเก็บเกี่ยว 87 วัน มีลักษณะทรงกอตั้ง ลำต้นค่อนข้างแข็ง ใบสีเขียวเข้ม มุมปลายใบตั้งตรง ใบชงยาว 34 ซม. กว้าง 1.3 ซม. มุมใบชงปานกลาง รวงยาว 24.6 ซม. รวงแน่นปานกลาง คอรวงโผล่เล็กน้อย ข้าวเปลือกสีฟาง ค่อนข้างต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยกระโดดหลังขาว ในเขตจังหวัดพิษณุโลกและชัยนาทและต้านทานโรคใบไหม้ คุณภาพเมล็ดทางกายภาพดี เป็นข้าวเจ้าเมล็ดยาวเรียวยาว ท้องใบน้อย คุณภาพการสีดีมาก

2.1.7 ข้าวพันธุ์ กข71 (RD71)

เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง ความสูง 105 ซม. อายุเก็บเกี่ยว 95 วัน มีลักษณะกอตั้งลำต้นแข็ง ใบสีเขียวเข้ม ใบชงตั้ง คอรวงโผล่เล็กน้อย เมล็ดข้าวกลวงยาว 7.89 มม. กว้าง 2.19 มม. หนา 1.84 มม. ปริมาณแอมิโลสสูง 27.64% คุณภาพข้าวสุกค่อนข้างร่วนและแข็ง ไม่หอม ให้ผลผลิตเฉลี่ย 818 กก./ไร่ อายุเก็บเกี่ยวสั้น ผลผลิตสูง (ศักยภาพให้ผลผลิตสูงถึง 1,069 กก./ไร่) คุณภาพการสีดีมาก ต้านทานโรคใบไหม้ ค่อนข้างต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล อ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง

2.2 ช่องว่างผลผลิต (Yield gap)

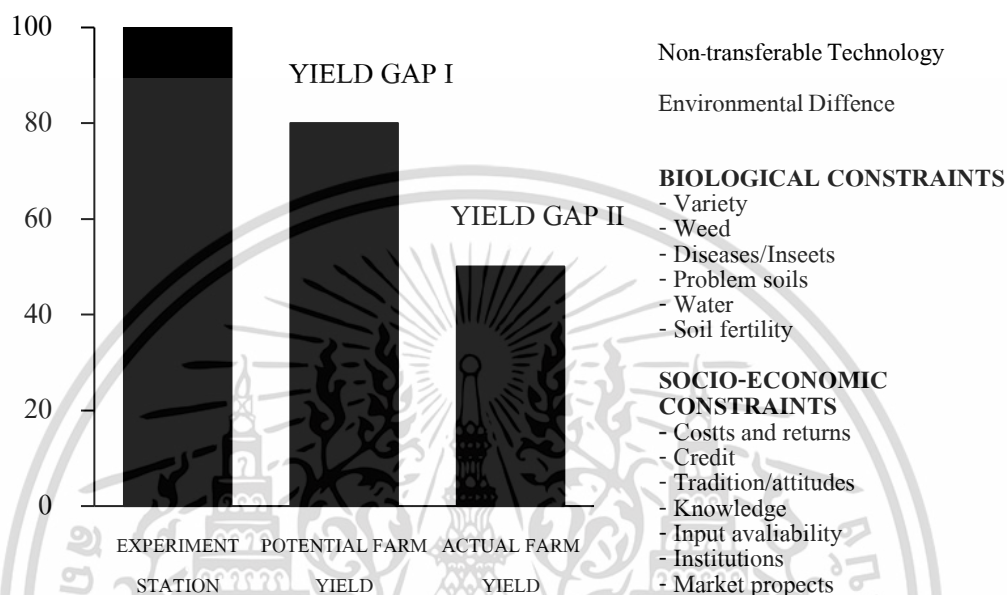
โดยทั่วไปเกษตรกรมักมีข้อจำกัดด้านปัจจัยการผลิตและการจัดการแปลงปลูก จึงเป็นสาเหตุทำให้ผลผลิตที่เกษตรกรผลิตได้ (actual farm yield) ต่ำกว่าผลผลิตตามศักยภาพของพันธุ์ที่ผลิตในสถานีทดลองโดยนักวิจัย (experiment station yield) เพราะนักวิจัยมีความรู้และความเข้าใจ มีการจัดการแปลงปลูกที่ดี และมีข้อจำกัดด้านปัจจัยการผลิตต่างๆ น้อย เมื่อนักวิจัยมีการนำเทคโนโลยีการผลิตไปถ่ายทอดให้เกษตรกร ปัญหาหนึ่งคือเกษตรกรมักไม่ค่อยยอมรับเทคโนโลยีแต่ยังคงปฏิบัติแบบเดิมที่เคยทำกันมา ซึ่งหากเกษตรกรสามารถปฏิบัติตามได้เช่นเดียวกับนักวิจัย จะทำให้ข้าวสามารถแสดงผลผลิตตามศักยภาพของพันธุ์ (potential farm yield) ได้เต็มที่ ระดับของผลผลิตก็จะสูง แต่ในความเป็นจริงยังพบว่ามี ความแตกต่างของระดับผลผลิตที่เกษตรกรผลิตได้ เรียกว่าช่องว่างผลผลิต (yield gap) โดยช่องว่างของผลผลิตแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) ความแตกต่างระหว่างผลผลิต experiment station yield กับ potential farm yield เรียกว่า yield gap I ที่เกิดจากข้อจำกัดบางอย่างที่ไม่สามารถทำตามคำแนะนำของนักวิจัยได้เต็มที่ และ 2) ความแตกต่างระหว่างผลผลิต potential farm yield กับ actual farm yield เรียกว่า yield gap II ซึ่งประเภทนี้จะเกิดจากการที่เกษตรกรมีข้อจำกัดเรื่องของการปัจจัยการผลิต หรือมีการจัดการแปลงปลูกที่ไม่เหมาะสม (ภาพที่ 2.1) การวิเคราะห์ช่องว่างของผลผลิต (yield gap analysis) จะทำให้ทราบได้ถึงปัจจัยการผลิต หรือการจัดการที่เป็นตัวจำกัดการให้ผลผลิตสูงสุด (Gomez, 1977) การวิเคราะห์ช่องว่างของผลผลิตจะใช้

ข้อมูลจากสถานีทดลองมาเป็นข้อมูลตามศักยภาพ และใช้ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ และเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลจากแปลงเกษตรกรจริง ๆ เป็นข้อมูลผลผลิตที่ได้รับจริงของเกษตรกร (Gomez ,1977; De Datta et al., 1978) แต่ในความเป็นจริงแล้ว ผลผลิตที่ได้จากสถานีทดลองอาจจะไม่ได้เป็นข้อมูลตามศักยภาพ อีกทั้งการสัมภาษณ์ และเก็บข้อมูลจากแปลงเกษตรกร ก็มักจะมีความคลาดเคลื่อนสูง จึงทำให้ผลการวิเคราะห์ช่องว่างของผลผลิตไม่มีความน่าเชื่อถือ (นิตยา ผกามาศ, 2553)



ภาพที่ 2.1 แบบจำลองแนวคิดที่อธิบายช่องว่างผลผลิตระหว่าง experiment station, potential yield และ actual yield (Gomez, 1977)

2.3 แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช (Crop simulation model)

แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช เป็นการแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงระบบการเจริญเติบโต การพัฒนาการตลอดจนการทำนายผลผลิตของพืช โดยรวบรวมเอาข้อมูลพื้นฐาน (Input) ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชทั้งปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกมาคำนวณในรูปแบบของสมการต่อเนื่องทางคณิตศาสตร์ และแสดงผลลัพธ์ (Output) ในรูปของตัวเลขโดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Penning de Vies et al., 1989)

สำหรับโปรแกรม Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) หรือระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยีทางการเกษตร (Jones et al., 2003) เป็นโปรแกรมแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชชนิดหนึ่งที่ถูกพัฒนาขึ้นจากกลุ่มนักวิจัยในประเทศสหรัฐอเมริกา (Hoogenboom et al., 2004) และได้รับการยอมรับจากนักวิจัยมากกว่า 14,000 คน จาก 150 ประเทศทั่วโลก ซึ่งกลุ่มนักพัฒนาแบบจำลองได้มีการปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องของโปรแกรมอย่างต่อเนื่อง และใช้กันอยู่ในปัจจุบัน คือ DSSAT version 4.7 ซึ่งได้มีการบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองพืชทั้งหมดจำนวน 42 ชนิด รวมทั้งแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว (CSM-CERES-Rice) ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวจะทำงานได้ต้องอาศัยข้อมูลตัวป้อน 4 ชนิด (Hoogenboom et al., 2019) ประกอบด้วย

- ข้อมูลการจัดการ (management data) ประกอบด้วย วันปลูก การใส่ปุ๋ย การให้น้ำ จำนวนประชากร

- ข้อมูลดิน (soil data) ก่อนทำการปลูก ประกอบด้วย คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ประกอบด้วย สีของดิน ความสามารถในการระบายน้ำ ความหนาแน่นของดิน (bulk density) คุณลักษณะของเนื้อดิน (% sand, silt และ clay) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และ CEC (cation exchange capacity) ของดิน

- ข้อมูลอากาศ (weather data) เป็นข้อมูลอากาศรายวันตลอดช่วงอายุของพืช ประกอบด้วย ปริมาณความเข้มแสง (เมกะจูล/ตร.ม./วัน) อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด (°C) และปริมาณน้ำฝน (มม.) ควรมีการเก็บบันทึกในบริเวณแปลงปลูกหรือใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ใกล้เคียงกับแหล่งปลูกมากที่สุด

- ข้อมูลสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (genetic coefficient; GCs) จะประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของระยะพัฒนาการและการเจริญเติบโต

2.3.1 ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว (Genetic coefficients; GCs)

ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวคือ ข้อมูลเฉพาะพันธุ์ข้าวที่ได้อธิบายไว้ในไฟล์สัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม RICER047.CUL ของแบบจำลอง CSM-CERES-Rice ประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของระยะพัฒนาการ (development coefficients) ซึ่งเป็นตัวแปรที่กำหนดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของข้าว เช่น การออกดอก และการสุกแก่ทางสรีรวิทยา มีทั้งหมด 4 ค่า (P1, P20, P2R และ P5) และค่าสัมประสิทธิ์ของการเจริญเติบโต (growth coefficients) ที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณหรือการสร้างผลผลิตข้าว 4 ค่า (G1, G2, G3 และ G4) ซึ่งมีนิยามค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงค่านิยามของค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว

ลักษณะพันธุ์	ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว
ค่าสัมประสิทธิ์ของระยะพัฒนาการ	
1. ระยะเวลา growing degree days; GDD (°C) ที่เกินจาก อุณหภูมิพื้นฐาน (base temperature) เท่ากับ 9 °C ตั้งแต่ระยะกล้างอกจนถึงระยะสิ้นสุดการเจริญพื้นฐาน (basic vegetative phase) หรือเป็นระยะที่ข้าวไม่ตอบสนองต่อช่วงความยาวแสง	P1
2. ค่าความยาววันวิกฤติ (critical photoperiod) หรือช่วงเวลากลางวันที่ยาวที่สุด (ชั่วโมง) ที่ทำให้การกำเนิดช่อรวงเกิดขึ้นในอัตราสูงสุด ถ้าค่าความยาววันมากกว่า P20 อัตราการ พัฒนาจะลดลง	P20
3. ระยะเวลาที่มีการชะลอการเกิดช่อรวง (panicle initiation, PI) (GDD เป็น °C) ต่อเวลา 1 ชั่วโมงของความยาววันที่เกิน P20	P2R
ค่าสัมประสิทธิ์ของการเจริญเติบโต	
4. ระยะเวลาเป็น GDD (°C) ตั้งแต่เริ่มสะสมน้ำหนักเมล็ด (grain filling) (3 - 4 วัน หลังจากออกดอก) จนสุดแก่ทางสรีรวิทยาที่มี base temperature เท่ากับ 9 °C	P5
5. จำนวน Potential spikelet ที่ประมาณจากจำนวนดอกย่อย (spikelet) ต่อน้ำหนักแห้งของต้นแม่ (main culm) 1 ก. (โดยที่ไม่รวมแผ่นใบและกาบใบและ spikes) ในช่วง anthesis ค่าต้นแบบ (typical value) คือ 55	G1
6. น้ำหนักเมล็ดหนึ่งเมล็ด (g) ภายใต้สภาพการปลูกแบบ ideal growing condition หมายถึง ไม่มีข้อจำกัดทางแสง น้ำ ธาตุอาหาร และ ไม่มีแมลงศัตรูและโรค	G2
7. ค่าสัมประสิทธิ์การแตกกอ Tillering coefficient (scalar value) โดยเทียบกับพันธุ์ IR64 ภายใต้สภาพ ไม่มีข้อจำกัดของสภาพแวดล้อม พันธุ์ที่มีการแตกกอสูงกว่าพันธุ์ดังกล่าว จะมี ค่าสัมประสิทธิ์มากกว่า 1.0	G3
8. สัมประสิทธิ์ความทนทานเชิงอุณหภูมิ ค่าปกติ 1.0 สำหรับพันธุ์ที่ปลูกในสภาพปกติ ค่า G4 สำหรับข้าวชนิด Japonica ที่ปลูกในสภาพที่ร้อนจะเท่ากับหรือมากกว่า 1.0 และค่า G4 สำหรับข้าวชนิด Indica ในสภาพอากาศเย็นมากจะน้อยกว่า 1.0	G4

ที่มา: คัดแปลงจาก Singh et al. (2002)

โดยปกติแล้วการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพืชต้องดำเนินการในหลายสภาพแวดล้อม เพราะค่าที่เก็บบันทึกได้จากงานทดลองใดงานทดลองหนึ่ง สถานที่ใดสถานที่หนึ่ง หรือฤดูใดฤดูหนึ่ง มักไม่สามารถนำไปใช้ในการประเมินในงานทดลองอื่น และสถานที่ หรือฤดูอื่นได้ ทั้งนี้เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปอาจส่งผลให้แบบจำลองประเมินผลการทดลองผิดพลาดได้ ดังนั้นก่อนนำไปใช้กับชุดข้อมูลอื่น ๆ จึงควรมีการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมก่อน ด้วยการจำลองสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขของสภาพแวดล้อมที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การปรับค่าและการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (Model calibration and model validation)

การปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (model calibration) จะเป็นการปรับค่าระยะพัฒนาการ (development coefficients) ซึ่งเป็นตัวแปรที่กำหนดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของข้าว เช่น วันออกดอก และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยามีทั้งหมด 4 ค่า (P1, P2O, P2R และ P5) และค่าการเจริญเติบโต (growth coefficients) ที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณหรือการสร้างผลผลิตของข้าวมีทั้งหมด 4 ค่า (G1, G2, G3 และ G4) เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมของข้าวแต่ละพันธุ์ โดยทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์หลาย ๆ ครั้ง และเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการประเมินกับค่าที่ได้จากการสังเกตให้มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด โดยสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้โปรแกรม GENCALC หรือ โปรแกรม GLUE เป็นต้น ซึ่งแต่ละขั้นตอนการประเมินของแต่ละโปรแกรมจะมีความยากง่ายที่แตกต่างกัน จากการศึกษาที่ผ่านมาของ Buddhaboon et al. (2018) เปรียบเทียบการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวโดยใช้ โปรแกรม GENCLAC และ GLUE พบว่าทั้ง 2 โปรแกรมสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวได้ดีเหมือนกันแต่การใช้โปรแกรม GENCALC นั้นผู้ใช้จะต้องมีความชำนาญและทักษะในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม เนื่องจากผู้ใช้ต้องพิจารณาว่าควรหยุดการคำนวณที่ค่าใด เพื่อจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่เหมาะสมและดีที่สุด แต่ข้อดีคือใช้เวลาในการคำนวณน้อย ส่วนโปรแกรม GLUE ที่ผู้วิจัยใช้ปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมในงานทดลองครั้งนี้ สามารถใช้งานได้สะดวกกว่า GENCALC แต่ต้องใช้เวลามากกว่า แต่ทั้งนี้ก็จะขึ้นอยู่กับจำนวนการทดลองและกรรมวิธีที่นำมาเป็นข้อมูลนำเข้าในการปรับค่า สำหรับการประเมินความสอดคล้องระหว่าง ค่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าสังเกตจริง จะพิจารณาจากค่าทางสถิติ โดยใช้ค่า normalized root mean square error (RMSEn) และ agreement index (D-stat) หากค่า D-stat มีค่าใกล้เคียง 1 (Willmott, 1982) และ RMSEn มีค่าต่ำ แสดงว่าค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ประเมินได้ดี (Rinaldi et al., 2003) ซึ่งถ้าค่าแบบจำลองประเมินได้ไม่ดีจะต้องปรับค่าใหม่จนค่าที่ได้จากแบบจำลอง กับค่าสังเกตจริงมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด ภายหลังจากได้ค่าที่เหมาะสมแล้ว ตามหลักการจะต้องมีการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (model validation) เพื่อประเมินว่าค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ประเมินได้จะสามารถทำนายลักษณะต่าง ๆ ของข้าวได้ดีหรือไม่ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลของงานทดลองอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับชุดข้อมูลการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม การทดสอบทำได้โดยการจำลองลักษณะด้านพัฒนาการและการเจริญเติบโตของข้าว แล้วเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการจำลองกับค่าที่ได้จากการสังเกตจริง โดยใช้ค่า RMSEn และ ค่า D-stat เช่นเดียวกับการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม ซึ่งมีหลายงานวิจัยที่ได้มีการเปรียบเทียบวิธีการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวระหว่างโปรแกรม GLUE และ โปรแกรม GENCALC ดังรายละเอียดต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบญจมาศ รสโสภา และคณะ (2557) ประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว ด้วยโปรแกรม GLUE ใน DSSAT v4.5 package พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินวันออกดอก วันเก็บเกี่ยว และน้ำหนักเมล็ดได้ดี โดยมีค่า RMSE_n เท่ากับ 19.97, 18.20 และ 15.80% ตามลำดับ แบบจำลองสามารถประเมินค่าน้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตได้ใกล้เคียงกับค่าสังเกตที่ได้จากแปลงทดลอง ซึ่งได้ค่าน้ำหนักแห้งรวมจากแบบจำลองเท่ากับ 1,917 กก./ไร่ ซึ่งมากกว่าค่าสังเกตที่มีค่าเท่ากับ 1,798 กก./ไร่ และผลผลิตที่ได้จากการจำลองเท่ากับ 638 กก./ไร่ ซึ่งน้อยกว่าค่าสังเกตจากแปลงทดลองที่มีค่าเท่ากับ 652 กก./ไร่ แสดงให้เห็นว่าโปรแกรม GLUE สามารถใช้คำนวณเพื่อปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวได้

Buddhaboon et al. (2018) ประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว โดยใช้ GENCALC และ GLUE ใน DSSAT v4.5 ผลการศึกษาพบว่าค่าจำลองวันออกดอก วันเก็บเกี่ยว และน้ำหนักเมล็ดจากการใช้ GENCALC มีค่า RMSE_n เท่ากับ 3.97, 3.69 และ 3.68 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้ GLUE มีค่า RMSE_n เท่ากับ 3.67, 2.50 และ 3.68 ตามลำดับ จำนวนเมล็ดและผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับค่าจากแปลงทดลอง และปริมาณน้ำหนักแห้งรวมที่ได้จากการจำลองมีค่าสูงกว่า น้ำหนักแห้งรวมที่ได้จากแปลงทดลองโดย น้ำหนักแห้งรวมที่ได้จากค่า GCs ของโปรแกรม GENCALC เท่ากับ 11,727 กก./เฮกตาร์ และ น้ำหนักแห้งรวมที่ได้จากค่า GCs ของโปรแกรม GLUE เท่ากับ 11,544 กก./เฮกตาร์ ซึ่งมากกว่าที่ได้จากแปลงทดลอง เท่ากับ 8,512 กก./เฮกตาร์ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าทั้ง GENCALC และ GLUE สามารถใช้ปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวได้

Ibrahim et al. (2016) ใช้โปรแกรม GENCALC และ GLUE ใน DSSAT ประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวสาลีในฤดูใบไม้ผลิ โดยมีการให้น้ำในโตรเจน 3 อัตราต่อผลผลิตข้าวสาลีพันธุ์ Sakha 93 และเปรียบเทียบความสามารถในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมระหว่างโปรแกรม GENCALC และ GLUE ใน DSSAT พบว่าทั้งสองโปรแกรมสามารถประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมได้แต่อย่างไรก็ตามโปรแกรม GLUE จะใช้งานได้ง่ายและสะดวก GENCALC เนื่องจาก GENCALC ต้องอาศัยความชำนาญและทักษะในการปรับค่าเนื่องจากต้องพิจารณาในการหาค่าจำนวนที่ค่าใดจึงเหมาะสมและดีที่สุด

2.3.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลองประเมินช่องว่างของผลผลิตพืช

โดยการประเมินช่องว่างผลผลิตเพื่อให้ได้ผลที่มีความแม่นยำจำเป็นต้องทำการปลูกทดสอบในแปลงทดลองจริง ๆ ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรในด้านต่าง ๆ แต่ในปัจจุบันสามารถนำแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชเข้ามาประยุกต์ใช้ในการประเมินช่องว่างผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการวิเคราะห์ช่องว่างของผลผลิตจะใช้ข้อมูลจากสถานีทดลองมาเป็นข้อมูลตามศักยภาพ และใช้ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ และเก็บข้อมูลจากแปลงเกษตรกรจริง ๆ เป็นข้อมูลผลผลิตที่ได้รับจริงของเกษตรกร (Gomez, 1977; De Datta et al., 1978) อีกทั้งแบบจำลองยังสามารถเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis) ด้วยวิธีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยการผลิต เช่น การให้น้ำ การให้ปุ๋ย ระดับไนโตรเจน และอุณหภูมิ เป็นต้น (อรรถชัย จินตะเวช และคณะ, 2543) เพื่อให้ทราบได้ถึงปัจจัยการผลิต หรือการจัดการที่เป็นตัวจำกัดการให้ผลผลิตสูงสุด (Gomez, 1977)

Singh et al. (2015) ใช้แบบจำลอง CERES-Rice ประเมินช่องว่างผลผลิตของข้าวในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศอินเดีย พบว่ามีช่องว่างผลผลิตขนาดใหญ่เกิดขึ้นในเขตพื้นที่การผลิตต่างๆ ทางอินเดียตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือ สาเหตุเกิดจากการจัดการที่ไม่เหมาะสม โดยหากมีการจัดการที่ดีจะสามารถยกระดับผลผลิตได้สูงถึง 11-22% นอกจากนี้ยังพบว่าเกิดความล่าช้าในการให้ผลผลิตทำให้ผลผลิตข้าวลดลงในอัตรา 31-74 กก./เฮกตาร์/วัน ซึ่งให้เห็นว่าแบบจำลอง CERES-Rice สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตเพื่อการตัดสินใจในการจัดการทรัพยากร และปรับปรุงการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Singh et al. (2021) ใช้แบบจำลอง DSSAT-CANEGRO วิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตอ้อยในหลายพื้นที่ของประเทศอินเดีย พบว่าเกิดช่องว่างผลผลิตอ้อยในพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ของรัฐอุตตรประเทศ ซึ่งหากมีการจัดการที่ดีจะสามารถยกระดับผลผลิตอ้อยให้สูงขึ้นได้อีก 50% นอกจากนี้การปลูกช่วงปลายฤดูใบไม้ผลิส่วนใหญ่ในภาคตะวันตกของรัฐอุตตรประเทศทำให้ผลผลิตอ้อยในการจำลอง ลดลง 80.0-146.7 กก./เฮกตาร์/วัน และเนื่องจากเกิดการล่าช้าในการปลูก จึงส่งผลกระทบต่อผลผลิต ซึ่งหากได้รับการตรวจสอบ และการจัดการอย่างเหมาะสม จะส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมาก ดังนั้นแบบจำลอง DSSAT-CANEGRO จึงสามารถนำมาใช้ในการตัดสินใจในการจัดการและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร

จากตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าโปรแกรม GLUE สามารถใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถใช้งานได้อย่างสะดวกกว่าโปรแกรม GENCALC ดังนั้นการศึกษารุ่นนี้จึงนำโปรแกรม GLUE มาใช้ในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ไม่วางที่นิยมปลูกในพื้นที่แถบจังหวัดพิจิตร และนำแบบจำลอง CSM-CERES-Rice มาใช้ในการวิเคราะห์หาช่องว่างผลผลิต และวิเคราะห์ความอ่อนไหว เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดช่องว่างผลผลิตของข้าว และจากตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น นักวิจัยอาศัยข้อมูลการรายงานผลผลิตย้อนหลัง รวมถึงข้อมูลตัวป้อนต่างๆ นำมาจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยไม่ได้มีการบันทึกข้อมูลด้วยตนเอง แต่สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ได้มีการลงพื้นที่เก็บข้อมูลผลผลิตต่างๆ ของเกษตรกรในอำเภอบึงนาราง จังหวัดพิจิตร มาเป็นตัวป้อนให้กับแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ผลที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สถานที่ทำการทดลอง

3.1.1 แปลงทดลองภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.1.2 ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.1.3 แปลงเกษตรกร นายโสภี ทองทุม ตำบลโพธิ์ไทรงาม อำเภอบึงนาราง จังหวัดพิจิตร

3.2 ระยะเวลาทำการทดลอง

3.2.1 การทดลองส่วนที่ 1 การศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต และการหาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ไม่วาสงจำนวน 7 พันธุ์ ณ แปลงทดลองภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่าง พ.ย. 62 - มิ.ย. 63 ซึ่งมีการปลูกทั้งหมด 4 วันปลูก คือ วันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) วันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) วันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63) และวันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63)

3.2.2 การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว ณ แปลงเกษตรกร นายโสภี ทองทุม ตำบลโพธิ์ไทรงาม อำเภอบึงนาราง จังหวัดพิจิตร ระหว่างวันที่ 24 มิ.ย. 62 - 6 ต.ค. 62

3.3 วิธีการดำเนินการ และการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษารุ่นนี้ประกอบด้วย 3 ส่วน โดยที่ส่วนที่ 1 เป็นการศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต และการหาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ไม่วาสง จำนวน 7 พันธุ์ โดยโปรแกรม GLUE ดำเนินการทดลองที่แปลงทดลองภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และส่วนที่ 2 เป็นการใช้แบบจำลอง CSM-CERES Rice เพื่อประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข49 โดยจะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลสำคัญสำหรับป้อนเข้าสู่แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช เช่น ข้อมูลดิน ข้อมูลอากาศ และข้อมูลการจัดการจริงจากแปลงเกษตรกร ตำบลโพธิ์ไทรงาม อำเภอบึงนาราง จังหวัดพิจิตร ส่วนที่ 3 เป็นการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อช่องว่างผลผลิตของข้าวในแปลงเกษตรกรจังหวัดพิจิตร ดังแสดงในภาพที่ 3.1

ส่วนที่ 1 การศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต และการหาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ไม่วางแสงจำนวน 7 พันธุ์



ส่วนที่ 2 การใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice เพื่อประเมินการเจริญเติบโต ผลผลิต และวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข49 ในแปลงเกษตรกรจังหวัดพิจิตร



ส่วนที่ 3 การใช้แบบจำลอง CSM-CERES Rice วิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อช่องว่างผลผลิตของข้าวในแปลงเกษตรกรจังหวัดพิจิตร

ภาพที่ 3.1 แสดงแผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ส่วนที่ 1: การศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต และการหาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ไม่วางแสงจำนวน 7 พันธุ์

การปลูกเปรียบเทียบการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าว

โดยการปลูกข้าวพันธุ์ไม่วางแสงจำนวน 7 พันธุ์ ภายใต้สภาพโรงเรือนที่มีหลังควบคุมน้ำฝนได้ จัดตั้งทดลองแบบ 4x7 Factorial experiment in CRD จำนวน 4 ซ้ำ โดยปัจจัยที่ใช้ในการทดลองมี 2 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 คือ วันปลูก (Planting date) จำนวน 4 วันปลูก

1. วันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62)
2. วันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62)
3. วันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63)
4. วันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63)

ปัจจัยที่ 2 คือ ข้าวพันธุ์ไม่ไวแสง จำนวน 7 พันธุ์

1. พันธุ์ กข41
2. พันธุ์ กข43
3. พันธุ์ กข47
4. พันธุ์ กข49
5. พันธุ์ กข57
6. พันธุ์ กข61
7. พันธุ์ กข71

สำหรับพันธุ์ข้าวที่เลือกมาใช้ศึกษาครั้งนี้เป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมในพื้นที่ตำบลโพธิ์ไทรงาม อำเภอบึงนาราง จังหวัดพิจิตร จากการรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกข้าว และร้านค้าที่มีการจำหน่ายพันธุ์ข้าวโดยตรง พบว่าพันธุ์ข้าวไม่ไวแสงที่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกมีจำนวน 7 พันธุ์ โดยแบ่งกลุ่มตามอายุของข้าวได้ดังนี้ ข้าวเบา ได้แก่ พันธุ์ กข43 กข61 และ กข71 ข้าวกลาง ได้แก่ พันธุ์ กข47 กข57 กข49 และ กข41

ก่อนปลูกทำการลุ่มเก็บตัวอย่างดินชุดบางน้ำเปรี้ยว จากอำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน (ตารางที่ 3.1) จากนั้นทำการเตรียมดินโดยนำมาตากแดดทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ระหว่างการตากดินควรหมั่นพลิกดิน เพื่อให้ดินมีความแห้งที่สม่ำเสมอและกำจัดศัตรูพืช จากนั้นย่อยดินให้ละเอียดนำมาใส่ลงในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว สูง 9 นิ้ว ปริมาณดิน 15 กก./กระถาง จากนั้นทำการขังน้ำทิ้งไว้ ในระหว่างเตรียมดินทำการเพาะกล้าข้าวทั้ง 7 พันธุ์ โดยนำเมล็ดข้าวแช่น้ำทิ้งไว้ 1 วัน แล้วนำไปทำการบ่มเป็นเวลา 2 วัน เมื่อเมล็ดข้าวมีรากยาวออกมาประมาณ 3-5 ซม. นำมาเพาะในกระถาง และเมื่อกล้าข้าวมีอายุ 25 วัน จึงย้ายไปปักดำลงในกระถางที่เตรียมไว้ แต่ละกระถางจะปักดำจำนวน 1 ต้น โดยก่อนทำการปักดำมีการใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ และเมื่อข้าวถึงระยะแตกกอ และระยะกำเนิดช่อดอก ใส่ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 อัตรา 20 กก./ไร่ ในทุก ๆ กรรมวิธี เมื่อปักดำเสร็จเรียบร้อยแล้วทำการเติมน้ำอยู่ที่ประมาณ 5 ซม. และรักษาระดับน้ำให้คงที่จนกระทั่งก่อนเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกข้าวไม่ไวแสง 7 พันธุ์

คุณสมบัติของดิน	ปริมาณ
Sand (%)	35.48
Silt (%)	18.00
Clay (%)	46.52
Texture	clay
pH	4.77
EC	0.73
OM (%)	2.71
Total-C (%)	1.44
Total-N (%)	0.12
Total-S (%)	0.15
Available-P (ppm)	75.38
Exchangeable-K (ppm)	190.30
Exchangeable-Ca (ppm)	1,314.54
Exchangeable-Mg (ppm)	791.96
Extractable-Fe (ppm)	47.87
Extractable-Zn (ppm)	1.15
Extractable-Mn (ppm)	22.62
Extractable-Cu (ppm)	1.35

* วิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

การเก็บบันทึกข้อมูลด้านระยะพัฒนาการของข้าว ประกอบด้วย วันกำเนิดช่อรวง วันออกดอก และวันเก็บเกี่ยว โดยการสังเกตระยะพัฒนาการของข้าวโดยเก็บบันทึกจากการสังเกตจากแปลงจริงในทุกวัน เพราะเนื่องจากข้าวแต่ละพันธุ์จะมีระยะพัฒนาการไม่เท่ากัน เพื่อนำมาเป็นค่าสังเกตใช้ในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม

สำหรับข้อมูลด้านการเจริญเติบโต ทำการเก็บบันทึกข้อมูลจำนวน 4 ครั้ง โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวจำนวน 1 กอ ที่อายุข้าว 30, 45, 60 วันหลังปักดำ และระยะเก็บเกี่ยว ทั้งนี้เนื่องจากข้าวแต่ละพันธุ์จะมีระยะเก็บเกี่ยวที่ไม่เท่ากันจึงได้กำหนดการสุ่มตัวอย่างตามที่ระบุไว้เพื่อสะดวกในการจัดการ นำตัวอย่างต้นข้าวที่สุ่มมานับจำนวนหน่อต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ทำการแยกส่วนต้น ใบ และเมล็ดนำไปชั่งน้ำหนักสด ทำการสุ่มตัวอย่างใบเพื่อนำไปหาค่าดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area

index; LAI) ตามสูตรดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$LAI = \frac{LA}{GA}$$

เมื่อ LA = พื้นที่ใบทั้งหมด (ตร.ม.)

GA = พื้นที่ดิน (ตร.ม.)

จากนั้นนำทุกส่วนของพืชเข้าสู่อบลมร้อน โดยใช้อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่ เมื่อตัวอย่างแห้งนำออกมาชั่งน้ำหนักจากนั้นแยกเมล็ดดีและเมล็ดลีบนำไปชั่งน้ำหนัก เพื่อหาเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และเมล็ดลีบ สุ่มเมล็ดดีเพื่อไปคำนวณหาน้ำหนัก 1,000 เมล็ด คำนวณค่าอัตราการเจริญเติบโต (crop growth rate; CGR) และ ดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index ; HI) ตามสูตรดังนี้

$$CGR = \frac{1}{GA} \times \frac{(W_2 - W_1)}{(T_2 - T_1)}$$

เมื่อ GA = พื้นที่ดิน (ตร.ม.)

W_1 = น้ำหนักแห้งทั้งหมดที่ระยะเวลา T_1 (ก.)

W_2 = น้ำหนักแห้งทั้งหมดที่ระยะเวลา T_2 (ก.)

T_1 = ระยะเวลาในการวัดน้ำหนักแห้งทั้งหมด ครั้งที่ 1 (วัน)

T_2 = ระยะเวลาในการวัดน้ำหนักแห้งทั้งหมด ครั้งที่ 2 (วัน)

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

เมื่อ economic yield = น้ำหนักเมล็ด (กก./ไร่)

biological yield = น้ำหนักแห้งทั้งหมด (กก./ไร่)

จากนั้นนำข้อมูลข้อมูลด้านการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตที่บันทึกได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองที่วางไว้และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม M-STATC ของ Michigan State University (Bricker, 1989)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (Genetic coefficients; GCs)

สำหรับการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวไม่ไวแสง 7 พันธุ์ จะทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ประกอบด้วย 1) ข้อมูลของวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) วันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63) และวันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63) ใช้สำหรับการปรับค่า GCs (model calibration) และ 2) ข้อมูลของวันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) ใช้สำหรับการตรวจสอบค่า GCs (model validation)

การปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (Model calibration)

การประเมินค่า GCs ของข้าวไม่ไวแสงทั้ง 7 พันธุ์ ใช้ชุดข้อมูลของวันปลูกที่ 1, 3 และ 4 ทำการปรับค่าโดยใช้โปรแกรม GLUE กำหนดแบบสุ่มในการเปลี่ยนแปลงค่า GCs แต่ละตัวภายใต้ช่วงค่าข้อมูลสูงสุดและต่ำสุดที่กำหนดไว้ ซึ่งสามารถเลือกให้โปรแกรมทำการปรับค่าระยะพัฒนาการหรือค่าการเจริญเติบโตอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่างพร้อมกันได้ โดยเริ่มจากการเตรียมไฟล์ข้อมูลตัวป้อน 4 ชนิด ประกอบด้วย

ไฟล์ข้อมูลการจัดการ (xxxxxxx.RIX) เป็นข้อมูลด้านการจัดการงานทดลองของแต่ละวันปลูก ประกอบด้วย วันปลูก การใส่ปุ๋ย การให้น้ำ จำนวนประชากร เป็นต้น

ไฟล์ข้อมูลดิน (SOIL.SOL) ประกอบด้วย คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีประกอบด้วย สีของดิน ความสามารถในการระบายน้ำ ความหนาแน่นของดิน (bulk density) คุณสมบัติของเนื้อดิน (% sand, silt และ clay) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และ CEC (cation exchange capacity) ของดิน

ไฟล์ข้อมูลอากาศ (xxxxxxx.WTH) สำหรับข้อมูลสภาพอากาศของแต่ละวันปลูก ขอความอนุเคราะห์จากสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรบางนา ซึ่งอยู่ใกล้แปลงปลูกมากที่สุด ประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุด (°C) อุณหภูมิต่ำสุด (°C) ปริมาณน้ำฝนรายวัน (มม.) และค่าปริมาณความเข้มแสง (เมกาจูล/ตร.ม./วัน) ซึ่งคำนวณโดยใช้อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด (Phakamas et al., 2013)

ไฟล์ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (RICER047.CUL) ประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของระยะพัฒนาการและการเจริญเติบโต โดยจะใช้ข้อมูลของข้าวพันธุ์ IR64 เป็นพันธุ์เริ่มต้นในการปรับค่า

นอกจากนี้ยังมีการจัดเตรียมชุดข้อมูลเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงจากแปลงทดลองกับข้อมูลที่ได้จากการจำลอง ประกอบด้วย

ไฟล์ xxxxxxx.RIA ประกอบด้วย รายละเอียดของวันออกดอก วันเก็บเกี่ยว ผลผลิต น้ำหนักชีวมวล เป็นต้น

ไฟล์ xxxxxxx.RIT ประกอบด้วย รายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงค่าที่ตรวจวัดในแต่ละระยะเวลา เช่น น้ำหนักลำต้น น้ำหนักใบ การแตกกอ และน้ำหนักเมล็ดในแต่ละอายุของการเจริญเติบโตของข้าว เป็นต้น

จากนั้นนำไฟล์ข้อมูลต่าง ๆ เข้าสู่โปรแกรม GLUE เพื่อทำการปรับค่า GCs โดยใช้จำนวนรอบในการปรับเพื่อให้ได้ค่า GCs ที่เหมาะสมตามคำแนะนำของ Buddhaboon et al. (2018) โดยเริ่มต้นที่จำนวน 6,000 รอบ (3,000 รอบของค่าระยะพัฒนาการ และ 3,000 รอบของค่าการเจริญเติบโต) แล้วนำค่าสัมประสิทธิ์ที่ประเมินได้ไปจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิตของแต่ละวันปลูก พิจารณาความสอดคล้องระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าสังเกตจริงด้วยค่าทางสถิติ ได้แก่ root mean square error (RMSE), normalized root mean square error (RMSEn) หากมีค่าต่ำ แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการจำลองและข้อมูลค่าสังเกตจากแปลงปลูกจริงมีความใกล้เคียงกัน โดยหากค่า RMSEn น้อยกว่า 10% แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ดีมาก เมื่อค่าอยู่ระหว่าง 10 - 20% แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ดี เมื่อค่าอยู่ระหว่าง 20 - 30% แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ค่อนข้างดี และหากมีค่ามากกว่า 30% แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี (Rinaldi et al., 2003) และพิจารณาจากค่า agreement index (D-stat) ถ้าหากค่า D มีค่าใกล้เคียง 1 แสดงว่าค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ประเมินได้สามารถนำมาใช้ประเมินลักษณะต่าง ๆ ของข้าวได้ดี (Willmott, 1982)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}}$$

เมื่อ n = จำนวนของค่าสังเกต
 P_i = ค่าทำนายของการวัดครั้งที่ i
 O_i = ค่าสังเกตของการวัดครั้งที่ i

$$RMSEn = \frac{RMSE \times 100}{\bar{O}}$$

เมื่อ $RMSE$ = root mean square error
 \bar{O} = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P'_i| + |O'_i|)^2} \right], 0 \leq d \leq 1$$

เมื่อ	n	= จำนวนของค่าสังเกต
	P_i	= ค่าทำนายของการวัดครั้งที่ i
	O_i	= ค่าสังเกตของการวัดครั้งที่ i
	\bar{O}	= ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต
	P'_i	= $P_i - \bar{O}$ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต
	O'_i	= $O_i - \bar{O}$ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต

โดยถ้าแบบจำลองประเมินออกมาได้ไม่ดีจะต้องปรับค่าใหม่จนค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าสังเกตจริงมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด ซึ่งในการศึกษานี้ข้าวพันธุ์ กข43 กข49 กข57 และกข71 ใช้ 12,000 รอบ (6,000 รอบของค่าพัฒนาการ และ 6,000 รอบของค่าการเจริญเติบโต) ตามคำแนะนำ ในขณะที่ข้าวพันธุ์ กข41 กข 49 และกข61 ต้องใช้ถึง 15,000 รอบ (7,500 รอบของค่าพัฒนาการ และ 7,500 รอบของค่าการเจริญเติบโต) จึงจะได้ค่า GCs ชุดที่ดีที่สุด โดยค่า GCs ที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยมาจากวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) วันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63) และวันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63)

การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว (Model validation)

การตรวจสอบค่า GCs ที่ประเมินได้จากการปรับค่าก่อนหน้านี้ จะใช้ข้อมูลของวันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) ที่ไม่ได้ใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม โดยทำการเตรียมไฟล์ตัวบ่อน เช่นเดียวกับการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม ได้แก่ ไฟล์ข้อมูลการจัดการ (xxxxxxx.RIX) ไฟล์ข้อมูลดิน (SOIL.SOL) ไฟล์ข้อมูลอากาศ (xxxxxxx.WTH) ไฟล์ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (RICER047.CUL) ไฟล์ xxxxxxxx.RIA และไฟล์ xxxxxxxx.RIT จากนั้นทำการจำลองการเจริญเติบโต และผลผลิต พิจารณาความสอดคล้องระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองและจากค่าสังเกตจริงจากแปลงทดลองด้วยค่าทางสถิติ ได้แก่ root mean square error (RMSE), normalized root mean square error (RMSEn) (Rinaldi et al., 2003) และค่า agreement index (D-stat) (Willmott, 1982)

ส่วนที่ 2 การใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice เพื่อประเมินการเจริญเติบโต ผลผลิต และวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข49 ในแปลงเกษตรกรจังหวัดพิจิตร

สถานที่ดำเนินการ และการเก็บตัวอย่างข้าวจากแปลงเกษตรกร

สัมภาษณ์รายละเอียดการปลูกข้าวพันธุ์ กข49 ด้วยวิธีหว่านน้ำตมของนายโสภี ทองทุม ตำบลโพธิ์ไทรงาม อำเภอบึงนาราง จังหวัดพิจิตร (ละติจูด 16.11947 ลองจิจูด 100.15126) ข้อมูลการสัมภาษณ์ ประกอบด้วย วันปลูก วันออกดอก วันเก็บเกี่ยว วิธีการปลูก วิธีและปริมาณการให้น้ำ วิธีและปริมาณการใส่ปุ๋ย และสุ่มเก็บตัวอย่างผลผลิตข้าวเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลผลผลิตจริงจากแปลงเกษตรกร (actual farm yield) ซึ่งเกษตรกรมีการจัดการปุ๋ยแตกต่างกัน 2 รูปแบบ ได้แก่ แปลงที่ 1 ขนาดพื้นที่ 0.6 ไร่ ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5CF+0.5OF) ทำการสุ่มตัวอย่างจำนวน 8 จุด เป็นการใส่ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 10 กก./ไร่ และแปลงที่ 2 ขนาดพื้นที่ 6 ไร่ ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF) ทำการสุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 จุด เป็นการใส่ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 ที่อัตรา 20 กก./ไร่ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวจุดละ 1 ตร.ม. จากนั้นนำตัวอย่างมาแยกวัชพืช และข้าวออกจากกัน นำข้าวมานับจำนวนกอ จำนวนหน่อต่อกอ จำนวนรวง จากนั้นนำมาแยกใบ ต้น และรวงของข้าว จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังอบนำมาชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าน้ำหนักแห้งรวม น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนักแห้งวัชพืช นอกจากนี้ได้มีการสุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนการปลูกข้าวมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี และมีการเก็บบันทึกข้อมูลสภาพอากาศ เพื่อนำมาใช้เป็นตัวป้อนให้กับแบบจำลอง จากนั้นนำข้อมูลทั้ง 2 แปลงมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี t-test โดยใช้โปรแกรม Statistix 8

การประเมินความสอดคล้องของ actual farm yield โดยใช้ CSM-CERES-Rice model

การประเมินผลผลิตของข้าวในทั้งสองแปลงปลูกด้วย CSM-CERES-Rice model โดยอาศัยข้อมูลตัวป้อน 4 ชนิด ประกอบด้วย 1) ข้อมูลดิน ทำการเก็บตัวอย่างจากแปลงเกษตรกรมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน 2) ข้อมูลอากาศรายวัน ประกอบด้วย อุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด (°C) และปริมาณน้ำฝน (มม.) จากสถานีตรวจอากาศที่จังหวัดพิจิตร (ละติจูด 16.44070 ลองจิจูด 100.28994) ปริมาณความชื้นแสง (เมกาจูล/ตร.ม./วัน) คำนวณโดยใช้อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดตามวิธีการของ Phakamas et al. (2013) 3) ข้อมูลการจัดการ ใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกร และ 4) ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ กข49 ใช้ข้อมูลที่ผู้วิจัยทำการประเมินได้จากการศึกษาส่วนที่ 1 เมื่อเตรียมข้อมูลตัวป้อนครบแล้ว ทำการประเมินผลผลิตข้าวทั้งในแปลงที่มีการปลูกแบบใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF) ตามวิธีการปฏิบัติของเกษตรกรทุกประการ และพิจารณาความ

สอดคล้องระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองและค่าที่เก็บบันทึกได้จริงจากแปลงเกษตรกรในแต่ละแปลง ด้วยค่าทางสถิติ ได้แก่ RMSE, RMSEn (Rinaldi et al., 2003) และค่า D-stat (Willmott, 1982)

การวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตข้าว (Yield gap analysis)

การวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตข้าวของข้าวในการศึกษานี้จะวิเคราะห์ช่องว่างระหว่าง potential farm yield และ actual farm yield (Gap II) โดยการนำข้อมูลการประเมินผลผลิตแบบ actual farm yield ในขั้นตอนก่อนหน้านี มาเปรียบเทียบกับผลผลิตแบบ potential farm yield โดยมีการใช้ข้อมูลตัวบ่งชี้ที่เกี่ยวกับการประเมิน actual farm yield ประกอบด้วยข้อมูลดิน ข้อมูลอากาศ และข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลด้านการจัดการต่าง ๆ ตามหลักวิชาการ เพื่อให้ข้าวได้รับปัจจัยการผลิตอย่างเต็มที่และแสดงผลผลิตตามศักยภาพของพันธุ์ จากนั้นวิเคราะห์ช่องว่างของผลผลิตด้วยการคำนวณหาความแตกต่างระหว่าง potential farm yield และ actual farm yield ที่ประเมินได้จากแบบจำลอง CSM-CERES-Rice model

ส่วนที่ 3 การใช้แบบจำลอง CSM-CERES Rice วิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อช่องว่างผลผลิตของข้าวในแปลงเกษตรกรจังหวัดพิจิตร

การวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อช่องว่างผลผลิตในส่วนของน้ำหนักรวม และน้ำหนักเมล็ด โดยการปรับเปลี่ยนปัจจัยต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงการปรับเปลี่ยนปัจจัยต่าง ๆ เพื่อประเมินความอ่อนไหวต่อการให้ผลผลิตของข้าว พันธุ์กข49

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว	ปริมาณปุ๋ย	อุณหภูมิ	พันธุ์ข้าว	วันปลูก
1	✓	✗	✗	✗
2	✗	✓	✗	✗
3	✗	✗	✓	✗
4	✗	✗	✗	✓

✓ และ ✗ = ปัจจัยที่มีการปรับ และไม่ปรับในแต่ละการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ตามลำดับ

การวิเคราะห์หาปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อช่องว่างผลผลิตของข้าว โดยจะพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างการเจริญเติบโตและผลผลิตที่เป็นศักยภาพสูงสุดที่เกษตรกรสามารถทำได้ (potential yield) และผลผลิตจริงจากแปลงเกษตรกร (actual yield) คือ Gap II โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice วิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูลด้วยการเปลี่ยนแปลงปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อ actual yield ไม่ว่าจะเป็นพันธุ์ข้าว โดยมีการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว พันธุ์ กข41 กข43 กข47 กข61 และกข71 ที่ผู้วิจัยทำการประเมินได้จากการศึกษาส่วนที่ 1 และข้าว พันธุ์ IR64 ชัยนาท 1 และสุพรรณบุรี 60 จากข้อมูลพื้นฐานที่มาพร้อมโปรแกรม ปริมาณน้ำ วิธีการให้น้ำ การใส่ปุ๋ย อุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัยทำการเปรียบเทียบระหว่าง potential yield กับ actual yield ว่าปัจจัยใดจะมีผลทำให้เกิด Gap II มากที่สุดก็จะแสดงว่าปัจจัยตัวนั้นมีความอ่อนไหว โดยจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวก็จะสามารถแนะนำให้เกษตรกรเห็นถึงข้อจำกัดของปัจจัยการผลิต หรือการจัดการ เพื่อให้เกษตรกรสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตให้สูงขึ้นได้



บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาส่วนที่ 1 การศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต และการหาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ไม่วางแสงจำนวน 7 พันธุ์

4.1.1 การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่วางแสง 7 พันธุ์

ตารางที่ 4.1 แสดงอิทธิพลของวันปลูกต่อค่าดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index; LAI) ที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ข้าวมีค่า LAI แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63) ทำให้ข้าวมีค่า LAI สูงที่สุดเท่ากับ 4.82 ซึ่งไม่แตกต่างกับวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) และ 2 (23 ธ.ค. 62) ที่มีค่าเท่ากับ 4.36 เท่ากัน ในทั้ง 2 วันปลูก ส่วนวันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63) ข้าวมีค่าเฉลี่ย LAI น้อยที่สุดเท่ากับ 3.90 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ พบว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีค่า LAI แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยพันธุ์ กข61 มีค่า LAI สูงที่สุดเท่ากับ 6.31 ซึ่งไม่แตกต่างจากพันธุ์ กข71 ที่มีค่าเท่ากับ 5.54 ส่วนพันธุ์ กข43 มีค่า LAI น้อยที่สุดเท่ากับ 3.01 ผลการวิเคราะห์การตอบสนองของลักษณะ LAI ต่อวันปลูก พบว่าข้าวทั้ง 7 พันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามโดยภาพรวมพบว่าข้าวพันธุ์ กข71 และ กข61 มีแนวโน้มการตอบสนองต่อทุกวันปลูกดีกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ

ตารางที่ 4.2 แสดงอิทธิพลของวันปลูกต่อค่าอัตราการเจริญเติบโต (crop growth rate; CGR) ที่ระยะ 60 วันถึงเก็บเกี่ยว พบว่าวันปลูกไม่มีผลทำให้ข้าวมีค่า CGR แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีค่า CGR แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยพันธุ์ กข71 มีค่า CGR สูงที่สุดเท่ากับ 15.88 ก./ตร.ม./วัน ส่วนพันธุ์ กข43 มีค่า CGR ต่ำที่สุดเท่ากับ 2.12 ก./ตร.ม./วัน ผลวิเคราะห์การตอบสนองของลักษณะ CGR ต่อวันปลูกที่แตกต่างกัน พบว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพันธุ์ กข71 มีการตอบสนองต่อวันปลูกดีที่สุด โดยเฉพาะวันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63) และวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) มีค่า CGR เท่ากับ 18.76 และ 18.15 ก./ตร.ม./วัน ตามลำดับ รองลงมา คือพันธุ์ กข61 มีค่าเท่ากับ 14.54 และ 15.22 ก./ตร.ม./วัน ตามลำดับ ส่วนข้าวพันธุ์ กข43 มีการตอบสนองต่อวันปลูกน้อยที่สุด โดยเฉพาะวันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) และวันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63) มีค่า CGR เท่ากับ 1.45 และ 1.34 ก./ตร.ม./วัน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามโดยภาพรวมพบว่าข้าวพันธุ์ กข71 และ กข61 มีการตอบสนองต่อทุกวันปลูกดีกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ

ตารางที่ 4.1 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อค่าดัชนีพื้นที่ใบของข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว

ปัจจัย	ดัชนีพื้นที่ใบ ^{1/}				เฉลี่ย
	วันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62)	วันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62)	วันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63)	วันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63)	
กข41	3.39	3.39	3.06	5.34	3.79 ^{bc}
กข43	2.94	2.94	2.69	3.48	3.01 ^c
กข47	3.82	3.82	3.64	4.17	3.86 ^{bc}
กข49	4.58	4.58	3.92	4.46	4.38 ^b
กข57	3.74	3.74	3.42	3.60	3.63 ^{bc}
กข61	6.53	6.53	5.77	6.39	6.31 ^a
กข71	5.53	5.53	4.78	6.33	5.54 ^a
เฉลี่ย	4.36 ^{ab}	4.36 ^{ab}	3.90 ^b	4.82 ^a	
วันปลูก			**		
พันธุ์ข้าว			**		
วันปลูก x พันธุ์ข้าว			ns		
C.V. (%)			19.65		

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

^{1/}ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งหรือแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อค่าอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะ 60 วันถึงเก็บเกี่ยว

ปัจจัย	อัตราการเจริญเติบโตที่ระยะ 60 วัน ถึงเก็บเกี่ยว (ก./ตร.ม./วัน) ^{1/}				เฉลี่ย
	วันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62)	วันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62)	วันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63)	วันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63)	
กข41	5.22 ^{EF}	4.48 ^F	5.48 ^{EF}	4.25 ^{FG}	4.86 ^{cd}
กข43	2.65 ^{HUJ}	1.45 ^{IJ}	3.05 ^{GH}	1.34 ^J	2.12 ^e
กข47	2.65 ^{HUJ}	5.64 ^{EF}	2.90 ^{GHI}	4.72 ^F	3.98 ^{de}
กข49	2.06 ^{HUJ}	4.56 ^F	2.42 ^{HUJ}	4.81 ^F	3.46 ^{de}
กข57	6.29 ^{DE}	7.20 ^D	6.51 ^{DE}	7.08 ^D	6.77 ^c
กข61	15.22 ^B	11.28 ^C	14.54 ^B	12.25 ^C	13.32 ^b
กข71	18.15 ^A	14.01 ^B	18.76 ^A	12.59 ^C	15.88 ^a
เฉลี่ย	7.46	6.94	7.66	6.72	
วันปลูก			ns		
พันธุ์ข้าว			**		
วันปลูก x พันธุ์ข้าว			*		
C.V. (%)			33.84		

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* และ ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

^{1/}ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแต่ละแถวหรือแนวอนเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในส่วนของการ Interaction มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4.3 แสดงอิทธิพลของวันปลูกต่อน้ำหนักแห้งรวมของข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63) ข้าวมีน้ำหนักแห้งรวมสูงที่สุดเท่ากับ 995 กก./ไร่ แต่ไม่แตกต่างกับวันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) ที่มีค่าเท่ากับ 962 กก./ไร่ ส่วนวันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63) มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 920 กก./ไร่ เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของพันธุ์ พบว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีค่าน้ำหนักแห้งรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยพันธุ์ กข71 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 1,298 กก./ไร่ และพันธุ์ กข43 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 656 กก./ไร่ ผลการวิเคราะห์ปฏิริยาสัมพันธ์ พบว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพันธุ์ กข71 มีการตอบสนองดีต่อวันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 1,428 กก./ไร่ รองลงมาคือวันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63) มีค่าเท่ากับ 1,327 กก./ไร่ ในขณะที่ข้าวพันธุ์ กข 43 มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 1, 2 และ 4 น้อยที่สุดมีเท่ากับ 635, 651 และ 622 กก./ไร่ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามโดยภาพรวมพบว่าข้าวพันธุ์ กข71 และ กข61 มีแนวโน้มการตอบสนองต่อทุกวันปลูกดีกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยคณะกรรมการดำเนินการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ข้าวต่อน้ำหนักแห้งรวมข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว

ปัจจัย	น้ำหนักแห้งรวม (กก./ไร่) ^{1/}				เฉลี่ย
	วันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62)	วันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62)	วันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63)	วันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63)	
กข41	852 ^U	849 ^U	928 ^G	822 ^J	863 ^d
กข43	635 ^L	651 ^L	715 ^K	622 ^L	656 ^f
กข47	930 ^G	995 ^F	1,006 ^F	895 ^{GH}	956 ^c
กข49	739 ^K	734 ^K	822 ^J	719 ^K	754 ^e
กข57	917 ^{GH}	929 ^G	992 ^F	881 ^{HI}	930 ^c
กข61	1,211 ^D	1,148 ^E	1,240 ^{CD}	1,174 ^E	1,194 ^b
กข71	1,172 ^E	1,428 ^A	1,263 ^C	1,327 ^B	1,298 ^a
เฉลี่ย	922 ^b	962 ^{ab}	995 ^a	920 ^b	
วันปลูก			**		
พันธุ์ข้าว			**		
วันปลูก x พันธุ์ข้าว			*		
C.V. (%)			7.21		

* และ ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

^{1/} ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแต่ละแถวหรือแนวอนเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในส่วนของการ Interaction มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4.4 แสดงอิทธิพลของวันปลูกต่อน้ำหนักเมล็ด พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ข้าวมีน้ำหนักเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) ข้าวมีน้ำหนักเมล็ดสูงที่สุดเท่ากับ 429 กก./ไร่ ส่วนวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 375 กก./ไร่ แต่ไม่แตกต่างจากวันปลูกที่ 3 ที่มีค่าเท่ากับ 381 กก./ไร่ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ข้าว พบว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีค่าน้ำหนักเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยพันธุ์ กข71 มีน้ำหนักสูงที่สุดเท่ากับ 623 กก./ไร่ ส่วนข้าวพันธุ์ กข49 มีน้ำหนักต่ำที่สุดเท่ากับ 275 กก./ไร่ แต่ไม่แตกต่างกับข้าวพันธุ์ กข43 ที่มีค่าเท่ากับ 283 กก./ไร่ ผลวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ พบว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยพันธุ์ กข71 ตอบสนองต่อวันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) ดีที่สุดมีค่าน้ำหนักเมล็ดเท่ากับ 743 กก./ไร่ และข้าวพันธุ์ กข49 ตอบสนองต่อวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) น้อยที่สุดมีน้ำหนักเมล็ดเท่ากับ 265 กก./ไร่ อย่างไรก็ตามโดยภาพรวมพบว่าข้าวพันธุ์ กข71 มีแนวโน้มการตอบสนองต่อทุกวันปลูกดีกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ

ตารางที่ 4.4 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ข้าวต่อน้ำหนักเมล็ดทั้งหมดของข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว

ปัจจัย	น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด (กก./ไร่) ^{1/}				เฉลี่ย
	วันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62)	วันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62)	วันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63)	วันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63)	
กข41	339 ^I	362 ^{GHI}	349 ^{HI}	341 ^I	348 ^d
กข43	265 ^K	303 ^J	279 ^{JK}	283 ^{JK}	283 ^e
กข47	380 ^G	457 ^{EF}	390 ^G	376 ^{GH}	401 ^c
กข49	265 ^K	278 ^{JK}	282 ^{JK}	276 ^{JK}	275 ^e
กข57	373 ^{GH}	382 ^G	381 ^G	368 ^{GH}	376 ^{cd}
กข61	486 ^D	477 ^{DE}	447 ^F	479 ^{DE}	473 ^b
กข71	514 ^C	743 ^A	537 ^C	698 ^B	623 ^a
เฉลี่ย	375 ^c	429 ^a	381 ^{bc}	403 ^b	
วันปลูก			**		
พันธุ์ข้าว			**		
วันปลูก x พันธุ์ข้าว			**		
C.V. (%)			8.93		

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

^{1/} ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแต่ละแถวหรือแนวอนเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในส่วนของการ Interaction มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4.5 แสดงอิทธิพลของวันปลูกต่อดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvest index; HI) พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ข้าวมีดัชนีเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) และ 4 (23 ก.พ. 63) ข้าวมีค่า HI สูงที่สุดเท่ากับ 0.41 เท่ากันในทั้ง 2 วันปลูก และวันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63) มีค่า HI น้อยที่สุดเท่ากับ 0.36 ซึ่งไม่แตกต่างกับวันปลูกที่ 1 ที่มีค่าเท่ากับ 0.38 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ข้าว พบว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีค่า HI แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยพันธุ์ กข71 มีค่า HI สูงที่สุดเท่ากับ 0.46 ส่วนพันธุ์ กข49 มีค่า HI น้อยที่สุดเท่ากับ 0.34 เมื่อพิจารณาด้านการตอบสนองของข้าวต่อวันปลูกที่แตกต่างกันพบว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยข้าวพันธุ์ กข71 มีการตอบสนองดีต่อวันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63) และ 2 (23 ธ.ค. 62) ซึ่งมีค่า HI เท่ากับ 0.51 และ 0.50 ตามลำดับ ส่วนข้าวพันธุ์ กข49 มีการตอบสนองต่อวันปลูกน้อยที่สุด โดยเฉพาะวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) และวันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63) มีค่าเท่ากับ 0.32 อย่างไรก็ตามโดยภาพรวมพบว่าข้าวพันธุ์ กข71 มีแนวโน้มการตอบสนองต่อทุกวันปลูกดีกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ข้าวต่อดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว

ปัจจัย	ดัชนีเก็บเกี่ยว ^{1/}				เฉลี่ย
	วันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62)	วันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62)	วันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63)	วันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63)	
กข41	0.37 ^{FG}	0.39 ^E	0.35 ^H	0.38 ^{EF}	0.37 ^b
กข43	0.38 ^{EF}	0.43 ^{BC}	0.36 ^{GH}	0.42 ^{BC}	0.40 ^b
กข47	0.38 ^{EF}	0.43 ^B	0.36 ^{GH}	0.39 ^E	0.39 ^b
กข49	0.32 ^I	0.35 ^H	0.32 ^I	0.35 ^{GH}	0.34 ^c
กข57	0.38 ^{EF}	0.39 ^E	0.36 ^{GH}	0.39 ^E	0.38 ^b
กข61	0.38 ^{EF}	0.39 ^E	0.34 ^H	0.39 ^{EF}	0.38 ^b
กข71	0.41 ^{CD}	0.50 ^A	0.40 ^{DE}	0.51 ^A	0.46 ^a
เฉลี่ย	0.38 ^b	0.41 ^a	0.35 ^b	0.41 ^a	
วันปลูก			**		
พันธุ์ข้าว			**		
วันปลูก x พันธุ์ข้าว			*		
C.V. (%)			6.25		

* และ ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
^{1/}ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแต่ละแถวหรือแนวอนเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT
 ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในส่วนของการ Interaction มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT

4.1.2 การปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว (Model calibration)

การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว 7 พันธุ์ โดยอาศัยข้อมูลการทดลองของวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) วันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63) และวันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63) โดยใช้โปรแกรม GLUE จนได้ผลการจำลองทั้งด้านพัฒนาการและการเจริญเติบโต ใกล้เคียงกับค่าสังเกตที่ได้จากการทดลองมากที่สุด โดยที่ข้าวทั้ง 7 พันธุ์ได้ค่า P1 ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 403.1 - 423.5 แต่ค่า P1 ของข้าวพันธุ์ กข43 น้อยที่สุดเท่ากับ 348.8 สำหรับค่า P2R ข้าวพันธุ์ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ที่ 109.7 - 118.1 แต่ข้าวพันธุ์ กข61 ให้ค่า P2R น้อยที่สุดเท่ากับ 89.0 สำหรับค่า P5 มีค่าอยู่ระหว่าง 306.3 - 336.0 ค่า P2O มีค่าอยู่ระหว่าง 10.1 - 10.9 ค่า G1 มีค่าอยู่ระหว่าง 50.2 - 58.7 ค่า G2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.020 - 0.023 ค่า G4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.30 - 0.40 และค่า G4 ข้าวพันธุ์ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.82 - 0.93 แต่ข้าวพันธุ์ กข61 และ กข71 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 1.10 และ 1.01 ตามลำดับ ดังแสดงใน ตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว 7 พันธุ์

พันธุ์	P1	P2R	P5	P2O	G1	G2	G3	G4
กข41	419.0	120.3	326.3	10.7	50.2	0.020	0.45	0.86
กข43	348.8	112.5	320.7	10.5	50.6	0.020	0.40	0.90
กข47	402.3	110.2	306.3	10.1	51.1	0.021	0.32	0.82
กข49	405.9	109.7	311.2	10.9	55.5	0.021	0.30	0.93
กข57	412.5	118.1	321.8	10.9	56.2	0.023	0.39	0.85
กข61	423.5	89.0	336.0	10.5	58.1	0.020	0.36	1.10
กข71	403.1	121.9	321.1	10.8	58.7	0.022	0.34	1.01

* ค่าอธิบายรายละเอียดของค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของวันกำเนิดรวง (panicle initiation date) โดยวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) ข้าวพันธุ์ กข41 กข47 กข49 และ กข57 สามารถทำนายได้ดีมาก จำนวนวันออกดอกที่แบบจำลองทำนายได้อยู่ระหว่าง 52 - 57 วัน ส่วนค่าสังเกตมีค่าเท่ากับ 54 วัน โดยมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 0.0 - 5.5% ข้าวพันธุ์ กข43 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ดี มีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 52 วัน ค่าสังเกตจากแปลงทดลองเท่ากับ 44 วัน โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 18.1% ข้าวพันธุ์ กข71 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ค่อนข้างดี มีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 53 วัน ค่าสังเกตเท่ากับ 44 วัน โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 20.4% แต่สำหรับข้าวพันธุ์ กข61 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี โดยพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มีผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าที่ได้จากแบบจำลอง อยู่ระหว่าง 0 - 9 วัน ยกเว้นข้าวพันธุ์ กข61 ที่มีผลต่าง เท่ากับ 20 วัน

สำหรับวันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63) ข้าวพันธุ์ กข41 กข47 กข49 และ กข57 แบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมาก มีค่าที่แบบจำลองทำนายได้อยู่ระหว่าง 50 - 55 วัน ค่าสังเกตเท่ากับ 54 วัน โดยมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 1.8 - 7.4% สำหรับข้าวพันธุ์ กข43 และ กข71 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ดี มีค่าจากแบบจำลองอยู่ระหว่าง 52 วัน ค่าสังเกตเท่ากับ 44 วัน โดยมีค่า RMSEn อยู่เท่ากับ 13.6 และ 18.1% ในขณะที่ข้าวพันธุ์ กข61 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี โดยพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มีผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าที่ได้จากแบบจำลอง อยู่ระหว่าง 1 - 8 วัน ยกเว้นข้าวพันธุ์ กข61 ที่มีผลต่างมากถึง 18 วัน

ผลการประเมินในวันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63) ข้าวพันธุ์ กข41 กข47 กข49 และ กข57 พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมาก ซึ่งมีค่าที่แบบจำลองทำนายได้อยู่ระหว่าง 50 - 55 วัน ค่าสังเกตเท่ากับ 54 วัน โดยมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 0.0 - 3.7% ข้าวพันธุ์ กข43 แบบจำลองทำนายได้ดี มีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 51 วัน ค่าสังเกตเท่ากับ 44 วัน โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 15.9% สำหรับข้าว

พันธุ์ กข71 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ค่อนข้างดี มีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 53 วัน ค่าสังเกตเท่ากับ 44 วัน โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 20.4% แต่สำหรับข้าวพันธุ์ กข61 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี โดยพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มีผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าที่ได้จากแบบจำลอง อยู่ระหว่าง 0 - 9 วัน ยกเว้นข้าวพันธุ์ กข61 ที่มีผลต่างมากถึง 20 วัน

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของวันออกดอก (anthesis date) ในวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) ข้าวพันธุ์ กข41 กข43 กข47 กข49 และ กข57 พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมาก มีค่าที่แบบจำลองทำนายได้อยู่ระหว่าง 81- 85 วัน ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 74 - 84 วัน โดยมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 1.1 - 9.4% สำหรับข้าวพันธุ์ กข71 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ดี มีค่าจากแบบจำลองทำนายเท่ากับ 82 วัน ค่าสังเกตเท่ากับ 74 วัน โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 10.8% ในขณะที่ข้าวพันธุ์ กข61 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี โดยพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มีผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าที่ได้จากแบบจำลอง อยู่ระหว่าง 1 - 8 วัน ยกเว้นข้าวพันธุ์ กข61 ที่มีผลต่างมากถึง 22 วัน

สำหรับวันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63) ข้าวพันธุ์ กข41 กข43 กข47 กข49 กข57 และกข71 พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมาก มีค่าที่แบบจำลองทำนายได้อยู่ระหว่าง 78 - 83 วัน ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 74 - 84 วัน โดยมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 1.1 - 9.4% ข้าวพันธุ์ กข61 แบบจำลองทำนายได้ค่อนข้างดี มีค่าที่ได้จากแบบจำลองเท่ากับ 83 วัน ค่าสังเกตเท่ากับ 64 วัน โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 29.6% โดยพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มีผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าที่ได้จากแบบจำลอง อยู่ระหว่าง 1 - 7 วัน ยกเว้นข้าวพันธุ์ กข61 ที่มีผลต่างมากถึง 19 วัน

ผลการประเมินในวันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63) ข้าวพันธุ์ กข41 กข43 กข47 กข49 กข57 และกข71 พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมาก ซึ่งมีค่าที่แบบจำลองอยู่ระหว่าง 78 - 83 วัน ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 74 - 84 วัน โดยมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 1.1 - 9.4% แต่สำหรับข้าวพันธุ์ กข61 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี โดยพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มีผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าที่ได้จากแบบจำลอง อยู่ระหว่าง 1 - 7 วัน ยกเว้นข้าวพันธุ์ กข61 ที่มีผลต่างมากถึง 22 วัน

ตารางที่ 4.7 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตของวันกำเนิดรวงข้าวทั้ง 7 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62), 3 (23 ม.ค. 63) และ 4 (23 ก.พ. 63) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)

พันธุ์	วันกำเนิดรวง (panicle initiation date)			
	ค่าสังเกต (O)	ค่าจำลอง (S)	ผลต่าง (S-O)	RMSEn (%)
วันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62)				
กข41	54	54	0	0.0
กข43	44	52	+8	18.1
กข47	54	57	+3	5.5
กข49	54	52	-2	3.7
กข57	54	53	-1	1.8
กข61	34	54	+20	58.8
กข71	44	53	+9	20.4
วันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63)				
กข41	54	53	-1	1.8
กข43	44	50	+6	13.6
กข47	54	55	+1	1.8
กข49	54	50	-4	7.4
กข57	54	51	-3	5.5
กข61	34	52	+18	52.9
กข71	44	52	+8	18.1
วันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63)				
กข41	54	54	0	0.0
กข43	44	51	+7	15.9
กข47	54	56	+2	3.7
กข49	54	52	-2	3.7
กข57	54	53	-1	1.8
กข61	34	54	+20	58.8
กข71	44	53	+9	20.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตของวันออกดอกของข้าวทั้ง 7 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62), 3 (23 ม.ค. 63) และ 4 (23 ก.พ. 63) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)

พันธุ์	วันออกดอก (anthesis date)			
	ค่าสังเกต (O)	ค่าจำลอง (S)	ผลต่าง (S-O)	RMSEn (%)
วันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62)				
กข41	84	83	-1	1.1
กข43	74	81	+7	9.4
กข47	84	85	+1	1.1
กข49	84	81	-3	3.5
กข57	84	82	-2	2.3
กข61	64	86	+22	34.3
กข71	74	82	+8	10.8
วันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63)				
กข41	84	81	-3	3.5
กข43	74	78	+4	5.4
กข47	84	83	-1	1.1
กข49	84	78	-6	7.1
กข57	84	79	-5	5.9
กข61	64	83	+19	29.6
กข71	74	81	+7	9.4
วันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63)				
กข41	84	81	-3	3.5
กข43	74	78	+4	5.4
กข47	84	83	-1	1.1
กข49	84	79	-5	5.9
กข57	84	80	-4	4.7
กข61	64	86	+22	34.3
กข71	74	81	+7	9.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองและค่าที่ได้จากการสังเกตจริงของวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity date) โดยวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) ข้าวพันธุ์ กข41 กข43 กข47 กข49 และ กข57 พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมาก มีค่าที่แบบจำลองอยู่ระหว่าง 103 - 107 วัน ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 94 - 107 วัน โดยมีค่า RMSE_n อยู่ระหว่าง 0.9 - 9.5% ข้าวพันธุ์ กข71 แบบจำลองทำนายได้ดี มีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 105 วัน ค่าสังเกตเท่ากับ 94 วัน โดยมีค่า RMSE_n เท่ากับ 11.7% ส่วนผลการประเมินของข้าวพันธุ์ กข61 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี โดยพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มีผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าที่ได้จากแบบจำลองอยู่ระหว่าง 1 - 11 วัน ยกเว้นข้าวพันธุ์ กข61 ที่มีผลต่างมากถึง 25 วัน

สำหรับวันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63) ข้าวพันธุ์ กข41 กข43 กข47 กข49 กข57 และกข71 พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมาก มีค่าที่แบบจำลองทำนายได้ออยู่ระหว่าง 98 - 103 วัน ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 94 - 107 วัน โดยมีค่า RMSE_n อยู่ระหว่าง 0.9 - 8.5% ผลการประเมินของข้าวพันธุ์ กข61 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ค่อนข้างดี มีค่าที่แบบจำลองทำนายได้เท่ากับ 108 วัน ค่าสังเกตเท่ากับ 86 วัน โดยมีค่า RMSE_n เท่ากับ 25.5% โดยพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มีผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าที่ได้จากแบบจำลองอยู่ระหว่าง 1 - 8 วัน ยกเว้นข้าวพันธุ์ กข61 ที่มีผลต่างมากถึง 22 วัน

ผลการประเมินในวันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63) ข้าวพันธุ์ กข41 กข43 กข47 กข49 กข57 และกข71 พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมาก มีค่าที่แบบจำลองทำนายได้ออยู่ระหว่าง 98 - 103 วัน ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 94 - 107 วัน โดยมีค่า RMSE_n อยู่ระหว่าง 0.9 - 8.5% ส่วนข้าวพันธุ์ กข61 แบบจำลองทำนายได้ค่อนข้างดี มีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 111 วัน ค่าสังเกตเท่ากับ 86 วัน โดยมีค่า RMSE_n เท่ากับ 29.0% โดยพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มีผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าที่ได้จากแบบจำลองอยู่ระหว่าง 1 - 8 วัน ยกเว้นข้าวพันธุ์ กข61 ที่มีผลต่างมากถึง 25 วัน

ตารางที่ 4.9 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตของวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวทั้ง 7 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62), 3 (23 ม.ค. 63) และ 4 (23 ก.พ. 63) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)

พันธุ์	วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity date)			
	ค่าสังเกต (O)	ค่าจำลอง (S)	ผลต่าง (S-O)	RMSEn (%)
วันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62)				
กข41	104	106	+2	1.9
กข43	94	103	+9	9.5
กข47	104	107	+3	2.8
กข49	104	103	-1	0.9
กข57	107	105	-2	1.8
กข61	86	111	+25	29.0
กข71	94	105	+11	11.7
วันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63)				
กข41	104	102	-2	1.9
กข43	94	99	+5	5.3
กข47	104	103	-1	0.9
กข49	104	98	-6	5.7
กข57	107	100	-7	6.5
กข61	86	108	+22	25.5
กข71	94	102	+8	8.5
วันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63)				
กข41	104	101	-3	2.8
กข43	94	98	+4	4.2
กข47	104	103	-1	0.9
กข49	104	99	-5	4.8
กข57	107	100	-7	6.5
กข61	86	111	+25	29.0
กข71	94	102	+8	8.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองและค่าที่ได้จากการสังเกตจริงของน้ำหนักแห้งรวม โดยวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) ข้าวพันธุ์ กข61 และ กข71 แบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมาก มีค่าที่แบบจำลองทำนายได้เท่ากับ 1,247 และ 1,130 กก./ไร่ ตามลำดับ ค่าสังเกตเท่ากับ 1,211 และ 1,172 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 2.9 และ 3.5% ตามลำดับ และค่า D-stat เท่ากับ 0.99 สำหรับข้าวพันธุ์ กข57 แบบจำลองทำนายได้ค่อนข้างดี มีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 1,125 กก./ไร่ ค่าสังเกตเท่ากับ 917 กก./ไร่ โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 22.6% และค่า D-stat เท่ากับ 0.98 แต่สำหรับผลการประเมินของข้าวพันธุ์ กข41 กข43 กข47 และ กข49 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี โดยมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 32.6 - 44.0% และค่า D-stat อยู่ระหว่าง 0.92 - 0.98

สำหรับวันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63) ข้าวพันธุ์ กข41 กข47 และ กข49 แบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมาก มีค่าที่แบบจำลองทำนายได้อยู่ระหว่าง 869 - 1,036 กก./ไร่ ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 822 - 1,006 กก./ไร่ โดยมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 2.9 - 5.7% และค่า D-stat เท่ากับ 0.99 ข้าวพันธุ์ กข57 และ กข71 แบบจำลองทำนายได้ดี มีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 892 และ 1,108 กก./ไร่ ตามลำดับ ค่าสังเกตเท่ากับ 992 และ 1,240 กก./ไร่ โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 10.0 และ 10.5% และค่า D-stat เท่ากับ 0.99 ผลการประเมินของข้าวพันธุ์ กข71 พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ค่อนข้างดี มีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 985 กก./ไร่ ค่าสังเกตเท่ากับ 1,263 กก./ไร่ โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 22.0% และค่า D-stat เท่ากับ 0.98 แต่สำหรับข้าวพันธุ์ กข43 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 33.9% และค่า D-stat เท่ากับ 0.97

สำหรับวันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63) ข้าวพันธุ์ กข41 กข47 กข49 และ กข57 แบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมาก มีค่าที่แบบจำลองอยู่ระหว่าง 753 - 912 กก./ไร่ ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 719 - 895 กก./ไร่ โดยมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 0.2 - 9.0% และค่า D-stat เท่ากับ 0.99 ผลการประเมินของข้าวพันธุ์ กข43 และ กข61 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ดี มีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 730 และ 1,030 กก./ไร่ ค่าสังเกตเท่ากับ 622 และ 1,174 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 17.3 และ 12.3% และค่า D-stat เท่ากับ 0.99 ส่วนผลการประเมินของข้าวพันธุ์ กข71 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 36.2% และค่า D-stat เท่ากับ 0.95

ตารางที่ 4.10 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตของน้ำหนักรวมของข้าว 7 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62), 3 (23 ม.ค. 63) และ 4 (23 ก.พ. 63) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)

พันธุ์	น้ำหนักรวม (กก./ไร่)			
	ค่าสังเกต	ค่าจำลอง	RMSEn (%)	D-stat
วันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62)				
กข41	852 ± 29	1,140	33.9	0.97
กข43	636 ± 40	1,116	75.6	0.92
กข47	930 ± 28	1,234	32.6	0.98
กข49	739 ± 33	1,064	44.0	0.96
กข57	917 ± 104	1,125	22.6	0.98
กข61	1,212 ± 119	1,247	2.9	0.99
กข71	1,172 ± 89	1,130	3.5	0.99
วันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63)				
กข41	928 ± 38	970	4.3	0.99
กข43	715 ± 61	958	33.9	0.97
กข47	1,006 ± 32	1,036	2.9	0.99
กข49	822 ± 14	869	5.7	0.99
กข57	992 ± 112	892	10.0	0.99
กข61	1,240 ± 121	1,108	10.5	0.99
กข71	1,263 ± 141	985	22.0	0.98
วันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63)				
กข41	928 ± 42	970	0.2	0.99
กข43	715 ± 31	958	17.3	0.99
กข47	1,006 ± 65	1,036	1.9	0.99
กข49	822 ± 20	869	4.7	0.99
กข57	992 ± 80	892	9.0	0.99
กข61	1,240 ± 139	1,108	12.3	0.99
กข71	1,263 ± 80	985	36.2	0.95

± = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของน้ำหนักเมล็ด โดยวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) ข้าวพันธุ์ กข71 แบบจำลองสามารถทำนายได้ดี มีค่าที่ได้จากแบบจำลองเท่ากับ 597 กก./ไร่ ค่าสังเกตเท่ากับ 514 กก./ไร่ โดยมีค่า RMSE_n เท่ากับ 16.2% และค่า D-stat เท่ากับ 0.99 ข้าวพันธุ์ กข61 แบบจำลองทำนายได้ค่อนข้างดี มีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 203 กก./ไร่ ค่าสังเกตเท่ากับ 486 กก./ไร่ โดยมีค่า RMSE_n เท่ากับ 24.1% และค่า D-stat เท่ากับ 0.98 ส่วนผลการประเมินของข้าวพันธุ์ กข41 กข43 กข47 กข49 และ กข57 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี โดยมีค่า RMSE_n อยู่ระหว่าง 40.5 - 97.9% และค่า D-stat อยู่ระหว่าง 0.89 - 0.97

สำหรับวันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63) ข้าวพันธุ์ กข61 และ กข71 แบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมาก มีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 459 และ 552 กก./ไร่ ค่าสังเกตเท่ากับ 448 และ 537 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยมีค่า RMSE_n เท่ากับ 2.6 และ 2.7% ตามลำดับ และค่า D-stat เท่ากับ 0.99 ผลการประเมินของข้าวพันธุ์ กข41 และ กข47 แบบจำลองทำนายได้ดี มีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 427 และ 506 กก./ไร่ ค่าสังเกตเท่ากับ 349 และ 390 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยมีค่า RMSE_n เท่ากับ 22.3 และ 29.7% ตามลำดับ และค่า D-stat เท่ากับ 0.98 ส่วนข้าวพันธุ์ กข43 กข49 และ กข57 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ค่อนข้างดี มีค่าจากแบบจำลองอยู่ระหว่าง 425 - 506 กก./ไร่ ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 279 - 390 กก./ไร่ โดยมีค่า RMSE_n อยู่ระหว่าง 30.0 - 56.0% ตามลำดับ และค่า D-stat อยู่ระหว่าง 0.95 - 0.98

ผลการประเมินในวันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63) ข้าวพันธุ์ กข41 และ กข43 แบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมาก มีค่าที่ได้จากแบบจำลองเท่ากับ 353 และ 308 กก./ไร่ ค่าสังเกตเท่ากับ 341 และ 283 กก./ไร่ โดยมีค่า RMSE_n เท่ากับ 3.5 และ 8.9% และค่า D-stat เท่ากับ 0.99 สำหรับข้าวพันธุ์ กข47 และ กข57 แบบจำลองทำนายได้ดี มีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 422 และ 424 กก./ไร่ ค่าสังเกตเท่ากับ 376 และ 368 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยมีค่า RMSE_n เท่ากับ 12.2 และ 15.4% ตามลำดับ และค่า D-stat เท่ากับ 0.99 ผลการประเมินข้าวพันธุ์ กข61 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ค่อนข้างดี มีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 359 กก./ไร่ ค่าสังเกตเท่ากับ 479 กก./ไร่ โดยมีค่า RMSE_n เท่ากับ 25.1% และค่า D-stat เท่ากับ 0.97 ในขณะที่ผลการประเมินของข้าวพันธุ์ กข49 และ กข71 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี โดยมีค่า RMSE_n เท่ากับ 33.0 และ 36.0% ตามลำดับ และค่า D-stat เท่ากับ 0.97 และ 0.95 ตามลำดับ สำหรับในวันปลูกที่ 4 พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้ดีในข้าวพันธุ์ กข41 กข43 กข47 กข57 และ กข61 ส่วนข้าวพันธุ์ กข49 และ กข71 ประเมินได้ไม่ดี ซึ่งผลการประเมินจะคล้ายกับค่าน้ำหนักแห้งรวม

ตารางที่ 4.11 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตของน้ำหนักเมล็ดของข้าว 7 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62), 3 (23 ม.ค. 63) และ 4 (23 ก.พ. 63) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)

พันธุ์	น้ำหนักเมล็ด (กก./ไร่)			
	ค่าสังเกต	ค่าจำลอง	RMSEn (%)	D-stat
วันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62)				
กข41	339 ± 19	476	40.5	0.97
กข43	266 ± 24	483	81.6	0.91
กข47	380 ± 7	575	51.3	0.95
กข49	265 ± 25	524	97.9	0.89
กข57	373 ± 31	601	61.2	0.94
กข61	486 ± 8	603	24.1	0.98
กข71	514 ± 33	597	16.2	0.99
วันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63)				
กข41	349 ± 21	427	22.3	0.98
กข43	279 ± 41	425	52.1	0.95
กข47	390 ± 2	506	29.7	0.98
กข49	282 ± 8	440	56.0	0.95
กข57	381 ± 35	495	30.0	0.98
กข61	448 ± 22	459	2.6	0.99
กข71	537 ± 123	552	2.7	0.99
วันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63)				
กข41	341 ± 27	353	3.5	0.99
กข43	283 ± 13	308	8.9	0.99
กข47	376 ± 48	422	12.2	0.99
กข49	276 ± 7	368	33.0	0.97
กข57	368 ± 49	424	15.4	0.99
กข61	479 ± 18	359	25.1	0.97
กข71	699 ± 35	447	36.0	0.95

± = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว (Model validation)

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของวันกำเนิดรวง โดยวันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) ข้าวพันธุ์ กข41 กข47 กข49 และ กข57 แบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมาก มีค่าจากแบบจำลองอยู่ระหว่าง 50 - 54 วัน ค่าสังเกตเท่ากับ 54 วัน โดยมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 0.0 - 7.4% สำหรับข้าวพันธุ์ กข43 และ กข71 แบบจำลองทำนายได้ดี มีค่าจากแบบจำลองอยู่ระหว่าง 49-51 วัน ค่าสังเกตเท่ากับ 44 วัน โดยมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 11.3 - 15.9% ส่วนข้าวพันธุ์ กข61 พบว่าแบบจำลองประเมินได้ไม่ดี โดยพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มีผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าที่ได้จากแบบจำลอง อยู่ระหว่าง 0 - 7 วัน ยกเว้นข้าวพันธุ์ กข61 ที่มีผลต่างมากถึง 18 วัน

การประเมินความสอดคล้องของวันออกดอกระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองและค่าสังเกต พบว่าในวันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) ข้าวพันธุ์ กข41 กข43 กข47 กข49 กข57 และ กข71 แบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมาก มีค่าจากแบบจำลองอยู่ระหว่าง 78 - 84 วัน ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 74 - 84 วัน โดยมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 0.0 - 8.1% ในทำนองเดียวกันกับผลการประเมินวันกำเนิดช่อรวง พบว่าแบบจำลองประเมินวันผสมเกสรของข้าวพันธุ์ กข61 ได้ไม่ดีเช่นกัน โดยพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มีผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าที่ได้จากแบบจำลอง อยู่ระหว่าง 0 - 6 วัน ยกเว้นข้าวพันธุ์ กข61 ที่มีผลต่างมากถึง 20 วัน (ตารางที่ 4.12)

ผลการประเมินความสอดคล้องของวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองและค่าสังเกต พบว่าในวันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) ข้าวพันธุ์ กข41 กข43 กข47 กข49 กข57 และ กข71 แบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมาก มีค่าจากแบบจำลองอยู่ระหว่าง 100 - 105 วัน ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 94 - 107 วัน โดยมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 0.9 - 8.5% ส่วนข้าวพันธุ์ กข61 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ค่อนข้างดี มีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 109 วัน ค่าสังเกตเท่ากับ 86 วัน โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 26.7% โดยพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มีผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าที่ได้จากแบบจำลอง อยู่ระหว่าง 1 - 8 วัน ยกเว้นข้าวพันธุ์ กข61 ที่มีผลต่างมากถึง 23 วัน (ตารางที่ 4.12)

ตารางที่ 4.12 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตของวันกำเนิดรวง วันออกดอก และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าว 7 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (validated)

พันธุ์	ค่าสังเกต (O)	ค่าจำลอง (S)	ผลต่าง (S-O)	RMSEn (%)
	วันกำเนิดรวง (panicle initiation date)			
กข41	54	52	-2	3.7
กข43	44	49	+5	11.3
กข47	54	54	0	0.0
กข49	54	50	-4	7.4
กข57	54	51	-3	5.5
กข61	34	52	+18	52.9
กข71	44	51	+7	15.9
วันออกดอก (anthesis date)				
กข41	84	81	-3	3.5
กข43	74	78	+4	5.4
กข47	84	84	0	0.0
กข49	84	79	-5	5.9
กข57	84	80	-4	4.7
กข61	64	84	+20	31.2
กข71	74	80	+6	8.1
วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity date)				
กข41	104	103	-1	0.9
กข43	94	100	+6	6.3
กข47	104	105	+1	0.9
กข49	104	100	-4	3.8
กข57	107	102	-5	4.6
กข61	86	109	+23	26.7
กข71	94	102	+8	8.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของน้ำหนักแห้งรวม ระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองและค่าที่ได้จากการสังเกตจริง โดยวันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) ข้าวพันธุ์ กข57 และกข 61 แบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมาก มีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 1,000 และ 1,166 กก./ไร่ ค่าสังเกตเท่ากับ 929 และ 1,148 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 7.6 และ 1.9% และค่า D-stat เท่ากับ 0.99 ผลการประเมินของข้าวพันธุ์ กข47 แบบจำลองทำนายได้ดี มีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 1,148 กก./ไร่ ค่าสังเกตเท่ากับ 995 กก./ไร่ โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 15.4% และค่า D-stat เท่ากับ 0.99 สำหรับข้าวพันธุ์ กข41 กข49 และกข71 แบบจำลองทำนายได้ค่อนข้างดี มีค่าจากแบบจำลองอยู่ระหว่าง 928 - 1,055 กก./ไร่ ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 733 - 1,429 กก./ไร่ โดยมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 24.2 - 27.4% และค่า D-stat อยู่ระหว่าง 0.97 - 0.98 แต่สำหรับผลการประเมินของข้าวพันธุ์ กข43 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 47.6% และค่า D-stat เท่ากับ 0.96

ผลการประเมินความสอดคล้องของน้ำหนักเมล็ดระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองและค่าที่ได้จากการสังเกตจริงในวันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) ข้าวพันธุ์ กข41 และกข61 พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ดี มีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 433 และ 536 กก./ไร่ ค่าสังเกตเท่ากับ 361 และ 477 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 19.8 และ 17.9% ตามลำดับ และ ค่า D-stat เท่ากับ 0.99 สำหรับข้าวพันธุ์ กข43 กข47 และกข71 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ค่อนข้างดี มีค่าจากแบบจำลองอยู่ระหว่าง 392-559 กก./ไร่ ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 303 - 743 กก./ไร่ โดยมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 22.2 - 29.5% ตามลำดับ และ ค่า D-stat อยู่ระหว่าง 0.97 - 0.98 แต่สำหรับข้าวพันธุ์ กข49 และกข57 พบว่าแบบจำลองประเมินได้ไม่ดี โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 56.9 และ 36.5% ตามลำดับ และค่า D-stat เท่ากับ 0.95 และ 0.97 (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตของน้ำหนักรวม และน้ำหนักเมล็ดของข้าว 7 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (validated)

พันธุ์	ค่าสังเกต	ค่าจำลอง	RMSEn (%)	D-stat
	น้ำหนักรวม (กก./ไร่)			
กข41	849 ± 33	1,055	24.2	0.98
กข43	651 ± 21	962	47.6	0.96
กข47	995 ± 27	1,148	15.4	0.99
กข49	734 ± 22	928	26.4	0.98
กข57	929 ± 37	1,000	7.6	0.99
กข61	1,148 ± 27	1,166	1.9	0.99
กข71	1,429 ± 53	1,037	27.4	0.97
	น้ำหนักเมล็ด (กก./ไร่)			
กข41	361 ± 26	433	19.8	0.99
กข43	303 ± 12	392	29.5	0.98
กข47	457 ± 32	559	22.2	0.98
กข49	279 ± 6	437	56.9	0.95
กข57	382 ± 42	522	36.5	0.97
กข61	477 ± 9	563	17.9	0.99
กข71	743 ± 34	539	27.9	0.97

± = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาส่วนที่ 2 การใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice เพื่อประเมินการเจริญเติบโต ผลผลิต และวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข49 ในแปลงเกษตรกรจังหวัด พิจิตร

4.2.1 สภาพอากาศในช่วงฤดูปลูกข้าว

ตารางที่ 4.14 แสดงข้อมูลสภาพอากาศรายเดือนตลอดระยะเวลาปลูกข้าวตั้งแต่เดือน มิ.ย. ถึงเดือน ก.ย. 2562 พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดระยะเวลาปลูก สำหรับอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 36.1, 24.3 และ 30.1 °C ตามลำดับ มีปริมาณความเข้มแสงประมาณ 17.1 เมกะจูล/ตร.ม./วัน สำหรับปริมาณน้ำฝนพบว่าในช่วงเวลาปลูกข้าวมีปริมาณน้อยมาก โดยมีปริมาณฝนสะสมตลอดฤดูปลูกเพียง 21.8 มม. เท่านั้น

ตารางที่ 4.14 แสดงข้อมูลสภาพอากาศรายเดือนตลอดระยะเวลาปลูกข้าว

ช่วงปลูกข้าว	อุณหภูมิ (°C)			ปริมาณน้ำฝน (มม.)	ปริมาณความเข้มแสง (เมกะจูล/ตร.ม./วัน)
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย		
มิ.ย.	38.0	25.2	31.0	4.8	18.8
ก.ค.	35.7	24.2	30.2	6.1	16.7
ส.ค.	35.1	23.6	29.8	3.0	15.9
ก.ย.	35.5	24.3	29.5	7.9	16.9
เฉลี่ย	36.1	24.3	30.1	5.5	17.1
ปริมาณฝนรวม	-	-	-	21.8	-

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกข้าว และปุ๋ยอินทรีย์ที่เกษตรกรใช้ในการปลูกข้าว

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกข้าวในแปลงเกษตรกร พบว่าเนื้อดินเป็นดินร่วน (loam) โดยสัดส่วนของ sand silt clay เท่ากับ 46.81 25.67 และ 27.52% ตามลำดับ และมีค่า pH เท่ากับ 6.03 แสดงว่าดินเป็นกรดปานกลาง มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เท่ากับ 1.49% มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total-N) เท่ากับ 0.07% ในส่วนของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available-P) เท่ากับ 79.56 ppm และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable-K) เท่ากับ 67.01 ppm ในส่วนของผลการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการปลูกข้าว มีค่า pH เป็นกลาง อยู่ที่ 7.06 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเท่ากับ 4.06% และมีปริมาณไนโตรเจน (total-N) ฟอสฟอรัส (total-P) และโพแทสเซียม (total-K) ทั้งหมดในดินเท่ากับ 0.40 0.49 และ 0.39% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกข้าว และปุ๋ยอินทรีย์ที่เกษตรกรใช้ปลูกข้าว

คุณสมบัติของดินและปุ๋ยอินทรีย์	ปริมาณ
คุณสมบัติของดิน	
Sand (%)	46.81
Silt (%)	25.67
Clay (%)	27.52
Texture	Loam
pH	6.03
OM (%)	1.49
Total-N (%)	0.07
Available-P (ppm)	79.56
Exchangeable-K (ppm)	67.01
คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์	
pH	7.06
OM (%)	4.06
Total-N (%)	0.40
Total-P (%)	0.49
Total-K (%)	0.39

* วิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

4.2.3 การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข49 ที่บันทึกจากแปลงเกษตรกร

ผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าว ระหว่างแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF) พบว่าในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีข้าวมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ 618 กก./ไร่ อัตราการเจริญเติบโตตั้งแต่ 60 วันหลังปลูกถึงเก็บเกี่ยวมีค่าเท่ากับ 4.96 ก./ตร.ม./วัน และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเท่ากับ 28.5 ก. ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างจากแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวข้าวมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ 699 กก./ไร่ อัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 6.18 ก./ตร.ม./วัน และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเท่ากับ 29.7 ก. ตามลำดับ แต่กลับพบว่าในทั้งสองแปลงปลูกข้าวมีค่าเฉลี่ยของดัชนีพื้นที่ใบ ดัชนีเก็บเกี่ยว และผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีข้าวมีค่าเฉลี่ยดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 1.63 ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.37 และผลผลิตเท่ากับ 261 กก./ไร่ ส่วนในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว มีค่าเฉลี่ยดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 2.32 ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.34 และผลผลิตเท่ากับ 270 กก./ไร่ ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าข้าวทั้งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สองแปลงมีผลผลิตเมล็ดที่ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในแปลงปลูกข้าวมีปริมาณวัชพืชขึ้นอยู่มาก โดยปริมาณวัชพืชในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีมีค่าเท่ากับ 463 กก./ไร่ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวที่มีค่า 392 กก./ไร่ (ตารางที่ 4.16)

ตารางที่ 4.16 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิตของข้าว และปริมาณวัชพืช ระหว่างแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF)

การเจริญเติบโต และผลผลิต	0.5OF+0.5CF	CF	t-test ^{1/}
น้ำหนักแห้งรวม (กก./ไร่)	618	699	ns
ดัชนีพื้นที่ใบ	1.63	2.32	**
CGR 60 วันถึงเก็บเกี่ยว (ก./ตร.ม./วัน)	4.96	6.18	ns
ดัชนีเก็บเกี่ยว	0.37	0.34	**
น้ำหนักเมล็ด (กก./ไร่)	261	270	*
น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (ก.)	28.5	29.7	ns
น้ำหนักวัชพืช (กก./ไร่)	463	392	*

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* และ ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

^{1/} วิเคราะห์โดยใช้ non-pooled t-test ด้วยจำนวนค่าข้อมูลของ 0.5OF+0.5CF และ CF เท่ากับ 8 และ 15 ตามลำดับ

4.2.4 การประเมินความสอดคล้องของ actual farm yield โดยใช้ CSM-CERES-Rice model

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองและค่าที่ได้จากการสังเกตจริงจากแปลงเกษตรกร สำหรับวันออกดอกของข้าวพันธุ์ กข49 ในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF) พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมากทั้ง 2 แปลง ซึ่งแบบจำลองทำนายค่าได้เท่ากับ 77 วัน และมีค่าสังเกตเท่ากับ 83 วัน โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 7.2% และ ค่า D-stat เท่ากับ 0.99

การประเมินความสอดคล้องระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองและค่าที่ได้จากการสังเกตจริงจากแปลงเกษตรกรของวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวพันธุ์ กข49 ในแปลงที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF) พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมากทั้ง 2 แปลงเช่นกัน ซึ่งแบบจำลองทำนายค่าได้เท่ากับ 99 วัน และมีค่าสังเกตเท่ากับ 103 วัน โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 3.9% และ ค่า D-stat เท่ากับ 0.99

การประเมินความสอดคล้องของน้ำหนักแห้งรวมของข้าวพันธุ์ กข49 ในแปลงที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF) พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ไม่ดีในทั้ง 2 แปลง มีค่าที่ได้จากแบบจำลองเท่ากับ 1,071 กก./ไร่ และค่าสังเกตเท่ากับ 618 และ 699 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 73.3 และ 53.2% และ ค่า D-stat เท่ากับ 0.93 และ 0.95

การประเมินความสอดคล้องระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองและค่าที่ได้จากการสังเกตจริงจากแปลงเกษตรกรของน้ำหนักเมล็ดของข้าวพันธุ์ กข49 ในแปลงที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF) พบว่าในแปลงที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี มีค่าที่ได้จากแบบจำลองเท่ากับ 509 กก./ไร่ และค่าสังเกตเท่ากับ 216 และ 270 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 95.0 และ 88.5% และ ค่า D-stat เท่ากับ 0.89 และ 0.90

ตารางที่ 4.17 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตของวันออกดอก วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา น้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักเมล็ด ของข้าวพันธุ์ กข49 ที่ได้จากแปลงเกษตรกร

แปลง	ค่าสังเกต	ค่าจำลอง	RMSEn (%)	D-stat
วันออกดอก (Anthesis date)				
0.5OF+0.5CF	83	77	7.2	0.99
CF	83	77	7.2	0.99
วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity date)				
0.5OF+0.5CF	103	99	3.9	0.99
CF	103	99	3.9	0.99
น้ำหนักแห้งรวม (กก./ไร่)				
0.5OF+0.5CF	618 ± 51	1,071	73.3	0.93
CF	699 ± 84	1,071	53.2	0.95
น้ำหนักเมล็ด (กก./ไร่)				
0.5OF+0.5CF	261 ± 40	509	95.0	0.89
CF	270 ± 81	509	88.5	0.90

0.5OF+0.5CF = แปลงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี

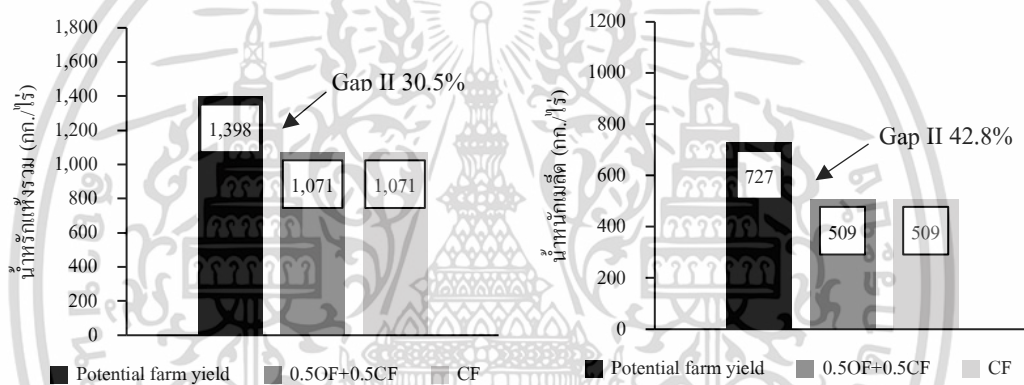
CF = แปลงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว

± = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 การวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตระหว่าง potential farm yield และ actual farm yield (Gap II) ของข้าวพันธุ์ กข49

ผลการการประเมิน potential farm yield โดย CSM-CERES-Rice model ในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF) โดยมีการให้ปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ตามวิธีการปฏิบัติของนักวิจัย สำหรับค่าน้ำหนักแห้งรวมและน้ำหนักเมล็ดที่แบบจำลองประเมินได้มีค่าเท่ากับ 1,398 และ 727 กก./ไร่ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการประเมินตามวิธีการปฏิบัติของเกษตรกร actual farm yield มีค่าน้ำหนักแห้งรวมและน้ำหนักเมล็ดเท่ากับ 1,071 และ 509 กก./ไร่ ตามลำดับ แสดงว่ามีช่องว่างของค่าน้ำหนักแห้งและน้ำหนักเมล็ดเกิดขึ้นเท่ากับ 30.5% และ 42.8% ตามลำดับ และมีช่องว่างเกิดขึ้นเท่ากันในทั้งสองแปลงปลูก (ภาพที่ 4.1)

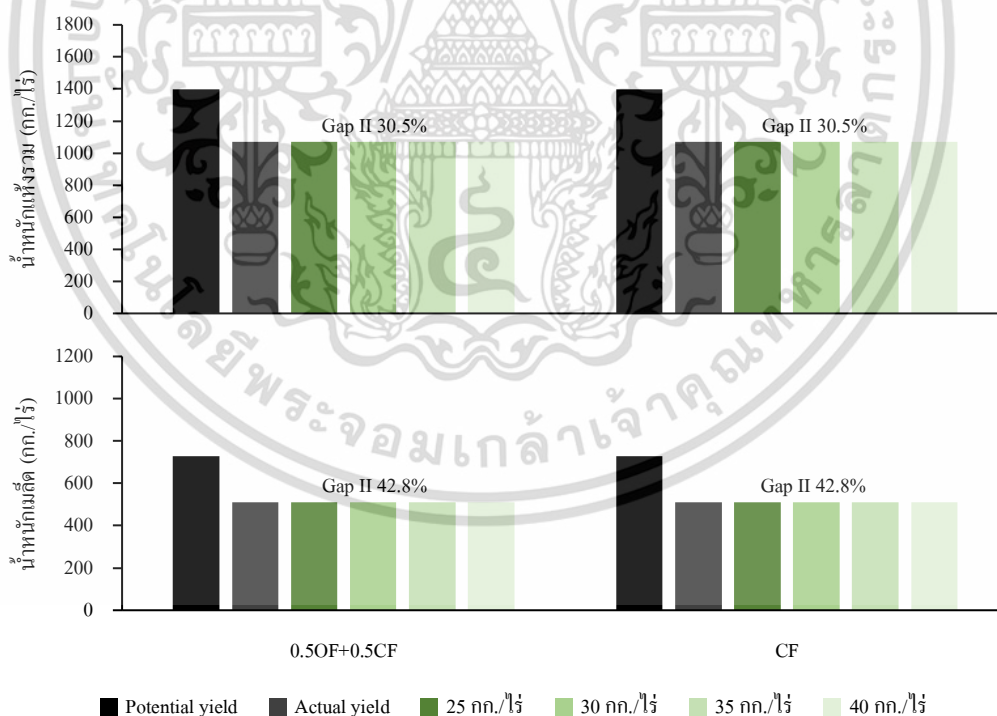


ภาพที่ 4.1 แสดงความแตกต่าง (Gap II) ของค่าน้ำหนักแห้งรวมและผลผลิตข้าวพันธุ์ กข49 ในแปลงเกษตรกรที่จำลองในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF)

4.3 การศึกษาส่วนที่ 3 การใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice วิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อช่องว่างผลผลิตของข้าวในแปลงเกษตรกรจังหวัดพิจิตร

4.3.1 ความอ่อนไหวของปุ๋ยไนโตรเจน

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัยปุ๋ย โดยทำการปรับเปลี่ยนปริมาณการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจากเดิมที่เกษตรกรใส่ คือ 20 กก./ไร่ เป็น 25, 30, 35 และ 40 กก./ไร่ พบว่าไม่มีผลทำให้ค่าน้ำหนักแห้งรวมและน้ำหนักเมล็ดเพิ่มขึ้นทั้งในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF) โดยการใส่ปุ๋ยในอัตราที่เพิ่มขึ้นครั้งละ 5 กก./ไร่ ข้าวยังคงมีน้ำหนักแห้งรวมและน้ำหนักเมล็ด เท่ากับ 1,071 และ 509 กก./ไร่ ตามลำดับ ซึ่งเท่ากับการใส่ปุ๋ยในอัตราเดียวกันกับที่เกษตรกรใส่ (actual yield) แสดงว่าปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนไม่น่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดช่องว่างของค่าน้ำหนักแห้งรวมและน้ำหนักเมล็ด เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้งรวมและน้ำหนักเมล็ดตามศักยภาพของพันธุ์ (potential yield) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,398 และ 727 กก./ไร่ แสดงว่ายังคงเกิดช่องว่างเท่ากับ 30.5% และ 42.8% ตามลำดับ (ภาพที่ 4.2)



ภาพที่ 4.2 ความอ่อนไหวของปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลกระทบต่อค่าน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักเมล็ดในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

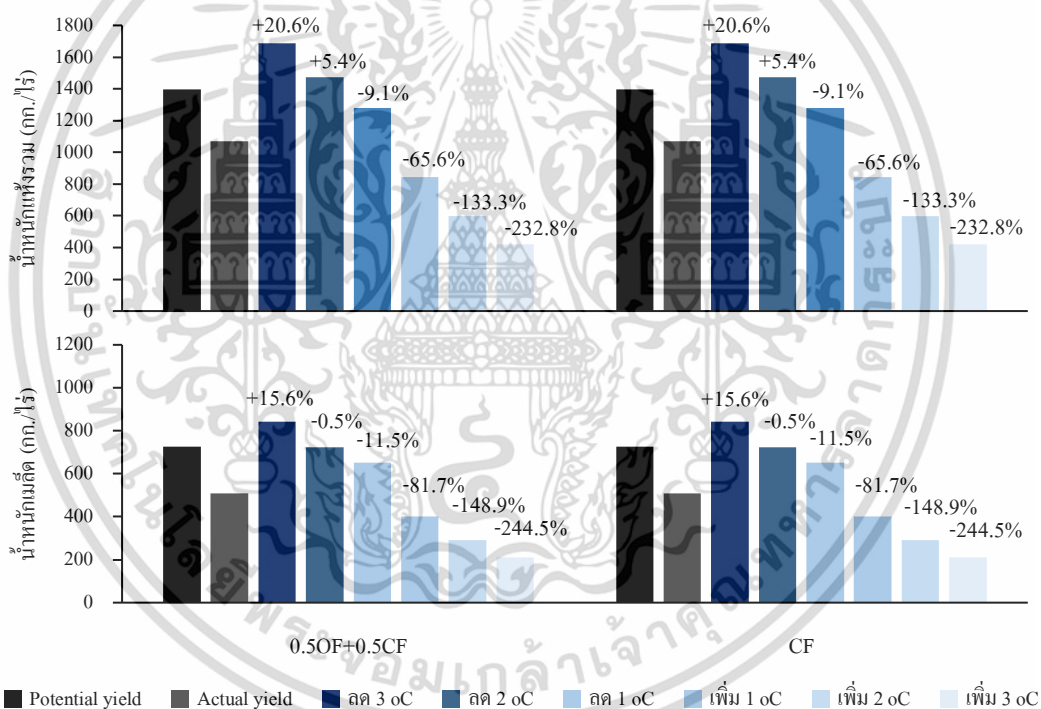
4.3.2 ความอ่อนไหวของอุณหภูมิ

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัยอุณหภูมิ โดยการปรับเพิ่มและลดอุณหภูมิรายวันครั้งละ 1°C เพื่อดูความอ่อนไหวของอุณหภูมิต่อค่าการระสมน้ำหนักแห้งและผลผลิต พบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยมีความสำคัญต่อการระสมน้ำหนักแห้งและให้ผลผลิตของข้าวมากที่สุดปัจจัยหนึ่ง จากเดิมที่ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่บันทึกจากแปลงเกษตรกรเท่ากับ 30.1°C ภายหลังจากมีการปรับลดอุณหภูมिरายวันลงวันละ $1, 2$ และ 3°C จะทำให้ตลอดช่วงปลูกข้าวมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยลดลงเหลือ $29.1, 28.1$ และ 27.1°C ตามลำดับ และมีผลทำให้ข้าวมีความสามารถในการระสมน้ำหนักแห้งรวมเพิ่มขึ้นเป็น $1,281, 1,474$ และ $1,686$ กก./ไร่ ตามลำดับ ในทำนองเดียวกันผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น $652, 723$ และ 841 กก./ไร่ ตามลำดับ แสดงว่าการปลูกข้าวในสภาพอากาศเย็นลงสามารถช่วยลดช่องว่างของน้ำหนักแห้งรวมและผลผลิตลงได้ เมื่อมีการปรับลดอุณหภูมिरายวันลงประมาณ 3°C ยังทำให้ข้าวมีการระสมน้ำหนักแห้งรวมและให้ผลผลิตสูงกว่าค่าตามศักยภาพของพันธุ์ (potential yield) อีกด้วย โดยการประเมินให้ผลเหมือนกันทั้งในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF) โดยภาพรวมเมื่อมีการปรับลดอุณหภูมिरายวันลงวันละ $1-3^{\circ}\text{C}$ จะทำให้มีช่องว่างของค่าน้ำหนักแห้งรวมและผลผลิตเกิดขึ้นเท่ากับ -9.1% ถึง $+20.6\%$ และ -11.5% ถึง $+15.6\%$ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.18 และ ภาพที่ 4.3)

ในทางตรงกันข้ามเมื่อมีการปรับเพิ่มอุณหภูมिरายวันขึ้นวันละ $1, 2$ และ 3°C จะทำให้ตลอดช่วงปลูกข้าวมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยลดลงเหลือ $30.1, 32.1$ และ 33.1°C ข้าวกลับมีการระสมน้ำหนักแห้งรวมและให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก โดยมีค่าน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ $844, 599$ และ 420 กก./ไร่ มีผลผลิตเท่ากับ $400, 292$ และ 211 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยการประเมินให้ผลเหมือนกันทั้งในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF) โดยภาพรวมเมื่อมีการปรับเพิ่มอุณหภูมिरายวันขึ้นวันละ $1-3^{\circ}\text{C}$ จะทำให้มีช่องว่างของค่าน้ำหนักแห้งรวมมากขึ้น โดยมีเท่ากับ -232.8% ถึง -65.6% และผลการประเมินพบว่าหากสภาพอากาศร้อนขึ้นจะส่งผลกระทบต่อทำให้ผลผลิตของข้าวอย่างมากและมีความอ่อนไหวมากกว่าการระสมน้ำหนักแห้ง โดยจะเกิดช่องว่างของผลผลิตเท่ากับ -244.5% ถึง -81.71% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.18 และ ภาพที่ 4.3)

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเมื่อมีการปรับลดและเพิ่มข้อมูลอุณหภูมิรายวันครั้งละ 1 2 และ 3 (°C) จากข้อมูลอุณหภูมิจริงในช่วงปลูกข้าว

ช่วงปลูกข้าว	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C) ก่อนการปรับค่า	การปรับลดและเพิ่มอุณหภูมิ (°C)					
		-1	-2	-3	+1	+2	+3
มิ.ย.	31.0	30.0	29.0	28.0	32.0	33.0	34.0
ก.ค.	30.2	29.2	28.2	27.2	31.2	32.2	33.2
ส.ค.	29.8	28.8	27.8	26.8	30.8	31.8	32.8
ก.ย.	29.5	28.5	27.5	26.5	30.5	31.5	32.5
เฉลี่ย	30.1	29.1	28.1	27.1	31.1	32.1	33.1

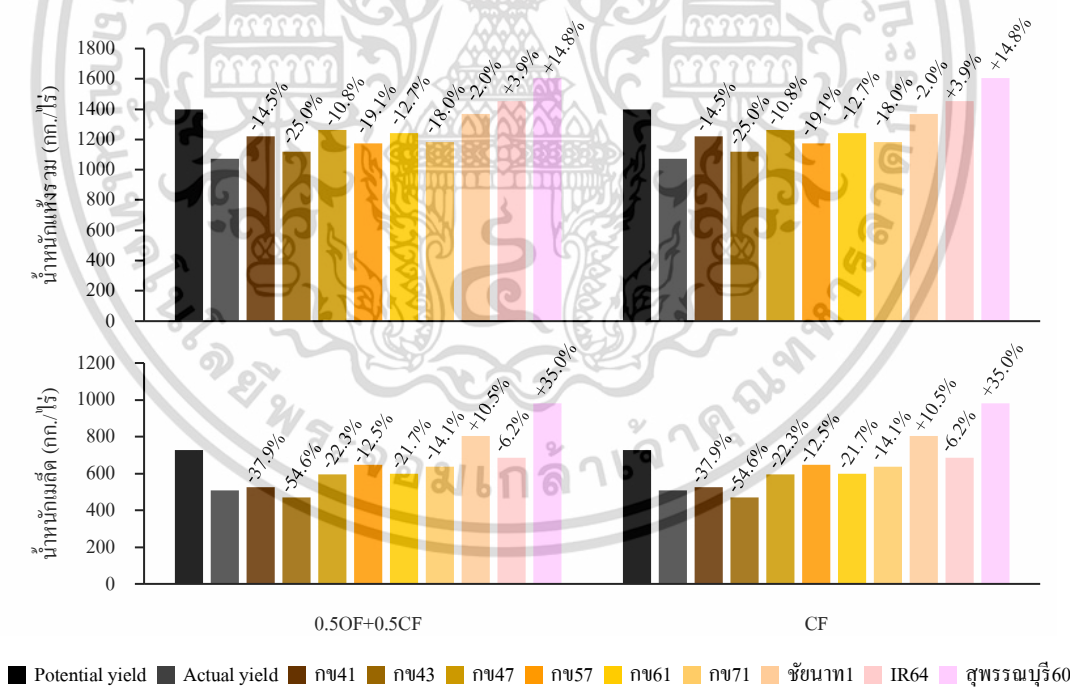


ภาพที่ 4.3 ความอ่อนไหวของอุณหภูมิที่มีผลกระทบต่อน้ำหนักรวม และน้ำหนักเมล็ดในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF)

4.3.3 ความอ่อนไหวของพันธุ์

การตัดสินใจในการเลือกใช้พันธุ์ข้าวให้เหมาะกับพื้นที่ปลูก มีความสำคัญต่อระดับการให้ผลผลิต เมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวโดยการเปลี่ยนพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการปลูก จากเดิมที่เกษตรกรเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลูกข้าวพันธุ์ กข49 เป็นข้าวพันธุ์อื่น ๆ ที่ได้จากการประเมินค่า GCs ศึกษาส่วนที่ 1 รวมทั้งการใช้ข้าวพันธุ์อื่น ๆ ที่มีค่า GCs อยู่แล้วมาใช้ในการประเมิน พบว่าระดับการให้ผลผลิตมีความอ่อนไหวพันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูก จากเดิมที่มีช่องว่างของค่าน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ 42.8% เมื่อเปลี่ยนไปใช้ข้าวพันธุ์ กข41 กข43 กข47 กข57 กข61 กข71 ชัยนาท 1 IR64 และสุพรรณบุรี 60 สามารถทำให้ขนาดของช่องว่างลดลงเหลือเพียง 14.5, 25.0, 10.8, 19.1, 12.7, 18.0 และ 2.0% ตามลำดับ ซึ่งข้าวพันธุ์ IR64 และสุพรรณบุรี 60 สามารถให้น้ำหนักแห้งรวมจากแปลงเกษตรกรรมมากกว่าผลผลิตสูงสุดตามศักยภาพของพันธุ์กข 49 มากกว่าประมาณ 3.9 และ 14.8% ตามลำดับ ส่วนของการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพันธุ์ข้าวที่ส่งผลต่อน้ำหนักเมล็ด พบว่าเมื่อเปลี่ยนไปปลูกข้าวพันธุ์ กข41 กข47 กข57 กข61 กข71 และ IR64 สามารถทำให้ขนาดของช่องว่างผลผลิตลดลงเหลือเท่ากับ 37.9, 22.3, 12.5, 21.7, 14.1 และ 6.2% ตามลำดับ และหากเปลี่ยนไปปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และสุพรรณบุรี 60 พบว่าสามารถยกระดับผลผลิตของข้าวได้สูงกว่าผลผลิตตามศักยภาพ (potential yield) ของข้าวพันธุ์กข 49 เท่ากับ 10.5 และ 35.0% ตามลำดับ (ภาพที่ 4.4) สำหรับผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัยพันธุ์ให้ผลสอดคล้องกันทั้งในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF)

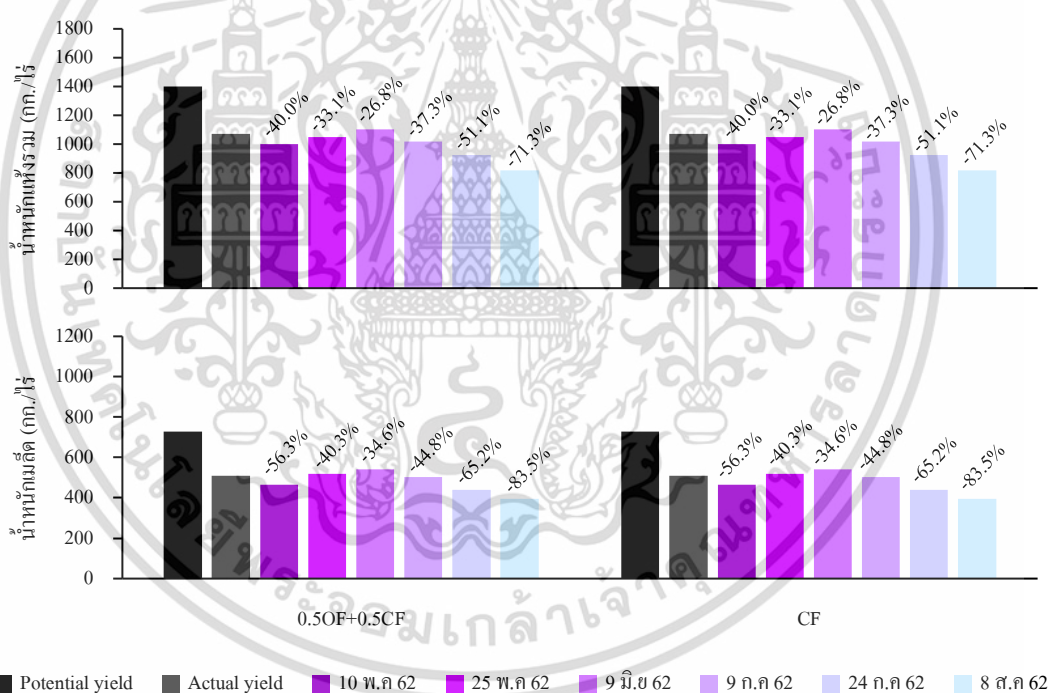


ภาพที่ 4.4 แสดงปัจจัยพันธุ์ข้าวที่มีผลกระทบต่อน้ำหนักแห้งรวมและน้ำหนักเมล็ด ในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ความอ่อนไหวของวันปลูก

วันปลูกเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งต่อการให้ผลผลิตของข้าว เมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหว โดยการเปลี่ยนวันปลูกจากเดิมที่เกษตรกรปลูกวันที่ 24 มิ.ย. 62 เป็นวันที่ 10 พ.ค. 62, 25 พ.ค. 62, 9 มิ.ย. 62, 9 ก.ค. 62, 24 ก.ค. 62 และ 8 ส.ค. 62 พบว่าหากมีการปลูกข้าวในวันที่ 9 มิ.ย. 62 จะทำให้ข้าวมีความสามารถในการสะสมน้ำหนักแห้งรวมเพิ่มขึ้นและสามารถลดช่องว่างลงเหลือ เพียง 26.8% ส่วนวันปลูกอื่น ๆ ไม่สามารถช่วยลดช่องว่างลงได้ ส่วนการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของวันปลูกที่ส่งผลต่อผลผลิต พบว่าหากเปลี่ยนไปปลูกข้าวในวันที่ 25 พ.ค. 62 และ 9 มิ.ย. 62 จะสามารถช่วยลดช่องว่างผลผลิตลงได้ แต่ลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จากวันปลูกเดิมที่เกษตรกรปลูกจะมีช่องว่างผลผลิตเท่ากับ 42.8% หากปลูกในวันที่ 25 พ.ค. 62 และ 9 มิ.ย. 62 ช่องว่างจะลดลงเหลือ 40.3 และ 34.6% ตามลำดับ ส่วนวันปลูกอื่น ๆ ไม่สามารถช่วยลดช่องว่างของผลผลิตลงได้ (ภาพที่ 4.5)



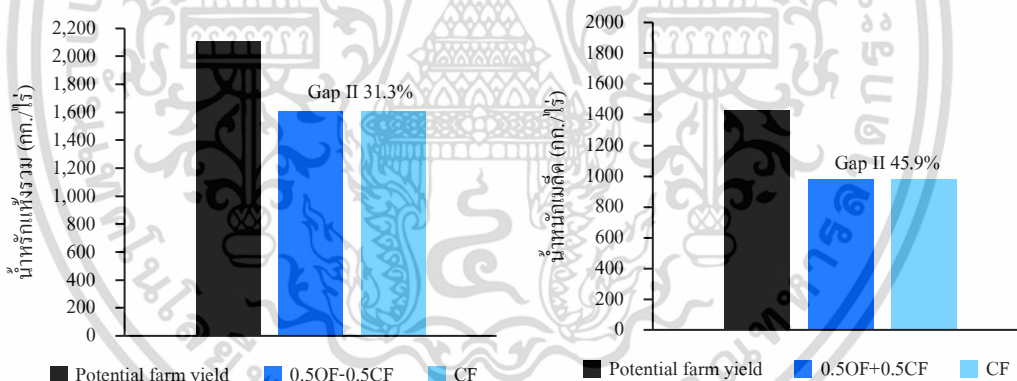
ภาพที่ 4.5 ความอ่อนไหวของวันปลูกที่มีผลกระทบต่อน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนัก เมล็ดในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 การวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตระหว่าง potential farm yield และ actual farm yield

(Gap II) ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60

จากผลการประเมินโดยใช้ข้อมูลตัวบ่อนต่าง ๆ จากแปลงเกษตรกรที่มีการเก็บบันทึก และทำการวิเคราะห์หาความอ่อนไหว โดยการเปลี่ยนไปใช้ข้าวหลาย ๆ พันธุ์ พบว่าข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 มีความเหมาะสมต่อพื้นที่ปลูกมากที่สุดเพราะเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ และสูงกว่าผลผลิตศักยภาพของพันธุ์ กข49 ดังนั้นควรมีการวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตระหว่าง potential farm yield และ actual farm yield (Gap II) ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 ผลการศึกษาพบว่า น้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักเมล็ดที่แบบจำลองประเมินได้มีค่าเท่ากับ 2,109 และ 1,433 กก./ไร่ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการประเมินตามวิธีการปฏิบัติของเกษตรกร actual farm yield มีค่า น้ำหนักแห้งรวมและน้ำหนักเมล็ดเท่ากับ 1,606 และ 982 กก./ไร่ ตามลำดับ แสดงว่ามีช่องว่างของค่า น้ำหนักแห้งและน้ำหนักเมล็ดเกิดขึ้นเท่ากับ 31.3% และ 45.9% ตามลำดับ (ภาพที่ 4.6) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับช่องว่างผลผลิตที่เกิดขึ้นกับข้าวพันธุ์ กข49 พบว่าข้าวพันธุ์สุพรรณบุรีมีช่องว่างของค่า น้ำหนักแห้งสูงกว่าเล็กน้อย อาจเป็นเพราะการให้ผลผลิตยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ด้วย ดังนั้นจึงควรมีการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

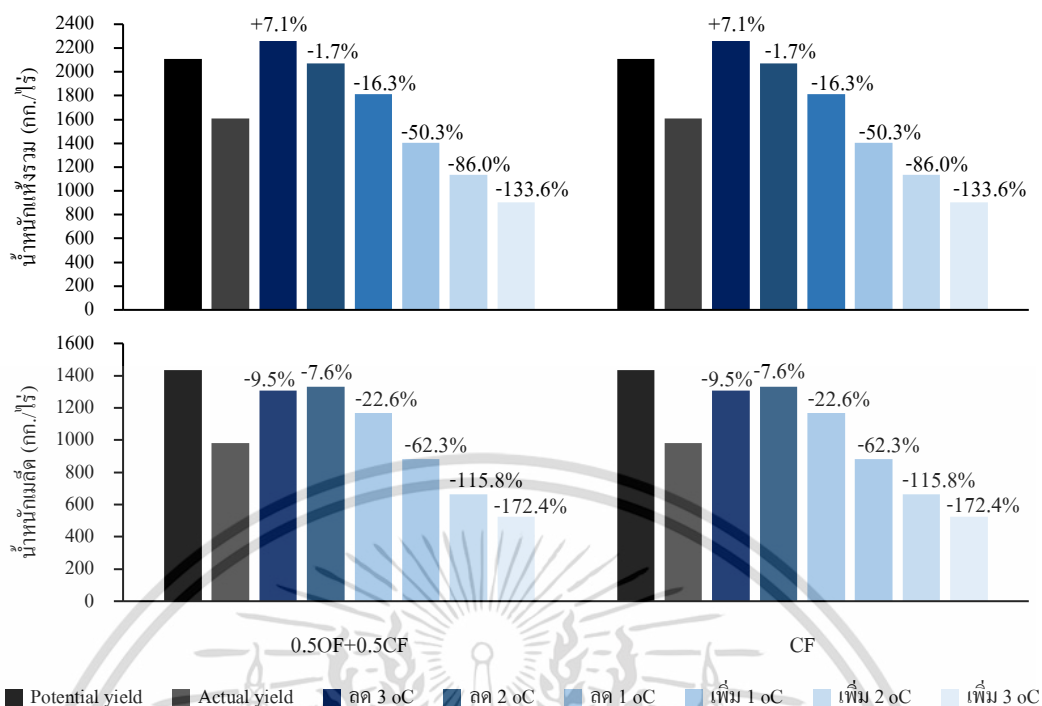


ภาพที่ 4.6 แสดงความแตกต่าง (Gap II) ของค่า น้ำหนักแห้งรวมและผลผลิตข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 ในแปลงเกษตรกรที่จำลองในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF)

4.3.6 ความอ่อนไหวของอุณหภูมิต่อผลผลิตของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัยอุณหภูมิเมื่อปรับเปลี่ยนพันธุ์ข้าวเป็นสุพรรณบุรี 60 โดยการปรับเพิ่มและลดอุณหภูมิรายวันครั้งละ 1°C เพื่อดูความอ่อนไหวของอุณหภูมิต่อการสะสมน้ำหนักรวมและผลผลิต สิ่งที่น่าสนใจพบว่าข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 มีการตอบสนองต่อสภาพที่มีอุณหภูมิสูงได้ดีกว่าข้าวพันธุ์ กข 49 แต่กลับตอบสนองต่อสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำได้ดีต่ำกว่า สังเกตได้จากเมื่อมีการปรับลดอุณหภูมिरายวันลงวันละ $1, 2$ และ 3°C ทำให้ข้าวมีค่าน้ำหนักรวมเท่ากับ 1,813, 2,073 และ 2,259 กก./ไร่ ส่วนผลผลิตมีค่าเท่ากับ 1,169, 1,332 และ 1,309 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยภาพรวมเมื่อมีการปรับลดอุณหภูมिरายวันลงวันละ $1-3^{\circ}\text{C}$ จะทำให้มีช่องว่างของค่าน้ำหนักรวมและผลผลิตเกิดขึ้นเท่ากับ -16.3% ถึง $+7.1\%$ และ -22.6% ถึง -7.6% ตามลำดับ การประเมินให้ผลเหมือนกันทั้งในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF) (ภาพที่ 4.7)

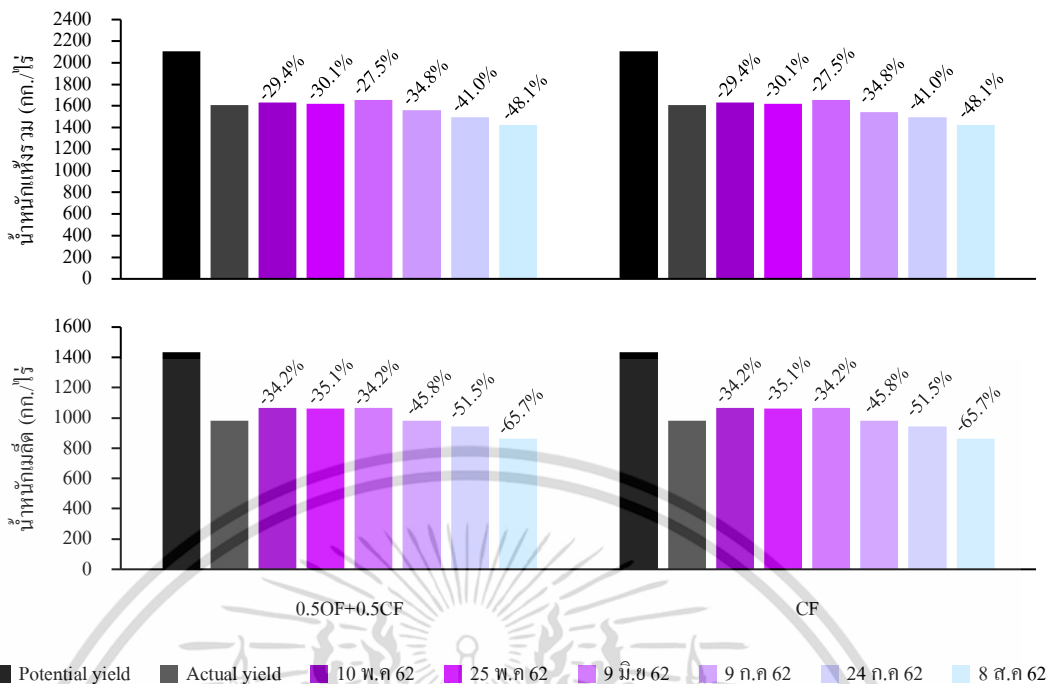
สำหรับการปรับเพิ่มอุณหภูมिरายวันขึ้นวันละ $1, 2$ และ 3°C แม้ว่าข้าวจะมีการสะสมน้ำหนักรวมและให้ผลผลิตลดลงต่ำกว่าศักยภาพของพันธุ์สุพรรณบุรีเอง แต่หากเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์โดยใช้พันธุ์ กข 49 ก่อนหน้านี้พบว่าข้าวพันธุ์สุพรรณบุรีมีความสามารถทนต่อสภาพอากาศที่ร้อนขึ้นได้ดีกว่า โดยมีค่าน้ำหนักรวมเท่ากับ 1,403, 1,134 และ 903 กก./ไร่ ผลผลิตเท่ากับ 883, 664 และ 903 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยภาพรวมเมื่อมีการปรับเพิ่มอุณหภูมिरายวันขึ้นวันละ $1-3^{\circ}\text{C}$ จะทำให้มีช่องว่างของค่าน้ำหนักรวมอยู่ระหว่าง -133.6% ถึง -50.3% ส่วนช่องว่างของผลผลิตอยู่ระหว่าง -172.4% ถึง -62.3% ตามลำดับ ข้อสังเกตหนึ่งคือ เมื่อมีการปรับเพิ่มอุณหภูมिरายวันขึ้นประมาณ $1-2^{\circ}\text{C}$ จะทำให้ข้าวสุพรรณบุรี 60 มีค่าน้ำหนักรวมและผลผลิตสูง แต่หากปรับไปถึง 3°C ค่าที่ได้จะต่ำลง โดยการประเมินให้ผลเหมือนกันทั้งในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF) (ภาพที่ 4.7)



ภาพที่ 4.7 ความอ่อนไหวของอุณหภูมิต่อน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักเมล็ดของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 ในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF)

4.3.7 ความอ่อนไหวของวันปลูกเมื่อเปลี่ยนเป็นข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60

เมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหว โดยการเปลี่ยนวันปลูกจากเดิมที่เกษตรกรปลูกวันที่ 24 มิ.ย. 62 การปรับขึ้นลงห่างกันครั้งละ 15 วัน โดยจำลองการปลูกข้าวในวันที่ 10 พ.ค., 25 พ.ค., 9 มิ.ย., 9 ก.ค., 24 ก.ค. และ 8 ส.ค. ปี 2562 เมื่อเปลี่ยนจากการปลูกข้าวพันธุ์ กข49 เป็นพันธุ์สุพรรณบุรี 60 พบว่าข้าวมีความสามารถในการสะสมน้ำหนักแห้งรวมเพิ่มขึ้นและสามารถลดช่องว่างลงเหลือเพียง 29.4, 30.1 และ 27.5% ตามลำดับ หากปลูกในวันที่ 10 พ.ค., 25 พ.ค. และ 9 มิ.ย. 62 ส่วนวันปลูกอื่นๆ ไม่สามารถช่วยลดช่องว่างลงได้ ส่วนการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของวันปลูกที่ส่งผลต่อการให้ผลผลิต พบว่าหากเปลี่ยนไปปลูกข้าวในวันที่ 10 พ.ค., 25 พ.ค. และ 9 มิ.ย. 62 จะสามารถช่วยลดช่องว่างผลผลิตลงได้ จากวันปลูกเดิมที่เกษตรกรปลูกจะมีช่องว่างผลผลิตเท่ากับ 34.2, 35.1 และ 34.2% ตามลำดับ และหากเปลี่ยนไปปลูกวันที่ 9 ก.ค. 62 ช่องว่างจะลดลงน้อยมาก โดยมีความแตกต่างอยู่ประมาณ 45.8% ส่วนวันปลูกอื่นๆ พบว่าไม่สามารถช่วยลดช่องว่างของผลผลิตลงได้ (ภาพที่ 4.8)



ภาพที่ 4.8 ความอ่อนไหวของวันปลูกต่อน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักเมล็ดของข้าวพันธุ์สุวรรณบุรี 60 ในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การศึกษาส่วนที่ 1 การศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต และการหาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ไม่วางแสงจำนวน 7 พันธุ์

จากการเปรียบเทียบลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไม่วางแสงจำนวน 7 พันธุ์ ประกอบด้วย กข41 กข43 กข47 กข49 กข57 กข61 และกข71 ที่ปลูกในวันปลูกที่แตกต่างกันจำนวน 4 วันปลูก ประกอบด้วย วันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) วันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) วันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63) และวันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63) โดยเป็นการปลูกในกระถางพลาสติกที่มีขนาดเท่ากับ 12 นิ้ว พบว่าข้าวพันธุ์ กข71 เป็นพันธุ์ที่มีอัตราการเจริญเติบโต (CGR) ที่ระยะ 60 วัน หลังปลูกถึงเก็บเกี่ยวเฉลี่ยจากทั้ง 4 วันปลูกเท่ากับ 15.88 ก./ตร.ม./วัน ซึ่งมากกว่าพันธุ์อื่น ๆ ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 2.12 - 13.32 ก./ตร.ม./วัน จึงส่งผลทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับงานทดลองของพรเพ็ญ สมจิตร และนิตยา ผกามาศ (2555) ซึ่งรายงานว่าการจะให้ผลผลิตสูงหากมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีในช่วงระยะ 45 วันหลังปักดำถึงเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นระยะการเจริญเติบโตที่มีความเกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตของข้าวไม่วางแสงสูงถึง 47.94% รองลงมาคือ อัตราการเจริญเติบโตในช่วงระยะ 30 วันหลังปักดำ และระยะ 30 วันถึง 45 วันหลังปักดำคิดเป็นสัดส่วน 25.55% และ 7.54% ตามลำดับ โดย Takai et al. (2006) อธิบายว่าความแตกต่างของจีโนไทป์ในผลผลิตเมล็ดมีความสัมพันธ์กับ CGR ในช่วงปลายระยะการสืบพันธุ์ เนื่องจากหากข้าวมีค่า CGR ในช่วงนี้สูงขึ้นจะทำให้ข้าวมีจำนวนดอกมาก และหากค่า CGR สูงขึ้นจะทำให้ข้าวมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตที่ส่วนลำต้นและกาบใบมากขึ้น โดยเป็นช่วงเวลาที่มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับการโยกย้ายอย่างรวดเร็วของคาร์โบไฮเดรตไปยังช่อดอกในช่วงเริ่มต้นของการเติมเต็มเมล็ด แต่อย่างไรก็ตามค่า CGR ของข้าวจะสูงหรือต่ำนั้นขึ้นอยู่กับอัตราการสังเคราะห์แสงของพืช ซึ่งอัตราการสังเคราะห์แสงของพืชนั้นก็ขึ้นอยู่กับพื้นที่ใบ (LA) หรือดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ของข้าว (Horie et al., 2003) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าข้าวพันธุ์ กข71 ให้ค่าน้ำหนักเมล็ด และอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะ 60 วัน ถึงเก็บเกี่ยว มากที่สุดในทั้ง 4 วันปลูก โดยมีค่าน้ำหนักเมล็ดอยู่ระหว่าง 514 – 743 กก./ไร่ และอัตราการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 12.59 – 18.76 ก./ตร.ม./วัน

สำหรับผลที่ได้จากการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (GCs) ของข้าวไม่วางแสงจำนวน 7 พันธุ์โดยใช้โปรแกรม GLUE ที่บรรจุอยู่ใน DSSAT โดยปกติแล้วข้าวแต่ละพันธุ์จะมีข้อมูลทั้งลักษณะด้านระยะพัฒนาการและการเจริญเติบโตที่มีความเฉพาะเจาะจง เมื่อพิจารณาค่า GCs ที่ประเมินได้พบว่าส่วนใหญ่ข้าวทุกพันธุ์จะมีค่า G4 น้อยกว่า 1.00 ยกเว้นพันธุ์ กข61 และกข

71 ที่มีค่าเท่ากับ 1.10 และ 1.01 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในช่วงการทดลองพบว่าสภาพอากาศมีอุณหภูมิที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่อนข้างแปรปรวน โดยในวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) ในช่วงที่ข้าวเริ่มแตกกอ สภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลง โดยเกิดอุณหภูมิลดลงอย่างกะทันหัน และมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิเย็นเป็นเวลาประมาณ 1 สัปดาห์ โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 23.6°C ซึ่งปกติแล้วอุณหภูมิที่เหมาะสมในช่วงระยะแตกกอจะอยู่ในช่วง $25 - 31^{\circ}\text{C}$ (Gupta and O'Toole, 1986) และตลอดฤดูปลูกที่ 1 มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง $24.9 - 33.3^{\circ}\text{C}$ ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมในการปลูกข้าวอยู่ในช่วง $27 - 32^{\circ}\text{C}$ (Summerfield et al., 1992) โดยถ้าอุณหภูมิต่ำในระหว่างพัฒนาช่อรวงจะส่งผลต่อให้ข้าวเป็นหมันเพิ่มขึ้น (Gunawardena et al., 2003) ในทำนองเดียวกันถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปก็ทำให้ข้าวเป็นหมันได้ (Matsui et al., 2000) จากคำนิยามของ G4 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความทนทานเชิงอุณหภูมิโดยจะมีค่าเท่ากับ 1.00 สำหรับปลูกในสภาพปกติค่า G4 สำหรับข้าวชนิด Japonica ที่ปลูกในสภาพที่ร้อนจะเท่ากับหรือมากกว่า 1.00 และค่า G4 สำหรับข้าวชนิด Indica ในสภาพอากาศเย็นจะน้อยกว่า 1.00 และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การแตกกอ (G3) โดยจะเป็นการเปรียบเทียบกับพันธุ์ IR64 ซึ่งพันธุ์ที่มีการแตกกอสูงกว่า ข้าวพันธุ์ IR64 จะมีค่า G3 ที่มากกว่า 1.0 โดยพันธุ์ IR64 ที่ใช้เป็นพันธุ์เริ่มต้นจะมีค่า G3 เท่ากับ 1.0 ซึ่งพบว่าการประเมินค่า GCs โดยใช้โปรแกรม GLUE จะสามารถปรับค่า G3 ให้อยู่ในระดับต่ำๆ ซึ่งน้อยกว่า 1.0 ในทุก ๆ พันธุ์ เพื่อที่จะให้อัตราการแตกกอหรือความหนาแน่นของรวงใกล้เคียงกับที่วัดจริงรวมทั้งไม่ทำให้การคำนวณผลผลิตคลาดเคลื่อนมากเกินไป (จิรวัดน์ เวชแพศย์ และคณะ, 2543) จากผลการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (model calibration) โดยอาศัยข้อมูลของวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) วันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63) และวันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63) โดยให้โปรแกรมปรับค่า GCs เป็นการคำนวณแบบสุ่มในการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ภายใต้ช่วงค่าข้อมูลสูงสุดและค่าต่ำสุดที่กำหนดของแต่ละค่าสัมประสิทธิ์ สำหรับจำนวนรอบในการปรับเพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมนั้น ผู้พัฒนาโปรแกรมแนะนำให้เริ่มต้นที่ 6,000 รอบ (3,000 รอบของค่าพัฒนาการ และ 3,000 รอบของค่าการเจริญเติบโต) (ชิษณุชา บุคดาบุญ และคณะ, 2554)

เมื่อนำค่า GCs ที่ประเมินได้ในการศึกษาครั้งนี้ ไปใช้ในการจำลองข้อมูลระยะพัฒนาการ การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวในแต่ละวันปลูก พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินระยะพัฒนาการของข้าวทุกพันธุ์ได้ดีมาก ส่วนน้ำหนักแห้งรวมพบว่าแบบจำลองทำนายได้ดีต่ำกว่าค่าที่สังเกตได้จากแปลงทดลอง สอดคล้องกับการศึกษาของ Tongyai (1994) ที่พบว่าแบบจำลองทำนายมวลชีวภาพได้ดีกว่าข้อมูลจริงประมาณ 0.8 - 1.0 ตัน/เฮกตาร์ (9 - 13%) แต่อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวที่ประเมินได้สามารถทำนายลักษณะพัฒนาการของข้าวได้ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการสังเกตจริงจากแปลงทดลอง โดยพบว่าข้าวพันธุ์ กข41 มีค่า RMSEn น้อยที่สุด และ กข61 มีค่ามากที่สุด ในทั้ง 3 วันปลูกของชุด model calibration ข้าวพันธุ์ กข41 มีค่า P2R สูงที่สุดเท่ากับ 120.3°C ค่าทำนายสำหรับวันกำเนิดรวงคือ 54 วัน และค่าสังเกตที่ได้จากแปลงคือ 54 วัน ในทางตรงกันข้ามพบว่าข้าวพันธุ์ กข61 มีค่า P2R ต่ำสุดที่ 89.0°C ค่าทำนายสำหรับวัน

วันกำเนิดรวงคือ 54 วัน และค่าสังเกตที่ได้จากแปลงคือ 34 วัน เนื่องจากข้าวพันธุ์ กข61 เป็นพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบาที่มีอายุสั้น จึงส่งผลต่อค่า P2R ที่ประเมินได้ ส่วนข้าวพันธุ์ กข41 เป็นข้าวพันธุ์กลางที่มีอายุเก็บเกี่ยวยาวกว่าจึงทำให้เกิดความแตกต่างกันมากของค่า P2R ของข้าวทั้ง 2 พันธุ์นี้ ในทำนองเดียวกับ วันออกดอก และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา และพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (P5) ข้าวพันธุ์ กข61 อุณหภูมิสะสมสูงที่สุด (336.0 °C) แสดงว่ามีเวลานานที่สุดในการสะสมน้ำหนักรเมล็ด ในขณะที่ กข41 มีอุณหภูมิสะสม 326.3 °C แสดงว่าข้าวพันธุ์ กข41 มีการเจริญเติบโตในระยะพัฒนาการอย่างรวดเร็ว มีการแตกกอสูง ต้นใหญ่ ออกดอกช้า และสุกแก่ทางสรีรวิทยาช้า ซึ่งวันปลูกเป็นส่วนสำคัญต่อการสะสมของน้ำหนักรวมมากที่สุด แม้ว่าวันปลูกที่เลือกใช้จะอยู่ในช่วงฤดูนาปรังทั้งหมด แต่ก็มีความแปรปรวนของอุณหภูมิดังที่กล่าวไปก่อนหน้านี้ ในทำนองเดียวกันกับน้ำหนักรเมล็ดที่วันปลูกส่งผลต่อค่าน้ำหนักรเมล็ด ซึ่งวันปลูกที่ต่างกันจะทำให้ข้าวเจออณหภูมิต่างกันออกไป โดยในวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) ข้าวจะสัมผัสกับอุณหภูมิต่ำ และค่อนข้างแปรปรวน ส่วนในวันที่ปลูก 2 (23 ธ.ค. 62) วันปลูกที่ 3 (23 ม.ค. 63) และวันปลูกที่ 4 (23 ก.พ. 63) ข้าวจะสัมผัสกับอุณหภูมิสูงกว่า ซึ่งอุณหภูมิสูงมีผลอย่างมากต่อน้ำหนักรเมล็ด

สำหรับการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (model validation) โดยอาศัยข้อมูลของวันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายลักษณะด้านพัฒนาการของข้าว ทุกพันธุ์ได้ดีมากสอดคล้องกับการศึกษาของ Jintrawet (1995) ที่รายงานว่าการจำลอง CERES-Rice สามารถทำนายระยะพัฒนาการของข้าวพันธุ์ไม่ไวแสงได้อย่างแม่นยำ อย่างไรก็ตามเมื่อนำแบบจำลองมาทำนายผลผลิตและน้ำหนักรวม พบว่าแบบจำลองทำนายได้สูงกว่าค่าสังเกตจริงจากแปลงทดลอง สอดคล้องกับการศึกษาของ Tongyai (1994) พบว่าแบบจำลอง CERES-Rice ทำนายผลผลิตเมล็ดสูงกว่าข้อมูลจริงประมาณ 0.2 - 0.3 ตัน/เฮกตาร์ (4 - 7%) ส่วนหนึ่งอาจเนื่องมาจากแบบจำลองไม่สามารถ จำลองกระบวนการเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรูพืชได้ และการเก็บตัวอย่างอาจมีใบข้าวที่แก่ และย่อยสลายไปก่อนการสุ่มเก็บตัวอย่างจึงทำให้ค่าที่ได้จากการสังเกตต่ำกว่าค่าที่ได้จากการจำลอง (ชิษนุชา บุคดาบุญ และคณะ, 2554) โดยจากการศึกษาพบว่า พันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มีค่าจากการจำลองสูงกว่าค่าสังเกต ยกเว้นพันธุ์ กข71 ซึ่งมีค่าที่ได้จากการจำลองต่ำกว่าค่าที่สังเกต และเฉพาะพันธุ์ กข57 และ กข61 ที่สามารถทำนายน้ำหนักรวมได้ดี ซึ่งสาเหตุของการทำนายที่ไม่ดีของแบบจำลองนี้อาจมาจากความซับซ้อนของลักษณะต่าง ๆ ของข้าว ดังนั้นการทดลองที่มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือการปรับความห่างของวันปลูกเพื่อให้ครอบคลุมทุกสภาพอากาศ อีกทั้งมีการจัดการที่รอบคอบมากขึ้นอาจทำให้แบบจำลองสามารถทำนายได้อย่างแม่นยำมากยิ่งขึ้น

ในการศึกษาครั้งนี้ข้าวบางพันธุ์สามารถปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมโดยใช้จำนวนรอบ 12,000 รอบก็สามารถทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ที่ประเมินได้นั้นสามารถทำให้ค่าที่ได้จากการจำลองมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการสังเกตในแปลง แต่ข้าวบางพันธุ์ เช่น กข41 กข49 และ กข61 ใช้จำนวนรอบในการปรับสูงถึง 15,000 รอบจึงจะสามารถทำให้ค่าที่ได้จากการจำลองกับค่า

สังเกตที่ได้จากในแปลงมีความใกล้เคียงกันได้ และสาเหตุที่ทำให้ผลผลิตที่ได้จากแปลงทดลองต่ำกว่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่าผลผลิตที่ได้จากการจำลอง ในวันปลูกที่ 1 (23 พ.ย. 62) คือ ในระหว่างการทดลองนั้นสภาพอากาศ มีความแปรปรวน โดยมีอุณหภูมิที่อาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าว และสภาพอากาศเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ส่วนปัจจัยอื่นๆ ผู้วิจัยได้มีการควบคุมอย่างเต็มที่เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อศักยภาพการแสดงออกของพันธุ์ เช่น การให้น้ำ การให้ปุ๋ย และการจัดการอื่น ๆ เป็นต้น จากผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว ซึ่งให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมมีผลต่อการทำนายลักษณะต่าง ๆ ดังนั้นเพื่อให้การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมครอบคลุมสภาพแวดล้อมมากขึ้นควรมีการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมโดยปรับความห่างของแต่ละวันปลูกให้ยาวขึ้นและครอบคลุมในทุกสภาพอากาศ หรือปรับปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ดีและเป็นตัวแทนประจำพันธุ์นั้น ๆ และสามารถนำไปใช้ได้ต่อไป

5.2 การศึกษาส่วนที่ 2 การใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice เพื่อประเมินการเจริญเติบโต ผลผลิต และวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข49 ในแปลงเกษตรกรจังหวัด พิจิตร

เมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ กข49 จากการศึกษาส่วนที่ 1 แล้ว จึงนำมาใช้เป็นข้อมูลตัวป้อนให้กับแบบจำลอง CSM-CERES-Rice เพื่อใช้ในการประเมินค่าช่องว่างผลผลิตของข้าว สำหรับงานวิจัยด้านการประมาณค่าช่องว่างของผลผลิตของพืชที่ผ่านมา วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ช่องว่างของผลผลิตยังมีจุดอ่อนอยู่เนื่องจากการนำเอาข้อมูลผลผลิตที่ผลิตได้ในสถานีทดลองมาเป็นข้อมูลผลผลิตที่ได้ตามศักยภาพ (potential yield) และใช้ข้อมูลผลผลิตที่ได้จากรายงานสถิติ หรือที่ได้จากการสัมภาษณ์เกษตรกร มาเป็นข้อมูลผลผลิตที่ได้รับจริงของเกษตรกร (actual yield) เพื่อทำการเปรียบเทียบ (Gomez, 1977; De Data et al., 1978) โดยเป็นการประเมินภายใต้สภาพที่ปัจจัยการผลิตทุกอย่างเหมาะสม ยกเว้นปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น แสง อุณหภูมิ และน้ำ จากการวิเคราะห์ช่องว่างของผลผลิตข้าวในการศึกษาค้างนี้ ใช้ข้อมูลของเกษตรกรที่มีการปลูกข้าว 2 รูปแบบ คือ แปลงที่มีใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF) ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี t-test พบว่าข้าวทั้งสองแปลงมีค่าน้ำหนักแห้งรวมที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่สำหรับน้ำหนักเมล็ดพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยแปลง 0.5OF+0.5CF ให้น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยอยู่ที่ 261 กก./ไร่ และแปลง CF ให้น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยอยู่ที่ 270 กก./ไร่ จะเห็นได้ว่าผลผลิตที่ได้ทั้ง 2 แปลงนั้นมีปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ ซึ่งสาเหตุอาจเนื่องมาจากปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ที่เกษตรกรใช้มีปริมาณที่น้อยเกินกว่าจะทำให้เกิดความแตกต่างมากสำหรับการเจริญเติบโตและผลผลิต

เมื่อทำการวิเคราะห์ช่องว่างระหว่างผลผลิตสูงสุดที่ควรจะเป็นไปได้ กับผลผลิตที่ได้จากแปลงเกษตรกร (Gap II) พบว่ามีช่องว่างของน้ำหนักรวมเกิดขึ้น 30.5% และช่องว่างผลผลิตเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดขึ้น 42.8% สำหรับจากการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดช่องว่างผลผลิต Gomez (1977) ระบุว่า สาเหตุของช่องว่างผลผลิต เกิดจากข้อจำกัด 2 ด้าน คือ 1) ด้านกายภาพและชีวภาพ ได้แก่ สภาพภูมิประเทศ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน น้ำ พันธุ์พืช วัชพืช และ ศัตรูพืช และ 2) ข้อจำกัดด้านสภาพเศรษฐกิจและสังคม ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการผลิต แรงงาน ทักษะคน และความรู้ เป็นต้น โดยสอดคล้องกับการทดลองในครั้งนี้ที่ในการสุ่มเก็บตัวอย่างจริงจากแปลงเกษตรกรนั้น มีวัชพืชในแปลงอยู่เป็นจำนวนมากโดยเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยในแปลง $0.50F+0.5CF$ มีปริมาณวัชพืชเฉลี่ยเท่ากับ 463 กก./ไร่ และแปลง CF มีปริมาณวัชพืชเฉลี่ยเท่ากับ 392 กก./ไร่ ซึ่งเกิดจากการจัดการที่ไม่เหมาะสม ทั้งในด้านของการเตรียมดิน และการคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการปลูก ซึ่งถ้ามีการจัดการที่เหมาะสมจะทำให้ข้าวมีความสามารถในการแข่งขันกับวัชพืชได้ดีมากยิ่งขึ้น และจะทำให้ได้ผลผลิตที่สูงขึ้น นอกจากนี้ในช่วงฤดูปลูกข้าวของเกษตรกรมีปริมาณน้ำที่ค่อนข้างน้อยโดยตลอดช่วงปลูกมีปริมาณน้ำฝนสะสมอยู่ที่ 21 มม. อีกทั้งจากการลงพื้นที่สังเกตเห็นได้ว่าน้ำที่ได้จากแหล่งน้ำชลประทานยังมีปริมาณที่น้อยเช่นกัน จึงไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำของข้าวที่มีความต้องการน้ำตลอดฤดูปลูกสูงถึง 1,920 ลบ.ม./ไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2560)

โดยในการศึกษาครั้งนี้มีการลงพื้นที่เก็บข้อมูลในแปลงเกษตรกร จึงอาจทำมีอุปสรรคในบางเรื่อง เช่นการทำความเข้าใจ หรือการสื่อสารกับเกษตรกร ซึ่งมีข้อมูลบางอย่างที่ต้องขอความช่วยเหลือให้เกษตรกรช่วยจัดบันทึก เช่น วันปลูก วันงอก วันแตกกอ วันกำเนิดช่อดอก และวันเก็บเกี่ยว เนื่องจากพื้นที่ปลูกศึกษาอยู่ไกลไม่สามารถเดินทางไปได้บ่อย ๆ อย่างไรก็ตามการประเมินช่องว่างของผลผลิตอาจจะต้องมีการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์มากกว่า 1 ปี เนื่องจากในแต่ละปีสภาพอากาศจะมีความแปรปรวน เพื่อให้ได้ข้อมูลสภาพแวดล้อมที่มีความหลากหลาย และช่วยให้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice สามารถประเมินช่องว่างผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการผลิต นอกจากนี้แบบจำลองยังสามารถนำมาวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis) ด้วยวิธีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยการผลิต เช่น การให้น้ำ การให้ปุ๋ย ระดับไนโตรเจน และอุณหภูมิ เป็นต้น (อรรถชัย จินตะเวช และคณะ, 2543) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดช่องว่างผลผลิตซึ่งได้กล่าวไปก่อนหน้านี้

5.3 การศึกษาส่วนที่ 3 การใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice วิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ

ช่องว่างผลผลิตของข้าวในแปลงเกษตรกรจังหวัดพิจิตร

เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักของการศึกษานี้ต้องการศึกษาข้อมูลการให้ผลผลิตของข้าว โดยจากผลการศึกษาส่วนที่ 2 แสดงให้เห็นว่าข้าวทั้งสองแปลงมีการให้ผลผลิตอยู่ในระดับต่ำกว่าศักยภาพการให้ผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข49 โดยมีผลผลิตเท่ากับ 509 กก./ไร่ แต่หากมีการจัดการที่ดีสามารถให้ผลผลิตสูงเฉลี่ย 733 กก./ไร่ (กองวิจัยและพัฒนาข้าว, 2551) แสดงว่านอกจากปัจจัยเรื่องเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการจัดการปุ๋ยแล้ว คาดว่าน่าจะมีสาเหตุมาจากปัจจัยอื่น ๆ ดังนั้น การศึกษาส่วนนี้ต้องการวิเคราะห์ความอ่อนไหวเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดช่องว่างของ ผลผลิตข้าว โดยเน้นที่ปัจจัยที่เกษตรกรสามารถจัดการได้ เพื่อหาแนวทางในการยกระดับผลผลิตใน แปลงเกษตรกร จากการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ การเกิดช่องว่างผลผลิตของข้าว โดยใช้ แบบจำลอง CERES-Rice พบว่าข้าวพันธุ์ กข49 มีความอ่อนไหวต่ออุณหภูมิที่ลง ซึ่งเมื่อทดลอง ปรับลดอุณหภูมิรายวันลงประมาณ 2 - 3 °C จะทำให้ข้าวมีผลผลิตเพิ่มขึ้นและมีระดับผลผลิตสูงกว่า ศักยภาพการให้ผลผลิตของพันธุ์ ซึ่งข้อมูลอุณหภูมิที่บันทึกจากแปลงปลูกข้าวในช่วงฤดูปลูกพบว่า ที่ระยะแตกกอ และระยะเต็มเต็มเมล็ด บริเวณแปลงปลูกมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 30.2 และ 29.5 °C ตามลำดับ ซึ่งมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูงจึงอาจจะส่งผลกระทบต่อ การให้ผลผลิตของข้าว โดยอุณหภูมิ ที่เหมาะสมจะอยู่ที่ 25-31 °C ที่ระยะแตกกอ และ 20-25 °C ที่ช่วงการเต็มเต็มเมล็ด (Gupta and O'Toole, 1986) หากอุณหภูมิสูงกว่าระดับที่เหมาะสมจะเป็นอันตรายต่อข้าว ส่งผลต่อการ เจริญเติบโต การพัฒนา และยังทำให้ผลผลิตเมล็ดลดลงในที่สุด (Fahad et al., 2015) ซึ่งสอดคล้อง กับความอ่อนไหวของปัจจัยวันปลูกโดยเมื่อเปลี่ยนวันปลูกจะทำให้ระยะแตกกอ และช่วงการเต็ม เต็มเมล็ดของข้าว ซึ่งเป็นช่วงที่สำคัญในการให้ผลผลิต ไม่ได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิที่สูง จนเกินไปจากวันปลูกเดิมที่เกษตรกรปลูก อย่างไรก็ตามเนื่องจากตลอดฤดูปลูกมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ ค่อนข้างสูงจึงยังไม่สามารถที่จะทำให้ผลผลิตมากกว่าผลผลิตสูงสุดที่จะเป็นไปได้ในแปลง เกษตรกร

เมื่อพิจารณาความอ่อนไหว โดยการเปลี่ยน ไปปลูกข้าวพันธุ์อื่น ๆ พบว่าข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 60 สามารถการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวพันธุ์ กข49 สูงสุดที่ควรจะเป็นไปได้ในแปลงเกษตรกร (potential farm yield) โดยผลประเมินพบว่าให้ค่าน้ำหนักแห้งรวมและ ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ กข49 ประมาณ 14.8 และ 35.0% ตามลำดับ และเมื่อนำข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 มาวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิต (Gap II) ในแปลงเกษตรกรยังคงเกิดช่องว่างผลผลิตของน้ำหนักแห้ง รวมและน้ำหนักเมล็ด เท่ากับ 31.3 และ 45.9% ตามลำดับและเมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัย อุณหภูมิ และวันปลูกก็ให้ผลไปในทำนองเดียวกันกับข้าวพันธุ์ กข49 โดยเมื่ออุณหภูมิลดลง 1 2 และ 3 °C จะทำให้ช่องว่างของน้ำหนักเมล็ดลดลงเหลือ 22.6 7.6 และ 9.5% ตามลำดับ เมื่อเปลี่ยน วันปลูกเป็น 9 มิ.ย. 62 จะทำให้ช่องว่างของน้ำหนักเมล็ดลดลงเหลือ 34.2%

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าแบบจำลอง CSM-CERES-Rice สามารถใช้วิเคราะห์ช่องว่าง ผลผลิตและวิเคราะห์ความอ่อนไหวได้ โดยชี้ให้เห็นถึงสาเหตุที่ก่อให้เกิดช่องว่างผลผลิต (Gap II) ระหว่างผลผลิตจริงในแปลงเกษตรกร (actual farm yield) กับผลผลิตสูงสุดที่ควรจะเป็นไปได้ (potential farm yield) ซึ่งงานวิจัยในครั้งนี้เกิดจากปัจจัยทางด้านชีวภาพ คือ การระบาดของวัชพืช เป็นหลัก อีกทั้งการเลือกวันปลูก และพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมยังสามารถช่วยลดช่องว่างผลผลิตลดลง ได้ ดังนั้นหากเกษตรกรนำความรู้นี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการวางแผนการผลิตข้าว เช่น เลือก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงปลูก และพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมกับพื้นที่ของเกษตรกรเอง จะสามารถยกระดับผลผลิตข้าวให้สูงขึ้นได้ ส่วนในเรื่องของวัชพืชที่มีการระบาดหากเกษตรกรมีการจัดการเตรียมดินที่ดีก็จะสามารถช่วยลดการระบาดของวัชพืชลงได้ จึงควรสร้างความเข้าใจให้เกษตรกรตระหนักในประเด็นนี้ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาส่วนที่ 1 การศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต และการหาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ไม่วางแสงจำนวน 7 พันธุ์ พบว่าวันปลูกที่ 2 (23 ธ.ค. 62) ทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงสุด โดยข้าวพันธุ์ กข61 และกข71 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด สำหรับการประเมินค่า GCs พบว่าข้าวมีค่าที่เฉพาะเจาะจงของแต่ละพันธุ์ โดยส่วนใหญ่แบบจำลองสามารถประเมินวันกำเนิดรวง วันออกดอก และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาได้ดีมาก แต่สำหรับค่าน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักเมล็ดสามารถประเมินได้ดีเฉพาะบางพันธุ์เท่านั้น

การศึกษาส่วนที่ 2 การใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice เพื่อประเมินการเจริญเติบโต ผลผลิต และวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข49 ในแปลงเกษตรกรจังหวัดพิจิตร ในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.5OF+0.5CF) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF) พบว่าข้าวทั้ง 2 แปลงมีค่าน้ำหนักเมล็ดแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 261 และ 270 กก./ไร่ ตามลำดับ แบบจำลองประเมินความสอดคล้องระหว่างค่า actual farm yield ที่บันทึกจากแปลงเกษตรกรกับค่าจากแบบจำลองได้ดีมากสำหรับวันออกดอกและวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา แต่ประเมินค่าน้ำหนักแห้งรวมและน้ำหนักเมล็ดได้ไม่ดี เมื่อวิเคราะห์ช่องว่างของผลผลิตพบว่ามีช่องว่างของน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักเมล็ดขนาดใหญ่เกิดขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ 30.5 และ 42.8% ตามลำดับ

การศึกษาส่วนที่ 3 การใช้แบบจำลอง CSM-CERES Rice วิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อช่องว่างผลผลิตของข้าวในแปลงเกษตรกรจังหวัดพิจิตร โดยการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัยต่าง ๆ ที่คาดว่าเป็นสาเหตุทำให้เกิดช่องว่างผลผลิตในแปลงเกษตรกรจังหวัดพิจิตร พบว่าปัจจัยที่เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดช่องว่างผลผลิตของข้าว คือ อุณหภูมิ วันปลูก และพันธุ์ข้าว

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560. การปลูกพืชหลังนา. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองวิจัยและพัฒนาข้าว. 2551. องค์ความรู้เรื่องข้าว. กรมการข้าว <http://www.ricethailand.go.th>. (28 มีนาคม 2565).
- จิรวัดน์ เวชแพศย์, ศักดาดี จงแก้ววัฒนา และอานันท์ ผลวัฒน์. 2543. การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวสำหรับแบบจำลอง CERES-Rice. ใน ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. เมธี เอกะสิงห์ และคณะบรรณาธิการ. น. 141-165. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชิษณุชา บุคคาบุญ, อรรถชัย จินตะเวช และเกอร์ริต ฮูเกนบูม. 2554. การปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวโดยใช้ GENCALC และ GLUE. ใน การประชุมวิชาการระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 7. น. 219-226. คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม.
- นิตยา ผกามาศ. 2553. การวิเคราะห์ช่องว่างของผลผลิตข้าวโดยใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว: กรณีศึกษาภาคกลาง. รายงานวิจัยประจำปีงบประมาณ 2553 คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เบญจมาศ รสโสภา, ชิษณุชา บุคคาบุญ, กิ่งแก้ว คุณเขต, วราภรณ์ วงศ์บุญ, กัลยา สานเสน, นกมล ประยูรสุข และยุพิน รามณีย์. 2557. การพัฒนาคำแนะนำการปลูกข้าวเฉพะพื้นที่ : สัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวที่นิยมปลูกในปัจจุบัน. <http://dspace.tarr.arda.or.th/handle/6622815955/95> (28 มีนาคม 2565).
- พรเพ็ญ สมจิตร และนิตยา ผกามาศ. 2555. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะต่างๆ และผลผลิตในข้าวพันธุ์ไม่วิวดต่อช่วงแสง. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 29(3): 51-57.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2564. สำนักงานสถิติการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์สำนักงานวิจัยและพัฒนาข้าว.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สถิติการส่งออก. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร <http://impexp.oae.go.th/service/export.php>. (28 มีนาคม 2565).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อรรถชัย จินตะเวช, วินัย ศรีวัต, ก้อนทอง พวงประโคน, หัสไชย บุญจง, เกริก ปั้นเหน่งเพชร, พนมศักดิ์ พรหมบุรมย์ และปรีชา พราหมณีย์. 2543. แบบจำลองระบบการผลิตพืชกับงานวิจัยระบบการทำฟาร์ม. ระบบเกษตรเพื่อการจัดการทรัพยากรและพัฒนาองค์กรชุมชนอย่างยั่งยืน. ใน รายงานการสัมมนาาระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร 15-17 พฤศจิกายน 2543.

Bricker, A.A. 1989. MSTAT-C User's Guide. Michigan State University, East Lansing, MI.w

Buddhaboon, C., Jintrawet, A., and Hoogenboom, G. 2018. Methodology to estimate rice genetic coefficients for the CSM-CERES-Rice model using GENCALC and GLUE genetic coefficient estimators. *The Journal of Agricultural Science* 156(4): 482–492.

De Datta, S.K., Gomez, K.A., Hardt, R.W., and Barker, R. 1978. *A handbook on the methodology for an integrated experiment-survey on rice yield constraints*. The International Rice Research Institute, pp. 59. Los Baños, Philippines.

Fahad, S., Hussain, S., Matloob, A., Khan, F.A., Khaliq, A., Saud, S., Hassan, S. et al. 2015. Phytohormones and plant responses to salinity stress: a review. *Plant Growth Regulation*. 75(2): 391-404.

Gomez, K.A. 1977. On-farm assessment of yield constraints: methodological problem. In *Constraints to high yields on Asian rice farms: an interim report*. International Rice Research Institute, pp. 1-16. Manila, Philippines.

Gunawardena, T.A., Fukai, S., and Blamey, F.P.C. 2003. Low temperature induced spikelet sterility in rice. I. Nitrogen fertilization and sensitive reproductive period. *Australian Journal of Agricultural Research* 54: 937-946.

Gupta, P.C., and O'Toole, J.C. 1986. *Upland rice : A global perspective*. The International Rice Research Institute. Los Baños, Philippines.

Hoogenboom, G., Jones, J.W., Wilkens, P.W., Porter, C.H., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Boote, K.J. et al. 2004. *Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 4.0. [CD-ROM]*. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.

Hoogenboom, G., Porter, C.H., Shelia, V., Boote, K.J., Singh, U., White, J.W., Hunt, L.A. et al. 2019. *Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.7.5* (<http://DSSAT.net>). DSSAT Foundation, Gainesville, Florida, USA.

- Horie, T., Lubis, I., Ohsumi, A., Kuwasaki, K., and Nii, A. 2003. Physiological traits associated with high yield potential in rice. In *Rice science: Innovations and impact for livelihood*. Mew, T.W., Brar, D.S., Peng, S., Dawe, D. and Hardy, B. (ads.). pp. 117-145. IRRI, Los Baños, Philipines.
- Ibrahim, O.M., Gaafer, A.A., Wali, A.M., Tawfik, M.M., and El-Nahas, M.M. 2016. Estimating Cultivar Coefficients of a Spring Wheat Using Gencalc and GLUE in DSSAT. *Journal of Agronomy* 15(3): 130-135.
- Jintrawet, A. 1995. A decision support system for rapid assessment of lowland rice-based cropping alternative in Thailand. *Agricultural Systems* 47: 245-258.
- Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman A.J., and Ritchie, J.T. 2003. The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy* 18: 235-265.
- Matsui, T., Omasa, K., and Horie, T. 2000. High temperature at flowering inhibits swelling of pollen grains, a driving force thecae dehiscence in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Production Science* 3(4): 430-434.
- Penning de Vries, F.W.T., Jansen, D.M., Ten Berge, H.F.M., and Bakema, A. 1989. *Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops*. IRRI Los Baños. Netherlands.
- Phakamas, N., Jintrawet, A., Patanothai, A., Sringam, P., and Hoogenboom, G. 2013. Estimation of solar radiation based on air temperature and application with the DSSAT v4.5 peanut and rice simulation models in Thailand. *Agricultural and Forest Meteorology* 180: 182-193.
- Rinaldi, M., Losavio, N., and Flagella, Z. 2003. Evaluation and application of the OILCROP-SUN model for sunflower in southern Italy. *Phytopathology* 80: 997.
- Singh, P.K., Singh, K.K., Bhan, S.C., Baxla, A.K., Akhilesh Gupta, Balasubramanian, R., and Rathore, L.S. 2015. Potential yield and yield gap analysis of rice (*Oryza Sativa* L) in eastern and north eastern regions of India using CERES-rice model. *Journal of Agrometeorology* 17 (2): 194-198.
- Singh, R.S., Singh, K.K., Bhengra, A.H., Singh, S.M., Ganeshprasad, Singh, P., Rana, M., and Gohan, G.B. 2021. Potential yield and yield gap analysis of sugarcane (*Saccharum officinarum*) using the DSSAT-CANEGRO model in different districts of Uttar Pradesh, India. *Journal of Agrometeorology* 23(2): 147-153.

- Singh, U., Timsina, J., and Godwin, D. 2002. Testing and application of CERES-rice and CERES-wheat models for rice-wheat cropping systems. In *Proceeding of a workshop at CSIRO land and water. griffith*. pp. 17-32.
- Summerfield, R.J., Collinson, S.T., Ellis, R.H., Roberts, E.H., and De Vries, F.W.T.P. 1992. Photothermal Responses of Flowering in Rice (*Oryza sativa*). *Annals of Botany* 69(2): 101-112.
- Takai, T., Matsuura, S., Nishio, T., Ohsumi, A., Shiraiwa, T., and Horie, T. 2006. Rice yield potential is closely related to crop growth rate during late reproductive period. *Field Crops Research* 96: 328-335.
- Tongyai, C. 1994. Impact of climate change on simulated rice production in Thailand. In *Implication of Climate Change for International Agriculture: Crop Modelling Study*. Rosenzweig, C. and Iglesias, A. (eds.). *US Environmental Protection Agency*. EPA 260-B-94-003, Washington DC.
- Willmott, C.J., 1982. Some comments on the evaluation of model performance. *Bulletin of the American Meteorological Society* 63: 1309-1313.



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 ตัวอย่างไฟล์ข้อมูลดิน

*SOILS: General DSSAT Soil Input File

```

=====
*1KMITL111 MITL SL 15 KMITL (KM)***
@SITE COUNTRY LAT LONG SCS FAMILY
KMITL THAILAND 13.73 100.782 -99
@ SCOM SALB SLU1 SLDR SLRO SLNF SLPF SMHB SMPX SMKE
BN .13 6 .4 73 1 1 IB001 IB001 IB001
@ SLB SLMH SLLL SDUL SSAT SRGF SSKS SBDM SLOC SLCL SISI SLCF SLNI SLHW SLHB SCEC SADC
5 -99 .049 .079 .129 1 2.59 1.42 1.52 20 10 70 1.00 5 -99 -99 -99
10 -99 .049 .079 .129 1 2.59 1.42 1.52 20 10 70 1.00 5 -99 -99 -99
15 -99 .049 .079 .129 1 2.59 1.42 1.52 20 10 70 1.00 5 -99 -99 -99

*1KMITL112 MITL SL 15 KMITL (KM)***
@SITE COUNTRY LAT LONG SCS FAMILY
Pichit THAILAND 16.443 100.348 Red brown earth
@ SCOM SALB SLU1 SLDR SLRO SLNF SLPF SMHB SMPX SMKE
G .13 6 .4 80 1 1 IB001 IB001 IB001
@ SLB SLMH SLLL SDUL SSAT SRGF SSKS SBDM SLOC SLCL SISI SLCF SLNI SLHW SLHB SCEC SADC
5 1 .23 .455 .505 1 .23 1.3 2.35 24.5 26 49.5 .1 6.1 -99 -99 -99
10 2 .24 .49 .54 .549 .23 1.3 1.28 26.5 24 49.5 .06 6.8 -99 -99 -99
15 3 .24 .49 .54 .368 .23 1.29 1.14 26.5 28 45.5 .06 5.5 -99 -99 -99
20 4 .25 .5 .55 .247 .23 1.31 1.56 34.5 28 37.5 .06 5.7 -99 -99 -99
25 5 .27 .42 .47 .165 .23 1.35 1.52 30.5 28 41.5 .05 5.7 -99 -99 -99
30 6 .31 .385 .435 .111 .23 1.36 1.11 22.5 20 57.5 .05 6.4 -99 -99 -99
    
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 ตัวอย่างไฟล์ข้อมูลสภาพอากาศ

```

WEATHER DATA :BANG1901
@ INSI    LAT    LONG  ELEV  TAV  AMP  REFHT  WNDHT
  BANG    13.430  100.300 -99.0 -99.0 -99.0 -99.0 -99.0
@DATE  SRAD  TMAX  TMIN  RAIN
19001  15.5  30.6  21.5  0.0
19002  16.2  31.0  21.4  0.0
19003  11.0  27.7  22.9  0.0
19004  12.1  29.5  23.8  0.0
19005   9.6  29.2  24.9  1.2
19006  15.7  33.2  23.8  0.0
19007  15.8  33.2  24.6  0.0
19008  13.3  32.2  26.1  0.0
19009  13.1  32.2  24.8  0.0
19010  15.5  33.3  24.6  0.0

```



```

19361  14.8  33.9  25.2  0.2
19362  12.9  31.7  24.9  0.0
19363  15.8  33.5  23.9  0.0
19364  16.4  33.9  24.1  0.0
19365  15.7  33.3  24.6  0.0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 ตัวอย่างไฟล์ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว

*RICE GENOTYPE COEFFICIENTS: RICER040 MODEL

@VAR#	VAR-NAME.....	EXPNO	ECO#	P1	P2R	P5	P2O	G1	G2	G3	G4	PHINT	G5
!				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TR0006	GC 41	.	IB0001	419.0	120.3	326.3	10.7	50.2	.0200	0.45	0.86	83.0	1.0
TR0007	GC 43	.	IB0001	348.8	112.5	320.7	10.5	50.6	.0200	0.40	0.90	83.0	1.0
TR0008	GC 47	.	IB0001	402.3	110.2	306.3	10.1	51.1	.0210	0.32	0.82	83.0	1.0
TR0009	GC 49	.	IB0001	405.9	109.7	311.2	10.9	55.5	.0210	0.30	0.93	83.0	1.0
TR0010	GC 57	.	IB0001	412.5	118.1	321.8	10.9	56.2	.0230	0.39	0.85	83.0	1.0
TR0011	GC 61	.	IB0001	423.5	89.0	336.0	10.5	58.1	.0200	0.36	1.10	83.0	1.0
TR0012	GC 71	.	IB0001	403.1	121.9	321.1	10.8	58.7	.0220	0.34	1.01	83.0	1.0



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 ไฟล์ข้อมูลการจัดการ (File X)

*EXP.DETAILS: BKLK1901RI GC RICE 7 VAR. PLANT1

*GENERAL
 @PEOPLE
 Nattawut Suanphrom
 @ADDRESS
 Ladkrabang Bangkok Thailand
 @SITE
 Ladkrabang

*TREATMENTS

										-----FACTOR LEVELS-----									
@N	R	O	C	TNAME	CU	FL	SA	IC	MP	MI	MF	MR	MC	MT	ME	MH	SM		
1	1	1	0	RD41 P1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1		
2	1	1	0	RD43 P1	2	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1		
3	1	1	0	RD47 P1	3	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1		
4	1	1	0	RD49 P1	4	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1		
5	1	1	0	RD57 P1	5	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1		
6	1	1	0	RD61 P1	6	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1		
7	1	1	0	RD71 P1	7	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1		

*CULTIVARS
 @C CR INGENO CNAME
 1 RI TR0006 GC 41
 2 RI TR0007 GC 43
 3 RI TR0008 GC 47
 4 RI TR0009 GC 49
 5 RI TR0010 GC 57
 6 RI TR0011 GC 61
 7 RI TR0012 GC 71

*FIELDS

@L	ID	FIELD	WSTA	FLSA	FLOB	FLDT	FLDD	FLDS	FLST	SLTX	SLDP	ID	SOIL	FLNAME
1	BKLK1901	THLK		-99	-99	-99	-99	-99	-99	CL	-99	1KMITL111	2019	

@L	XCRD	YCRD	ELEV	.....	AREA	.....	SLEN	.....	FLWR	.....	SLAS	.....	FLHST	.....	FHDUR
1						-99				-99		-99		-99		-99		-99

*SOIL ANALYSIS

@A	SADAT	SMHB	SMPX	SMKE	SANAME
1	19327	-99	-99	-99	-99

@A	SABL	SADM	SAOC	SANI	SAPHW	SAPHE	SAPX	SAKE	SASC
1	15	-99	-99	-99	5.6	-99	-99	-99	-99

*INITIAL CONDITIONS

@C	PCR	ICDAT	ICRT	ICND	ICRN	ICRE	ICWD	ICRES	ICREN	ICREP	ICRIP	ICRID	ICNAME
1	RI	19327	-99	-99	1	1	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99

@C	ICBL	SH2O	SNH4	SNO3
1	5	-99	-99	-99

*PLANTING DETAILS

@P	PDATE	EDATE	PPOP	PPOE	PLME	PLDS	PLRS	PLRD	PLDP	PLWT	PAGE	PENV	PLPH	SPRL
1	19327	-99	13	-99	T	H	25	-99	10	-99	25	28	1	-99

PLNAME
Plant1

*IRRIGATION AND WATER MANAGEMENT

@I	EFIR	IDEP	ITHR	IEPT	IOFF	IAME	IAMT	IRNAME
1	1	30	50	100	GS000	IR001	10	Plant1

@I	IDATE	IROP	IRVAL
1	19327	IR010	0
1	19330	IR009	50
1	19333	IR006	50
1	19336	IR006	50
1	19339	IR006	50
1	19342	IR006	50
1	19345	IR006	50
1	19348	IR006	50
1	19351	IR006	50
1	19354	IR006	50
1	19357	IR006	50
1	19360	IR006	50
1	19363	IR006	50
1	20004	IR006	50
1	20007	IR006	50
1	20010	IR006	50
1	20013	IR006	50
1	20016	IR006	50
1	20019	IR006	50
1	20022	IR006	50
1	20025	IR006	50
1	20028	IR006	50
1	20031	IR006	50
1	20034	IR006	50
1	20037	IR006	50
1	20040	IR006	50
1	20043	IR006	50

*FERTILIZERS (INORGANIC)

@F	FDATE	FMCD	FACD	FDEP	FAMN	FAMP	FAMK	FAMC	FAMO	FOCD	FERNAME
1	19327	FE005	AP002	5	47	47	47	-99	-99	-99	Plant1
1	20006	FE005	AP001	5	58	0	0	-99	-99	-99	Plant1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

1 20016 FE005 AP001      5  58    0    0  -99  -99  -99 Plant1

*RESIDUES AND ORGANIC FERTILIZER
@R RDATE  RCOD  RAMT  RESN  RESP  RESK  RINP  RDEP  RMET  RENAME
1 19327  -99  -99  -99  -99  -99  -99  -99  -99  -99

*CHEMICAL APPLICATIONS
@C CDATE  CHCOD  CHAMT  CHME  CHDEP  CHT..CHNAME
1 19327  -99  -99  -99  -99  -99  -99

*TILLAGE AND ROTATIONS
@T TDATE  TIMPL  TDEP  TNAME
1 19327  -99  -99  -99

*ENVIRONMENT MODIFICATIONS
@E ODATE  EDAY  ERAD  EMAX  EMIN  ERAIN  ECO2  EDEW  EWIND  ENVNAME
1 19327  A    0  A    0  A    0  A  0.0  A    0  A    0  A    0

*HARVEST DETAILS
@H HDATE  HSTG  HCOM  HSIZE  HPC  HBPC  HNAME
1 19327  GS000  -99  -99  -99  -99  Rice

*SIMULATION CONTROLS
@N GENERAL  NYERS  NREPS  START  SDATE  RSEED  SNAME.....  SMODEL
1 GE        1      1      1      S 19326  2150  Plant1  RICER

@N OPTIONS  WATER  NITRO  SYMBI  PHOSP  POTAS  DISES  CHEM  TILL  CO2
1 OP        N      N      N      N      N      N      N      N      M

@N METHODS  WTHER  INCON  LIGHT  EVAPO  INFIL  PHOTO  HYDRO  NSWIT  MESOM  MESEV  MESOL
1 ME        M      M      E      R      S      L      R      1      G      S      2

@N MANAGEMENT  PLANT  IRRIG  FERTI  RESID  HARVS
1 MA        R      R      R      R      M

@N OUTPUTS  FNAME  OVVEW  SUMRY  FROPT  GROUT  CAOUT  WAOUT  NIOUT  MIOUT  DIOUT  VBOSE  CHOUT  OPOUT  FMOPT
1 OU        N      Y      Y      1      Y      Y      Y      Y      Y      N      Y      N      Y      A

@ AUTOMATIC MANAGEMENT
@N PLANTING  PFRST  PLAST  PH2OL  PH2OU  PH2OD  PSTMX  ESTMN
1 PL        19001  19001  40    100   30    40    10

@N IRRIGATION  IMDEP  ITHRL  ITHRU  IROFF  IMETH  IRAMT  IREFF
1 IR        30    50    100  GS000  IR001  10    1

@N NITROGEN  NMDEP  NMTHR  NAMNT  NCODE  NAOFF
1 NI        30    50    25  FE001  GS000

@N RESIDUES  RIPCN  RTIME  RIDEP
1 RE        100   1    20

@N HARVEST  HFRST  HLAST  HPCNP  HPCNR
1 HA        0    02001  100   0
    
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 ไฟล์ข้อมูลงานทดลอง (File T)

*EXP. DATA (T): BKLK1901RI GC Rice 7 Var. Plant1

@TRNO	DATE	LAID	CWAD	HIAD	T#AD	GWAD
1	19327					
1	19356	0.09	29		70	
1	20006	0.56	292		106	
1	20021	2.67	2975		161	
1	20063	3.86	5585	0.37		2221
1	20064	3.15	5287	0.38		2165
1	20065	3.51	5234	0.34		1947
1	20066	3.03	5188	0.39	161	2143
2	19327					
2	19356	0.08	36		56	
2	20006	0.25	138		84	
2	20021	4.87	3045		134	
2	20053	2.72	4338	0.39		1815
2	20054	2.82	3808	0.37		1536
2	20055	3.04	3821	0.36		1527
2	20056	3.18	3922	0.41	134	1760
3	19327					
3	19356	0.07	23		84	
3	20006	0.44	314		110	
3	20021	3.81	4621		164	
3	20063	3.27	5932	0.37		2349
3	20064	3.32	5720	0.38		2326
3	20065	5.07	5980	0.38		2400
3	20066	3.61	5617	0.41	164	2423
4	19327					
4	19356	0.11	57		56	
4	20006	0.63	324		85	
4	20021	3.59	3693		130	
4	20063	4.68	4427	0.32		1541
4	20064	4.66	4841	0.35		1879
4	20065	4.56	4742	0.31		1641
4	20066	4.41	4459	0.31	130	1554
5	19327					
5	19356	0.12	56		84	
5	20006	0.34	282		125	
5	20021	2.92	2714		161	
5	20066	4.12	5474	0.36		2084
5	20067	5.06	6702	0.36		2554
5	20068	2.77	5306	0.41		2326
5	20069	3.03	5448	0.41	161	2363
6	19327					
6	19356	0.24	136		94	
6	20006	1.70	1103		138	
6	20021	4.12	3468		195	
6	20055	7.71	7064	0.40		3008
6	20056	7.49	7994	0.36		3061
6	20057	7.21	8392	0.34		2990
6	20058	3.72	6837	0.43	195	3102
7	19327					
7	19356	0.08	64		98	
7	20006	0.24	123		158	
7	20021	1.04	977		247	
7	20053	4.70	7819	0.42	247	3441
7	20054	4.72	6618	0.42		2950
7	20055	6.59	7712	0.39		3179
7	20056	6.10	7149	0.43	247	3269

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 ไฟล์ข้อมูลงานทดลอง (File A)

*EXP. DATA (A): BKLK1901RI GC RICE 7 Var. Plant1

@TRNO	IDAT	ADAT	MDAT	CWAM	HWAM	HIAM
1	20016	20046	20066	5323	2118	0.37
2	20006	20036	20056	3972	1662	0.38
3	20016	20046	20066	5812	2375	0.39
4	20016	20046	20066	4617	1656	0.32
5	20016	20046	20069	5732	2331	0.38
6	20006	20036	20058	7572	3037	0.38
7	20006	20036	20056	7324	3212	0.41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	: นายณัฐวุฒิ สวานพรหม
วันเดือนปีเกิด	: 9 มิถุนายน 2536
ภูมิลำเนา	: 27 ม.11 ตำบลในคลองบางปลากด อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ
การศึกษา	: พ.ศ. 2549-2554 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนป้อมนาคราชสวาทยานนท์ : พ.ศ. 2557-2551 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 : พ.ศ. 2561-2565 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
งานตีพิมพ์	ณัฐวุฒิ สวานพรหม ลำแพน ขวัญพูล และนิตยา ผกามาศ. 2565. การประเมิน ช่องว่างผลผลิตข้าวในแปลงเกษตรกรจังหวัดพิจิตร โดยใช้แบบจำลองการ เจริญเติบโตของข้าว. แก่นเกษตร 50 (ฉบับพิเศษ) 1: 489-494.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้