การประยุกต์ใช้แบบจำลองพืชเพื่อประเมินผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง

APPLICATION OF CROP GROWTH MODEL FOR EVALUATING THE EFFECT OF ORGANIC FERTILIZERS ON GROWTH AND YIELD OF NON-PHOTOPERIOD SENSITIVE RICE

สิรวิชญ์ จำปาเงิน

SIRAWIT JUMPANGERN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2565

KMITL-2022-AG-M-065-355

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION OF CROP GROWTH MODEL FOR EVALUATING THE EFFECT OF ORGANIC FERTILIZERS ON GROWTH AND YIELD OF NON-PHOTOPERIOD SENSITIVE RICE

SIRAWIT JUMPANGERN

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

KMITL-2022-AG-M-065-355

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2022

SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้แบบจำลองพืชเพื่อประเมินผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง
นักศึกษา	นายสิรวิชญ์ จำปาเงิน
รหัสประจำตัว	60604016
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2565
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.นิตยา ผกามาศ

บทคัดย่อ

แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชสามารถนำมาใช้ในการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตของข้าว แต่ข้อมูลการประเมินอิทธิของปุ๋ยอินทรีย์ยังมีน้อย ดังนั้นการศึกษานี้ต้องการประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CERES Rice ประเมินอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยแบ่งงานวิจัยออกเป็น 2 การทดลอง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ประเมินอิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง ดำเนินงานที่แปลงทดลองคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างเดือนกันยายน ถึงเดือนธันวาคม 2561 การศึกษามี 2 ปัจจัย โดยปัจจัยแรก คือ ข้าวไม่ไวแสง ได้แก่ พันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ปทุมธานี 80 ปัจจัยที่สอง คือ การใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง 5 อัตรา ได้แก่ 0 (กรรมวิธีควบคุม) 5, 10, 15 และ 20 กก. N/ไร่ จัดคู่ระหว่างปัจจัยแบบ 2 x 5 Factorial experiment in RCBD มี 4 ซ้ำ บันทึกข้อมูลระยะพัฒนาการ การเจริญเติบโต และผลผลิต มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's multiple range test จากนั้นใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ประเมินระยะพัฒนาการ การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าว โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองและค่าสังเกตจริงจากแปลงทดลองด้วยค่า D-stat และ RMSEn ผลการศึกษาพบว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราต่าง ๆ มีผลทำให้ข้าวมีดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) น้ำหนัก 1,000 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ และดัชนีเก็บเกี่ยว (HI) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับค่าน้ำหนักแห้งรวมส่วนเหนือดินและผลผลิตแม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดจากในอัตราที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ข้าวมีความสามารถในการสะสมน้ำหนักแห้งและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยการใส่ในอัตรา 15 - 20 กก.N/ไร่ จะทำให้ข้าวเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงกว่าการใส่ปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอัตราอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราต่าง ๆ ดีกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 สำหรับผลการประเมินโดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินวันกำเนิดช่อรวง วันผสมเกสร วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา ดัชนีพื้นที่ใบ และดัชนีเก็บเกี่ยว ได้ดี ส่วนค่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และผลผลิต แบบจำลองประเมินได้ไม่ดี

การทดลองที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice เปรียบเทียบอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง ดำเนินงานที่แปลงทดลอง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างเดือนมีนาคม ถึงเดือน กรกฎาคม 2562 การศึกษามี 2 ปัจจัย โดยปัจจัยแรก คือ ได้แก่ พันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ปทุมธานี 80 ปัจจัยที่สอง คือ การใส่ปุ๋ย 5 ชนิด ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยพืชสดปอเทือง 3) ปุ๋ยคอก 4) ปุ๋ยหมัก และ 5) ปุ๋ยยูเรีย ในอัตรา 20 กก.N/ไร่ จัดคู่ระหว่างปัจจัย 2 x 5 Factorial experiment in RCBD มี 4 ซ้ำ บันทึกข้อมูลระยะพัฒนาการ การเจริญเติบโต และผลผลิตมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's multiple range test จากนั้นใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ประเมินระยะพัฒนาการ การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าว โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองและค่าสังเกตจริงจากแปลงทดลองด้วยค่า D-stat และ RMSEn ผลการศึกษาพบว่าการใส่ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยยูเรีย ในอัตราที่เท่ากัน คือ 20 กก.N/ไร่ มีผลทำให้ข้าวมีค่าดัชนีพื้นที่ใบ พื้นที่ใบเฉพาะ (SLA) อัตราการเจริญเติบโต (CGR) ที่ระยะ 45 วันหลังปักดำถึงเก็บเกี่ยว น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน จำนวนรวงต่อกอ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ ดัชนีเก็บเกี่ยว และผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยยูเรียทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงที่สุด ซึ่งไม่ต่างจากการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง แต่จะแตกต่างกับการใส่ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ ข้าวทั้งสองพันธุ์มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดไม่แตกต่างกันทางสถิติ แบบจำลอง CSM-CERES-Rice สามารถประเมินความสอดคล้องของวันกำเนิดช่อรวง วันผสมเกสร และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวทั้งสองพันธุ์ได้ดีมาก แต่สำหรับลักษณะการเจริญเติบโตแบบจำลองสามารถประเมินได้ดีเฉพาะน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และค่าดัชนีเก็บเกี่ยว ผลการศึกษาพบว่าในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว แบบจำลองประเมินได้ดีกว่าการใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว สำหรับค่าดัชนีพื้นที่ใบและผลผลิต แบบจำลองประเมินได้ไม่ดีในทุกกรรมวิธีที่ศึกษา

คำสำคัญ: แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว, ปุ๋ยไนโตรเจน, ปอเทือง, ปุ๋ยหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Application of crop growth model for evaluating the effect of organic fertilizers on growth and yield of non-photoperiod sensitive rice
Student	Mr. Sirawit Jumpangern
Student ID	60604016
Degree	Master of Science
Program	Agriculture
Year	2022
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Nittaya Phakamas

ABSTRACT

The crop simulation model can be used to assess factors affecting rice yield. However, the information on the effect of organic fertilizer on grain yield is still limited. Therefore, the objective of this study was to use the CSM-CERES-Rice model to assess the impact of organic fertilizer application on non-photosensitive rice growth and yield. The study was divided into two experiments as described below.

The objective of the first experiment was to use the CSM-CERES-Rice model to evaluate the effect of rate of Sunn hemp green manure on growth and yield of non-photosensitive rice. The experiment was conducted in the experimental field of the School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, during September to December 2018. The study consisted of two factors. Two non-photoperiod sensitive rice varieties including Chai Nat 1 and Pathum Thani 80 were assigned as Factor A, and five rates of Sunn hemp including 0 (control), 31.25, 62.50, 93.75 and 125.00 kg N/ha were assigned as factor B. Ten treatment combinations of a 2 x 5 factorial experiment were arranged in a randomized complete block design with 4 replications. Data were recorded for development stages, growth stages, and yield and the data were subjected to analysis of variance. Means were separated by Duncan's multiple range test. The CSM-CERES-Rice model was used to evaluate the development, growth, and yield of rice. D-stat and RMSEn values were used to determine the consistency of the simulated data and observed data. The results revealed that application of Sunn hemp at different rates had significant effects on leaf area index (LAI), 1,000-grain weight, percentage of filled and unfilled grains and harvest index (HI). Although application rates of Sunn hemp were not significantly different for total dry matter and grain yield, application of Sunn hemp at increasing rates had a tendency to increase biomass

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and grain yield. Application of Sunn hemp at the rate of 93.75-125.00 kg N/ha had the significantly highest percentage of filled grains. Pathum Thani 80 tended to respond better to application of Sunn than Chai Nat 1. CSM-CERES-Rice model were able to accurately predict days to panicle initiation, days to anthesis, days to physiological maturity, leaf area index, and harvest index. CSM-CERES-Rice model poorly predicted total dry matter and grain yield.

The objective of the second experiment was to use the CSM-CERES-Rice model to compare the effects of rates of organic fertilizer on growth and yield of non-photosensitive rice. The experiment was conducted in the experimental field of the School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, during March to July 2019. The study consisted of two factors. Factor A had two non-photoperiod sensitive rice varieties including Chai Nat 1 and Pathum Thani 80. Factor B had five fertilizer treatments including non-fertilizer or control, Sunn hemp green manure, farmyard manure, compost fertilizer and urea. All fertilizer treatments were calculated at the rate of 125.00 kg N/ha. Ten treatment combinations of a 2 x 5 factorial experiment were arranged in randomized complete block design four replications. Data were recorded for developmental stages, growth stages, and yield. The data were subjected to analysis of variance, and Duncan's multiple range test was used to compare means. CSM-CERES-Rice model was used to evaluate development, growth, and yield of rice. D-stat and RMSEn were used to determine the consistency of the simulated data and observed data. The results showed that fertilizer treatments were significantly different for leaf area index, specific leaf area (SLA), crop growth rate (CGR) during the 45 days from transplanting to harvest, total dry matter, panicles per plant, percentage of filled grains, percentage of unfilled grains, harvest index and grain yield. Application of urea had the highest grain yield, which was not significantly different from application of Sunn hemp, but it was significantly higher than other treatments. Rice varieties responded similarly to different types of organic fertilizers. CSM-CERES-Rice model was able well evaluate the consistency of days to panicle initiation, days to antithesis, and days to physiological maturity of two rice varieties. For growth traits, the model could accurately estimate total dry matter and harvest index. The results showed that the model had better predictions of total dry matter when the crop was applied with urea, Sunn hemp and compost than when the crop was applied with farm yard manure, and the model had poor predictions of harvest index and leaf area index when the crop was applied with all fertilizer treatments.

Keywords: Compost fertilizer, CSM-CERES-Rice, Green manure, Nitrogen fertilizers, Sunn hemp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากโครงการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 รหัสโครงการ 2562-02-04-020

ขอขอบพระคุณคุณบิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้า ที่คอยสนับสนุนข้าพเจ้าในทุกๆ เรื่องและการดำเนินชีวิต

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาของข้าพเจ้า ผศ.ดร.นิตยา ผกามาศ ที่คอยชี้แนะสั่งสอนในการเรียน และการทำวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.สุกัญญา แย้มประชา และนักศึกษาปริญญาโทประจำห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา สำหรับความช่วยเหลือและอนุเคราะห์อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในดิน และในต้นพืช

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ เกษตรเจ้าคุณทหารลาดกระบังทั้ง ปริญญาเอก ปริญญาโท และปริญญาตรีที่คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณกรมการข้าวที่ให้ความอนุเคราะห์พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

และขอขอบคุณคณะกรรมการสอบทุกๆท่าน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเป็นคณะกรรมการ และให้คำแนะนำข้อเสนอแนะในการทำวิทยานิพนธ์

สิรวิชญ์ จำปาเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	IX
สารบัญภาพ	XII
สารบัญภาคผนวก	XIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	3
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ข้าว (*Oryza sativa* L.)	4
2.1.1 ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1	4
2.1.2 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 (RD31)	4
2.2 การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในระบบการผลิตข้าว	5
2.2.1 ปุ๋ยอินทรีย์	5
2.2.2 การใช้ปุ๋ยพืชสดในระบบการผลิตข้าว	6
2.2.3 การใช้ปุ๋ยคอกในระบบการผลิตข้าว	8
2.2.4 การใช้ปุ๋ยหมักในระบบการการผลิตข้าว	9
2.3 แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช (Crop simulation model)	11
2.3.1 แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว (CSM-CERES-Rice)	12
2.3.2 การประยุกต์ใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว	13
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	15
3.1 สถานที่ทำการทดลอง	15
3.2 ระยะเวลาทำการทดลอง	15
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาอิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice 16
3.3.2 การทดลองที่ 2 การประเมินอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยใช้ แบบจำลอง CSM-CERES-Rice 20
บทที่ 4 ผลการทดลอง 23
4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาอิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice 23
4.1.1 อิทธิพลปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อการเจริญเติบโตของข้าวไม่ไวแสง 23
4.1.2 อิทธิพลปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง 33
4.1.3 ผลการประเมินระยะพัฒนาการ การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยแบบจำลอง CSM-CERES-Rice 37
4.2 การทดลองที่ 2 การประเมินอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยใช้ แบบจำลอง CSM-CERES-Rice 44
4.2.1 อิทธิพลปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของข้าวไม่ไวแสง 44
4.2.2 อิทธิพลปุ๋ยอินทรีย์ต่อองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง 54
4.2.3 ผลการประเมินระยะพัฒนาการ การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยแบบจำลอง CSM-CERES-Rice 58
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง 65
5.1 การศึกษาอิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2 การประเมินอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice 68
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 71
6.1 สรุปผลการทดลอง 71
6.1.1 การศึกษาอิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice 71
6.1.2 การประเมินอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยใช้ แบบจำลอง CSM-CERES-Rice 71
เอกสารอ้างอิง 72
ภาคผนวก 79
ประวัติผู้เขียน 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 ตารางคุณสมบัติดินก่อนปลูกบางประการ 16
4.2 จำนวนหน่อต่อกอของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ เมื่อได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน 26
4.3 ค่าดัชนีพื้นที่ใบของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ เมื่อได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน 27
4.4 ค่าพื้นที่ใบเฉพาะของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ เมื่อได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน 29
4.5 อัตราการเจริญเติบโตของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ เมื่อได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน 30
4.6 ค่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ เมื่อได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน 32
4.7 จำนวนรวงต่อกอ ผลผลิตเมล็ด ดัชนีเก็บเกี่ยว และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ เมื่อได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน 34
4.8 เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และเมล็ดลีบ ของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ เมื่อได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน 36
4.9 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของวันกำเนิดช่อรวง (Panicle initiation day) ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน 37
4.10 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของวันผสมเกสร (Anthesis day) ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน 38
4.11 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity day) ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.12 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index) ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน 40

4.13 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน 41

4.14 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของผลผลิต ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน 42

4.15 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของดัชนีการเก็บเกี่ยว ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน 43

4.16 แสดงค่าคงความเขียว (SPAD Chlorophyll Meter Reading (SCMR)) ของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ เมื่อได้รับปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน 45

4.17 แสดงจำนวนหน่อต่อกอ ของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ เมื่อได้รับปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน 46

4.18 ดัชนีพื้นที่ใบของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ เมื่อได้รับปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน 48

4.19 แสดงพื้นที่ใบเฉพาะของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ เมื่อได้รับปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน 49

4.20 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ เมื่อได้รับปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน 51

4.21 แสดงน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ เมื่อได้รับปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน 53

4.22 แสดงองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง เมื่อได้รับปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.23 แสดงเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ ของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง เมื่อได้รับปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน 57

4.24 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของวันกำเนิดช่อรวง (Panicle initiation day) ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน 58

4.25 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของวันผสมเกสร (Anthesis day) ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน 59

4.26 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity day) ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน 60

4.27 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของดัชนีพื้นที่ใบ ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน 61

4.28 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน 62

4.29 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของผลผลิต ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน 63

4.30 ความสอดคล้องข้อมูลที่ได้จากการประเมิน และการสังเกตของ ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพผนวกที่ **หน้า**

1 แสดงปริมาณน้ำฝน ค่าอุณหภูมิสูงสุด ค่าอุณหภูมิต่ำสุด และค่าอุณหภูมิเฉลี่ย งานทดลองในส่วนที่ 1 โดยคิดเป็นรายวันโดยเริ่มตั้งแต่วันปลูก (วันที่ 11 กันยายน 2561) ถึงวันเก็บเกี่ยว (วันที่ 31 ธันวาคม 2561) 80

2 แสดงปริมาณน้ำฝน ค่าอุณหภูมิสูงสุด ค่าอุณหภูมิต่ำสุด และค่าอุณหภูมิเฉลี่ย งานทดลองในส่วนที่ 2 โดยคิดเป็นรายวันโดยเริ่มตั้งแต่วันปลูก (วันที่ 31 มีนาคม 2562) ถึงวันเก็บเกี่ยว (วันที่ 27 กรกฎาคม 2562) 80

3 การประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโดยใช้แบบจำลอง 89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	ตัวอย่างไฟล์ข้อมูลดิน	81
2	ตัวอย่างไฟล์ข้อมูลสภาพอากาศ	82
3	ตัวอย่างไฟล์ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว	83
4	ไฟล์ข้อมูลการจัดการ (File X)	84
5	ไฟล์ข้อมูลงานทดลอง (File T)	87
6	ไฟล์ข้อมูลงานทดลอง (File A)	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทยมาเป็นเวลานาน โดยมีการบริโภคเป็นอาหารหลักและสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายอย่าง เช่น ขนมขบเคี้ยว เส้นบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป แป้ง เส้นก๋วยเตี๋ยว และอื่นๆ ข้าวนับว่าเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย โดยในปี 2562/2563 มีผลิตข้าวรวมทั้งประเทศประมาณ 28.61 ล้านตัน ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยเท่ากับ 538 กก./ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) มียอดการส่งออก 13.31 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณสูงถึง 116.04 แสนล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตข้าวของเกษตรกรไทยยังมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยสูงประมาณ 4,012.18 บาท ต่อไร่ โดยร้อยละ 43.70 เป็นค่าปุ๋ยเคมี (พิธาน แสนภักดี และนฤพล อ่อนวิมล, 2564) โดยเฉพาะปุ๋ยยูเรีย ที่มีราคาขายปลีกเฉลี่ยตันละประมาณ 19,034 – 21,200 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) โดยปกติเกษตรกรใส่ปุ๋ยยูเรียในอัตราประมาณ 20-30 กก./ไร่ ต่อฤดูกาลทำนา ดังนั้นถ้าหากเกษตรกรสามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลง หรือ ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทดแทน จะเป็นการลดต้นทุนการผลิตได้อีกทางหนึ่ง เพราะมีธาตุอาหารที่พืชต้องการและเป็นประโยชน์เหมือนกับปุ๋ยเคมี เพียงแต่ต้องใส่ในอัตราการที่สูงขึ้นกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี สำหรับข้อดีของปุ๋ยอินทรีย์ คือสามารถช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดิน ทำให้ดินร่วนซุย ส่งเสริมระบบการทำงานของรากพืชได้ดีขึ้น และไม่เป็นอันตรายต่อตัวผู้ผลิตและผู้บริโภค (ธงชัย มาลา, 2550)

ปุ๋ยอินทรีย์ที่นิยมใช้ในระบบการผลิตข้าวมีหลายชนิด เช่น ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก และปุ๋ยหมัก เป็นต้น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ สามารถเพิ่มระดับของอินทรียวัตถุ ปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน และเพิ่มปริมาณธาตุไนโตรเจนระยะยาวในดิน (กองวิจัยและพัฒนาข้าว, 2561ก) ปุ๋ยพืชสด เป็นปุ๋ยที่ได้จากพืชอายุสั้น ส่วนใหญ่นิยมใช้พืชตระกูลถั่ว เพราะในปมรากถั่ว จะมีแบคทีเรียไรโซเบียมซึ่งสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ อีกทั้งโตเร็วกว่าวัชพืช และที่สำคัญหาได้ง่าย ราคาไม่แพง เมื่อไถกลบลงดินและทิ้งไว้จนเกิดการย่อยสลายโดยสมบูรณ์ จะช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้แก่พื้นที่ที่มีการเพาะปลูกพืชได้ (ธงชัย มาลา, 2550) ปุ๋ยคอกเป็นของเสียที่ได้จากการขับถ่ายของสัตว์ สามารถนำมาใช้ในนาข้าว หาได้ง่ายตามท้องถิ่นที่มีการทำปศุสัตว์ อีกทั้งยังมีราคาไม่สูงนัก เป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนการผลิตข้าวได้ สำหรับข้อดีของปุ๋ยคอก คือ เมื่อใส่ลงดิน ธาตุอาหารในปุ๋ยคอกขณะที่ถูกจุลินทรีย์ทำกิจกรรมการย่อย จะเป็นประโยชน์อย่างช้าๆ สามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางชีวภาพ เคมี และฟิสิกส์ของดินให้ดีขึ้น (ยงยุทธ โอสถสภา, 2551) ปุ๋ยหมัก เป็นปุ๋ยที่เกิดจากการกระบวนการหมัก และย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยการนำเอาเศษวัสดุ เช่น เศษซาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืช ซากสัตว์ หรือมูลสัตว์มาใช้ในการหมัก จากนั้นให้ความชื้น และปล่อยให้ย่อยสลายแปรสภาพจนกลายเป็นขุยสีดำ หรือสีน้ำตาลเข้ม ปุ๋ยหมักเป็นแหล่งธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรอง เมื่อย่อยสลายจะมีอัตราการสูญเสียเนื่องจากการชะล้างน้อย (He et al., 2001) เมื่อใส่ปุ๋ยหมักลงดินสามารถช่วยในเรื่องการปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพของดิน และสามารถบรรเทาความรุนแรงของโรคบางชนิดได้ เช่น โรคเน่าที่เกิดจากเชื้อไฟทอปเทอรา (*Phytophthora* spp.) และโรคอื่นๆ ในดิน (ยงยุทธ โอสถสภา, 2551)

อย่างไรก็ตามการศึกษาวิจัยด้านอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของพืชที่กล่าวมาข้างต้น ส่วนใหญ่เป็นการปลูกทดสอบในสภาพโรงเรือน หรือแปลงทดลองที่อาจต้องใช้ทรัพยากร เวลา แรงงาน และงบประมาณ ค่อนข้างสูง แต่ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยทางด้านการเกษตรอย่างแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว (CSM-CERES-Rice) ที่สามารถนำมาใช้เพื่อศึกษาการตอบสนองของข้าวต่อการจัดการในแปลงปลูก การตอบสนองต่อปัจจัยการผลิต และเงื่อนไขของสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เป็นต้น (Vilayvong, 2012) นอกจากนี้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice สามารถนำมาใช้ในการศึกษาเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงธาตุไนโตรเจนในดินที่ปลูกภายใต้ระบบการปลูกพืชหมุนเวียน (Hasegawa et al., 2000) ซึ่งข้อดีของแบบจำลองพืชคือ สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูลนำเข้า ปัจจัยการผลิตต่าง ๆ หรือแม้กระทั่งปัจจัยทางสภาพแวดล้อม เพื่อตอบสมมติฐานของนักวิจัย และดูการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งของการจำลองภายในเวลาอันรวดเร็ว จึงสามารถช่วยสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นทั้งภายในดินและภายในต้นพืช แต่ทั้งนี้การประเมินจะให้ผลดีหรือไม่ การเตรียมข้อมูลการนำเข้าจากแปลงปลูกจริงก็มีส่วนที่นักวิจัยต้องให้ความสำคัญ โดยต้องมีการเก็บบันทึกข้อมูลในแปลงปลูกให้ได้ตัวแทนที่ดีก็จะทำให้ลดความคลาดเคลื่อนของผลการจำลองลงได้ ซึ่งหากในการศึกษานี้แบบจำลองสามารถนำมาใช้ประเมินผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของข้าวแล้วมีความสอดคล้องกับข้อมูลที่ปลูกจริงในแปลงทดลอง ก็จะเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัยที่จะสามารถนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและวางแผนงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการปุ๋ยอินทรีย์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อประเมินอิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองพืชเพื่อประเมินผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยทำการปลูกข้าวเจ้าไม่ไวแสงจำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ปทุมธานี 80 ในกระถางพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 นิ้ว ภายใต้สภาพโรงเรือนทดลองที่ควบคุมฝนได้ และใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด จากนั้นทำการจำลองระยะพัฒนาการ การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวทั้งสองพันธุ์เหมือนกับสภาพการปลูกจริงโดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice จากนั้นทำการเปรียบเทียบ และพิจารณาความสอดคล้องระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองกับค่าสังเกตที่เก็บได้จากสภาพการปลูกจริง โดยอาศัยวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าว (*Oryza sativa* L.)

ข้าว เป็นพืชที่ให้พลังงาน และเป็นแหล่งอาหารของประชากร โดยแหล่งปลูกข้าวที่สำคัญของโลก คือ ทวีปเอเชีย กำลังการผลิตคิดเป็นร้อยละ 90 ของผลผลิตรวมทั้งโลก ซึ่งข้าวจัดเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย มีมูลค่าการส่งออกอยู่ที่ประมาณ 116.04 แสนล้านบาท ในปี 2563 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) โดยประเทศไทยมีพื้นที่ทำนาประมาณ 68 ล้านไร่ สามารถผลิตข้าวเปลือกได้ประมาณ 28.61 ล้านตันต่อปี (ล้านตันข้าวสาร) อัตราส่วนที่บริโภคภายในประเทศมีประมาณ 22.91 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) โดยข้าวของประเทศไทยสามารถจำแนกตามลักษณะและวิธีการปลูกได้หลายแบบ เช่น องค์ประกอบทางเคมีของคาร์โบไฮเดรตในเอนโดสเปอร์ม คือ ข้าวเจ้า (Non – Glutinous rice) และข้าวเหนียว (Glutinous rice) สภาพเขตพื้นที่การปลูก คือ ข้าวนาไร่ (Upland rice) ข้าวนาสวน (Lowland rice) และข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวนาเมือง (Floating rice) อายุเก็บเกี่ยว คือ ที่อายุ 90 ถึง 100 วัน เรียกว่าข้าวพันธุ์เบา (Early variety) ที่อายุ 100 ถึง 120 วัน เรียกว่า ข้าวพันธุ์กลาง (Medium variety) และที่อายุ 120 วันขึ้นไป เรียกว่า ข้าวพันธุ์หนัก (Late variety) ตามฤดูปลูก คือ ข้าวนาปี หรือข้าวนาน้ำฝน (Rain fed rice) และข้าวนาปรัง (Off – season rice) และตามการตอบสนองต่อช่วงแสง แบ่งออกได้เป็น 2 พวก ได้แก่ พันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง และพันธุ์ข้าวที่ไวต่อช่วงแสง (สถาบันวิจัยข้าว, 2547) แต่การศึกษาในครั้งนี้ใช้ข้าวจำนวน 2 สายพันธุ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

เป็นพันธุ์ข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสงที่เกษตรกรนิยมปลูก เพราะว่าให้ผลผลิตสูง คุณภาพเมล็ดดี และต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล อายุเฉลี่ยประมาณ 115 วัน ความสูงโดยประมาณ 113 เซนติเมตร ทรงกอตั้งตรง รวงยาวแน่น ระแง้ค่อนข้างถี่ ท้องไข่น้อย ลักษณะเด่น คือ สามารถตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนดี สามารถต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยกระโดดหลังขาว สามารถต้านทานโรคใบหงิก มีคุณภาพการสีที่ดี อีกทั้งยังมีการให้ผลผลิตที่สูง เฉลี่ยประมาณ 740 กก./ไร่ (กองวิจัยและพัฒนาข้าว, 2561ข) และเป็นพันธุ์ที่มีข้อมูลสัมประสิทธิ์พันธุกรรมที่บรรจุอยู่ในแบบจำลอง CSM-CERES-Rice โดยเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของ DSSAT DEFAULT V.4.7.5

2.1.2 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 (RD31)

เป็นพันธุ์ข้าวเจ้าไม่ไวต่อแสงโดยเกษตรกรนิยมปลูก เพราะให้ผลผลิตที่สูง สามารถต้านทานโรคและแมลงที่สำคัญได้ อายุโดยเฉลี่ยประมาณ 115 วัน ทรงกอตั้ง ต้นแข็ง ต้นล้มยาก ลักษณะเด่น สามารถต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดหลังขาว และค่อนข้างต้านทานต่อเพลี้ยกระโดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีน้ำตาล สามารถต้านทานต่อโรคขอบใบแห้ง โรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคเมล็ดด่าง ให้ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 742 กก./ไร่ (กองวิจัยและพัฒนาข้าว, 2561ข) และเป็นพันธุ์ที่ พรเพ็ญ สมจิตร์ (2555) ประเมินข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมไว้แล้ว

ระบบการปลูกข้าวของประเทศไทยส่วนใหญ่เน้นการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูง โดยมูลค่าปุ๋ยเคมีราคาประมาณตันละ 19,034-21,200 บาท เมื่อคิดเป็นต้นทุนเฉพาะค่าปุ๋ยเคมีต่อฤดูกาลผลิตอยู่ที่ประมาณ 1,060 บาทต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) ซึ่งถ้าเกษตรกรลดการใช้ปุ๋ยเคมีลง จะช่วยให้ต้นทุนการผลิตลดลงได้ ซึ่งผลการวิจัยของ อรกช เก็จพิรุฬห์ (2555) รายงานว่าต้นทุนการผลิตข้าวแบบใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เฉลี่ยอยู่ที่ไร่ละประมาณ 498.8 บาท ซึ่งน้อยกว่าต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีประมาณ 1 เท่าตัว ชี้ให้เห็นว่าต้นทุนการผลิตโดยใช้ใส่ปุ๋ยในระบบการผลิตข้าวแบบอินทรีย์ มีราคาที่ถูกกว่าและเกษตรกรสามารถผลิต หรือสามารถหาได้จากภายในท้องถิ่น

2.2 การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในระบบการผลิตข้าว

2.2.1 ปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ คือ ปุ๋ยที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตด้วยการทำให้ชื้น สับ หมัก บด ร่อน สกัด หรือวิธีการอื่นๆ และวัสดุอินทรีย์นั้นๆได้ถูกย่อยสลายแบบสมบูรณ์ด้วยจุลินทรีย์ โดยวัสดุที่ใช้ทำนั้นเป็นวัสดุที่ทำมาจาก หรือได้มาจากวัสดุอินทรีย์ ซึ่งไม่ใช่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชีวภาพ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2550) รวมทั้งอินทรียสารที่เป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น กากของพืชต่างๆ ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์สามารถช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น ทำให้ดินโปร่ง ร่วนซุย มีธาตุอาหารพืช ทั้งธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองครบถ้วน และสมดุลดี แต่จะมีในปริมาณที่ค่อนข้างน้อย ทำให้ต้องใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณที่ค่อนข้างมาก อีกทั้งช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2548ก) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณที่เพียงพอและสม่ำเสมอทุกปี จะทำให้ได้ผลดี การย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์ จะดำเนินไปอย่างช้าๆ เมื่อย่อยสลายโดยสมบูรณ์เต็มที่แล้ว จะสามารถช่วยปรับปรุงบำรุงดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ปุ๋ยอินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้กับดินทุกประเภท และพืชทุกชนิด ซึ่งปริมาณหรืออัตราที่ใช้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ สภาพของดินที่ใช้ปลูก และคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ (กรมวิชาการเกษตร, 2548ข) สารอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งได้มาจากเศษซากของพืช หรือ สัตว์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักๆ ของปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์แล้วจะเป็นประโยชน์ต่อพืช

ปุ๋ยอินทรีย์ที่นิยมใช้กันในทางการเกษตรมี 3 ประเภท ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยหมัก (บัญชา รัตนีทู และศิราณี วงศ์กระจ่าง, 2556) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์สามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารอินทรีย์คาร์บอนในดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และยังช่วยรักษาความชุ่มชื้นของดิน รวมทั้งปรับปรุงกายภาพ และเคมีของดินอีกด้วย (Iwasaki et al., 2017) การประยุกต์ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในระบบการผลิตข้าว ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้กับพืช และสามารถช่วยปรับปรุงโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของดินที่มีการเพาะปลูกพืชติดต่อกันต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานให้ดียิ่งขึ้น ปริมาณการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าวขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ และสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยทำการใส่ก่อนปลูก 1-3 สัปดาห์ เพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดจากกรดอินทรีย์ หรือก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายของปุ๋ยมูลสัตว์ และปุ๋ยหมัก ส่วนในกรณีของปุ๋ยพืชสด ควรไถกลบในขณะที่ต้นยังอ่อน (นรีลักษณ์ ชูวรเวช, 2548)

2.2.2 การใช้ปุ๋ยพืชสดในระบบการผลิตข้าว

ปุ๋ยพืชสด คือ พืชที่มีการปลูกและไถกลบ หรือคลุกเคล้าลงไปในดิน โดยทำในช่วงที่พืชนั้นยังมีความสด ในระยะที่พืชมีการดูดใช้ธาตุอาหารสูงสุด ปกติจะทำในช่วงระยะที่พืชมีการออกดอก ปุ๋ยพืชสดมักปลูกร่วมกับระบบการปลูกพืชหมุนเวียน อาจทำการปลูกก่อนหรือหลังการปลูกพืชหลัก ปุ๋ยพืชสดที่ดีควรมีลักษณะดังนี้ เป็นพืชที่มีระบบรากแข็งแรง มีระยะเวลาสั้นในการออกดอก ประมาณ 30 – 60 วัน มีความทนทานต่อโรคและแมลง ปลูกได้ในสภาพทนแล้ง และทุกๆ ฤดูกาล มีเมล็ดพันธุ์ที่มากขยายพันธุ์ได้เร็ว เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูง ให้ธาตุอาหารต่อพืชสูง (ธาตุไนโตรเจน) เมื่อลำต้นมีการย่อยสลายและผุพัง ลำต้นไม่ควรเป็นเถาเลื้อย เพราะจะทำให้ยากต่อการไถกลบ

พืชที่สามารถนำมาทำปุ๋ยพืชสด ได้แก่ พืชที่อยู่ในวงศ์พืชตระกูลถั่ว (Leguminous green manure) และ พืชที่ไม่ได้อยู่วงศ์พืชตระกูลถั่ว (Non-leguminous green manure) ตัวอย่างพืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วพุ่ม (*Vigna* Spp.) ถั่วพร้า (*Canavalia eusiformis*) ถั่วเขียวเมล็ดแดง (*Phaseolus speciosa*) ปอเทือง (*Crotalaria juncia*) โสนอินเดีย (*Sesbania speciosa*) โสนไต้หวัน (*Sesbania aculeate*) เป็นต้น (อัญชลี พัดมีเทศ, 2565) พืชตระกูลถั่วเหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นปุ๋ยพืชสดมากที่สุด เนื่องจากที่บริเวณรากมีเชื้อแบคทีเรียไรโซเบียมอาศัยอยู่ ทำให้สามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศได้ สำหรับปริมาณไนโตรเจนในดินที่ได้รับอาจแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของถั่วและอัตราการนำมาใช้ เช่น การใช้ปอเทืองที่อัตราเมล็ดประมาณ 5 กก./ไร่ ดินจะได้รับปริมาณไนโตรเจนที่ 15 – 20 กก./ไร่ (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดกำแพงเพชร, 2565)

ปุ๋ยพืชสด เมื่อไถกลบลงสู่ดินที่มีความชื้น และอุณหภูมิที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ธาตุอาหารจะถูกปลดปล่อยมากในระยะ 1 – 2 เดือนแรก หลังจากนั้นจะลดลง ความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยพืชสดนั้นสามารถพิจารณาได้ เมื่อธาตุอาหารพืชถูกชะล้างลงสู่ดินจะถูกรากของพืชที่ปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดดูดกลับมาสะสมอยู่ในราก และลำต้น ซึ่งจะก่อให้เกิดผลดีกับการปลูกพืชหลัก ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บนดินและใต้ดินเพิ่มขึ้น เมื่อมีการเติมปุ๋ยพืชสดลงสู่ดิน จะเป็นการช่วยส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโตดีขึ้นกว่าเดิม เมื่อปุ๋ยพืชสดมีการย่อยสลายจะก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอนิคจะส่งผลต่อการละลายของธาตุอาหารต่างๆ ให้ดียิ่งขึ้น จะได้สารอินทรีย์ ซึ่งสามารถจับตัวกับจุลธาตุที่อยู่ในรูปคีเลต คงความเป็นประโยชน์ได้เป็นเวลานาน จากนั้นจะก่อให้เกิดสารอินทรีย์ คือสารโพลีแซคคาไรด์ เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารที่มีลักษณะเหนียว สามารถช่วยประสานเม็ดดิน ช่วยส่งเสริมการสร้างเม็ดดิน และก้อนดิน ภายหลังการไถกลบปริมาณไนโตรเจนที่สูงจะถูกปลดปล่อยมาจากพืชตระกูลถั่ว จะเป็นประโยชน์ต่อพืชหลักที่ปลูกตามมา การเติมปุ๋ยพืชสดลงสู่ดินที่มีการบุกเบิกใหม่ หรือการใส่ตอนต้นฤดูกาล การเพาะปลูกของพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน จะช่วยเพิ่มปริมาณของอินทรียวัตถุในดินให้สูงขึ้น ช่วยให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเพิ่มขึ้นทำให้ไนโตรเจน และคาร์บอนมีการปลดปล่อยมากกว่าเดิม ปุ๋ยพืชสดจำพวกพืชตระกูลถั่วที่มีรากลึก เมื่อพืชหลักเจริญเติบโตไปตามแนวของรากปุ๋ยพืชสดที่ย่อยสลายแล้ว ก็จะได้รับประโยชน์จากธาตุอาหารเดิม และสามารถดูดน้ำจากใต้ดินได้อีกด้วย การปลูกพืชหมุนเวียนระหว่างปุ๋ยพืชสดสลับกับพืชหลัก สามารถทำลายวงจรชีวิตของโรคพืช และแมลงได้ ซึ่งสามารถช่วยลดการระบาดของโรคแมลงบางชนิดลดลง (ธงชัย มาลา, 2550)

Becker et al. (1995) รายงานว่าปุ๋ยพืชสดที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตข้าวส่วนใหญ่จะเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีการสะสมธาตุไนโตรเจนประมาณ 80-100 กก.N /เฮกตาร์ หากใช้ประโยชน์ที่อายุประมาณ 45-60 วันหลังปลูก และธาตุไนโตรเจนในพืชตระกูลถั่วส่วนใหญ่ตรึงได้จากอากาศ Sharma and Mittra (1988) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (*Crotalaria juncea*) และโสน (*Sesbania aculeata*) ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวที่ปลูกได้ดีขึ้น โดยการใส่ปุ๋ยพืชสดในอัตรา 15 กก.N/เฮกตาร์ หรือใส่ 15 กก.N ร่วมกับ 30 กก. P_2O_5 /เฮกตาร์ ทำให้ข้าวมีผลผลิตเพิ่มขึ้น สมพร ดำยศ (2552) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราเมล็ดที่แตกต่างกัน คือ 0 5 10 15 และ 20 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 8-10-0 กก. N-P_2O_5-K_2O /ไร่ ต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวสังข์หยดพัทลุงในชุดดินพัทลุง พบว่าการใช้ปอเทืองอัตราเมล็ด 15-25 กก./ไร่ ข้าวให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้ปอเทืองในอัตราเมล็ด 5-10 กก./ไร่ และเทียบเท่าการใช้ปุ๋ยเคมีที่ให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 409.5 กก./ไร่ เนื่องจากข้าวมีองค์ประกอบผลผลิตเพิ่มขึ้น เช่น จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง และเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี เป็นต้น Bhardwaj and Datt (1995) ศึกษาเปรียบเทียบการย่อยสลายของปุ๋ยพืชสด ได้แก่ ปอเทือง โสน และถั่วพุ่ม ในสภาพดินที่เป็นกรดภายใต้ห้องปฏิบัติการและในสภาพแปลง พบว่าการย่อยสลายของปอเทืองในสภาพแปลงที่เป็นลักษณะพื้นที่ชุ่มน้ำและไม่มีการปลูกข้าว สามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วพอ ๆ กับในสภาพหลอดทดลอง จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าการนำปุ๋ยปอเทืองมาใช้ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีน่าจะเป็นทางเลือกที่ดี เนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกได้ง่าย มีการเจริญเติบโตดี ระบบรากแข็งแรง ออกดอกเร็ว อายุการไถกลบประมาณ 45 วันและมีธาตุไนโตรเจนในปริมาณที่สูงประมาณ 2.76 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (สถานีพัฒนาที่ดินสุพรรณบุรี, 2565) นอกจากนี้เกษตรกรสามารถปลูกและเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้เองได้อีกด้วย Gao et al. (2018) ศึกษาผลการใช้ปุ๋ยพืชสดในระยะยาวต่อองค์ประกอบและโครงสร้างการของการละลายอินทรียวัตถุในดินเหนียวสีแดง โดยเริ่มทำการวิจัยตั้งแต่ปี 1982 ในทางใต้ของประเทศจีน ทรีตเม้นต์ที่ศึกษาประกอบด้วยระบบการปลูกข้าวสลับกับปุ๋ยพืชสด 4 แบบได้แก่ ปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าว และปลูกตามด้วย Milk vetch (RRV) ปลูกข้าวและปลูกตามด้วย Rape seed (RRP) ปลูกข้าวและปลูกตามด้วย ryegrass (RRG) และ ปลูกข้าวและพักที่ดินไว้ (RRF) ผลการศึกษาพบว่าภายในระยะยาว การปลูก Milk vetch และ Rape seed เป็นปุ๋ยพืชสดสามารถช่วยสร้างความเสถียร และการละลายของอินทรียวัตถุในดินเหนียวสีแดงได้ดีกว่า

2.2.3 การใช้ปุ๋ยคอกในระบบการผลิตข้าว

ปุ๋ยคอก คือ ผลพลอยได้จากการทำปศุสัตว์ โดยมีการใช้ทางด้านการเกษตรมาเป็นระยะเวลานาน ปุ๋ยคอกเป็นส่วนที่ได้จากซากพืช ซากสัตว์ หรืออาหารสัตว์ ที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายจากระบบย่อยอาหารของสัตว์จากนั้นจึงจะกลายเป็นอาหารของพืช โดยปุ๋ยคอกจะให้อินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืช และช่วยป้องกัน รักษาดิน และปรับปรุงดิน(กรมวิชาการเกษตร, 2548ข) ปุ๋ยคอกมีอินทรียวัตถุที่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารที่พืชต้องการต่อการเจริญเติบโตในทางตรงและทางอ้อม (Baruni and Olsen, 1979) กล่าวคือ ปุ๋ยคอกเป็นแหล่งของไนโตรเจน กำมะถัน และธาตุอื่นๆ ในปริมาณที่แตกต่างกัน ปุ๋ยคอกมีความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) สูงกว่าในดินเป็นอย่างมาก เมื่อใส่ปุ๋ยคอกลงในดินอย่างต่อเนื่อง สามารถเพิ่มการดูดซับธาตุอาหารจำพวกแคตไอออนของพืชที่ชะล้างยาก เป็นประโยชน์ต่อพืช กรดอินทรีย์หลายชนิดซึ่งเป็นสารจำพวกคีเลต (Chelating agent) เช่น กรดฮิวมิก กรดฟูลวิค เมื่อทำปฏิกิริยาคีเลตชัน (Chelation) กับไอออนของจุลธาตุที่เป็นพวกโลหะ จากนั้นจุลธาตุเหล่านั้นจึงอยู่ในรูปคีเลต (Chelated form) ซึ่งเป็นรูปที่ใช้ประโยชน์ได้ ช่วยในการลดการตรึงฟอสฟอรัสในดิน (Bloom, 1981) เมื่อปุ๋ยคอกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดิน ธาตุอาหารต่างๆ จะถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูปอนินทรีย์ จนเหลือสารอินทรีย์ที่เรียกว่าฮิวมัส ซึ่งมีโครงสร้างที่ซับซ้อน มีลักษณะที่คงทน ขนาดโดยประมาณอยู่ที่ 0.1-1.0 ไมโครเมตร และมีค่า CEC อยู่ที่ประมาณ 100-500 cmol Kg^{-1} โดยค่า CEC ที่เพิ่มขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ในแต่ละครั้ง และค่า pH ของดินจะมีค่าที่สูงเมื่อใส่ปุ๋ยคอกในอัตราที่สูง แต่อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยคอกในช่วงแรกจะทำให้ค่า pH ของดินจะลดลงเล็กน้อย เนื่องมาจากกรดอินทรีย์ที่สะสมจากการย่อยสลายสารตัวของสารอินทรีย์ เมื่อกรดอินทรีย์ส่วนใหญ่สลายตัวหมดจนกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว ค่า pH ของดินจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนกลับสู่ระดับเดิม อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยคอกจะส่งผลทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุมาก ค่า CEC จะเพิ่มขึ้น จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ความจุบัฟเฟอร์ (Buffering capacity) ของดินเพิ่มขึ้น ดินจึงมีความสามารถในการต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของ pH ที่มากกว่าเดิม

ธาตุอาหารในปุ๋ยคอกมีองค์ประกอบด้วยกัน 3 ส่วน ได้แก่ ความเข้มข้นของธาตุอาหาร ปริมาณของเสียที่ถูกขับถ่ายของสัตว์ ชนิดของสารที่สะสมอยู่ในมูลสัตว์ และความเข้มข้นของธาตุอาหารมูลสัตว์ (ยงยุทธ โอสถสภา, 2551) เช่น ในโคนมมีปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ อยู่ประมาณ 2.4, 0.7, 2.1, 0.8 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ต่อน้ำหนักแห้งของมูลสัตว์ ตามลำดับ ส่วนในโคเนื้อมีปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ อยู่ประมาณ 1.9, 0.7, 2.0, 1.3, 0.7 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อน้ำหนักแห้งของมูลสัตว์ ตามลำดับ (Brady and Weil, 2002) ซึ่งผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในมูลสัตว์ที่กล่าวมาข้างต้นนั้นย่อมแตกต่างกัน เนื่องจากอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ และวิธีการเก็บรักษาปุ๋ยคอก ทั้งนี้ธาตุอาหารยังคงมีการตกค้างอยู่ในมูลสัตว์ เนื่องจากระบบการย่อยอาหารของสัตว์สามารถดูดซึมธาตุอาหารได้เพียงบางส่วนเท่านั้น โดยธาตุอาหารที่ตกค้าง อย่างเช่น ธาตุไนโตรเจนพบที่ประมาณร้อยละ 75 ของมูลสัตว์ ธาตุฟอสฟอรัสพบที่ประมาณร้อยละ 80 ของมูลสัตว์ ธาตุโพสแทสเซียมพบที่ประมาณร้อยละ 90 ของมูลสัตว์ ดังนั้นปุ๋ยคอกจึงสามารถเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญแก่พืชได้ (ยง ยุทธ โอสถภา, 2551)

กรรณิกา นากลาง และ สว่าง โรจนกุศล (2548) ศึกษาการใส่ปุ๋ยคอก ฟางข้าว และปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวนาหว่านแห้งในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกที่อัตรา 1,000 กก./ไร่ สามารถให้ผลผลิตข้าวที่ 294 กก./ไร่ คิดเป็น 31 เปอร์เซ็นต์ จากการไม่ใส่ปุ๋ยของข้าวนาหว่านแห้งตลอดระยะเวลา 6 ปี โดยผลผลิตข้าวที่ได้ คือ 238 กก./ไร่ ศิริวรรณ ทิพรักษ์ และคณะ (2550) ศึกษาผลของน้ำส้มควันไม้ และปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่า ที่ระยะเก็บเกี่ยวการใช้น้ำส้มควันไม้ร่วมกับมูลวัว 500 และ 1,000 กก./ไร่ ทำให้ข้าวมีจำนวนหน่อต่อกอ 7.1 และ 7.2 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณที่สูงกว่ากรรมวิธีอื่น การใช้น้ำส้มควันไม้และปุ๋ยคอกนั้นส่งผลให้ข้าวมีการแตกกอที่ดี สมจิตร แสงแจ่ม (2553) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยคอกอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยยูเรียที่มีต่อผลผลิตของข้าวหอมนิล ที่อายุได้ 45 วัน โดยทรีตเม้นต์ที่มีการใช้ปุ๋ยโค พบว่ามีความสูงเฉลี่ยที่ 94 เซนติเมตร และระยะเก็บเกี่ยว พบว่าน้ำหนักเมล็ดดีเท่ากับ 620 กก./ไร่ และน้ำหนักผลผลิตรวมอยู่ที่ 670 กก./ไร่ สุรพล จัตุพร (2538) ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี การชะลอการเจริญเติบโตที่มีผลต่อผลผลิต และองค์ประกอบของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกบนนาดินทราย พบว่า ทรีตเม้นต์ที่ได้รับปุ๋ยคอก น้ำหนักเมล็ดข้าว 1,000 เมล็ด มีค่าที่สูงกว่าทรีตเม้นต์ที่ไม่ได้รับปุ๋ยคอก อีกทั้งยังพบว่ามีความสัมพันธ์ต่อความสูง และองค์ประกอบของผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 อีกด้วย วนิดา วัฒนพายัพกุล (2558) ศึกษา ผลของน้ำส้มควันไม้ และปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของข้าวหอมมะลิ พบว่าจำนวนหน่อต่อกอของข้าวพันธุ์ กข15 และขาวดอกมะลิ 105 น้ำหนักเมล็ดดี เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้น้ำส้มควันไม้แบบเจือจาง และมูลโคที่อัตรา 1,000 กก./ไร่

2.2.4 การใช้ปุ๋ยหมักในระบบการการผลิตข้าว

ปุ๋ยหมัก เป็นกรรมวิธีการนำวัสดุอินทรีย์จากพืช หรือสัตว์ หรือวัสดุซึ่งเหลือจากชุมชน นำมาผ่านกระบวนการ สับ บด ร่อน และทำให้ชื้น จากนั้นจะผ่านกรรมวิธีการหมัก จนแปรสภาพจากเดิมจนสมบูรณ์ โดยกระบวนการหมักนั้นเป็นกระบวนการย่อยสลายทางชีววิทยาของจุลินทรีย์ที่เกิดในสภาวะที่เหมาะสม จนได้ปุ๋ยที่มีลักษณะนุ่ม และเป็นขุย มีอุณหภูมิไม่สูง สามารถช่วยปรับปรุงบำรุงคุณสมบัติทางเคมีและชีวภาพของดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2548ข) ปุ๋ยหมัก เมื่อใส่ลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปในดินสามารถช่วยให้ดินมีคุณสมบัติที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูกพืช และช่วยส่งเสริมปรับปรุงสภาพแวดล้อม ช่วยส่งเสริมคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของดิน ช่วยส่งเสริมความสามารถในการสร้างเม็ดดิน (Soil aggregation) เนื่องจากในฮิวมัสของปุ๋ยหมักมีสารอินทรีย์ประจุลบ ปุ๋ยหมักช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดิน ทำให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลง เพิ่มความพรุนของผิวดิน เพิ่มธาตุอาหารให้กับดินทางตรง ช่วยเพิ่มความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน โดยปุ๋ยหมักเป็นปุ๋ยที่มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงกว่าดินเหนียว 5 ถึง 10 เท่า เมื่อใส่ปุ๋ยหมักลงดิน สามารถช่วยเพิ่มความจุความต้านทานในการเปลี่ยนแปลงของระดับความเป็นกรดและด่าง (Buffer capacity) ช่วยในการเกิดการเปลี่ยนแปลงไม่รวดเร็วจนเป็นอันตรายต่อพืช การใส่ปุ๋ยหมักลงดินเป็นการเพิ่มอาหารให้กับจุลินทรีย์จำพวกเฮทเทอโรโทรฟ (Heterotroph) ช่วยทำให้แบคทีเรียเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินมีจำนวนมากขึ้น เช่น *Azotobacter sp.* การเกิดของจุลินทรีย์ส่งผลต่อการเกิดกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดฟอร์มิค (Formic acid) และกรดอะซิติก (Acetic acid)

ประชา นาคะประเวศ และเจ้าหน้าที่ศูนย์พัฒนาที่ดินขอนแก่น (2525) ศึกษาอัตราปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมในชุดดินราชบุรี บ้านท่าหิน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ทำการทดลองโดยการปลูกข้าวพันธุ์ กข17 พบว่า การใช้ปุ๋ยหมักที่อัตรา 6 ตัน/ไร่ หรือปุ๋ยเคมีอัตรา 20 กก./ไร่ ให้ปริมาณผลผลิตข้าวที่ดีที่สุด คือ 305.78 และ 298.67 กก./ไร่ ตามลำดับ และได้ทำการศึกษาในพันธุ์ข้าว กข19 โดยใช้ปุ๋ยหมักที่ได้จากศูนย์พัฒนาที่ดินขอนแก่น ในชุดดินราชบุรี บ้านท่าหิน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น พบว่าการใส่ปุ๋ยหมักที่อัตรา 6 ตัน/ไร่ ส่งผลทำให้ข้าวมีความสูง (118.49 เซนติเมตร) และน้ำหนักของฟางข้าวแห้ง (926.22 กก./ไร่) ดีที่สุด

ปรีดี ดีรักษา และคณะ (2527) ศึกษาอัตราปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมในดินชุดร้อยเอ็ด ที่ตำบลไฮหย่อง อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวโดยใช้ปุ๋ยหมักจากกากอ้อย และปุ๋ยเคมี 18-22-6 พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักที่อัตรา 6 ตัน/ไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีที่อัตรา 20 กก./ไร่ ได้ผลผลิตสูงสุด คือ 1,240 กก./ไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยหมักที่อัตรา 4 ตัน/ไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีที่อัตรา 20 กก./ไร่ ได้ผลผลิตอยู่ที่ 858 กก./ไร่ เมื่อเทียบกับการไม่ใช้ปุ๋ยหมักและปุ๋ยเคมี ได้น้ำหนักของผลผลิตที่ 240 กก./ไร่

พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ (2561) ศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักเพื่อปรับปรุงดินสำหรับปลูกข้าวไร่ในพื้นที่บ้านป่าละอู จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักจากสูตรฟางข้าวต่อดินขุยไผ่ โดยที่สัดส่วน 8 ต่อ 1 เป็นสูตรที่มีความเหมาะสมที่สุด และร่วมกับการให้น้ำในปริมาณที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลาทุกๆ 3 วัน สามารถช่วยปรับปรุงดินในแปลงข้าวไร่ของเกษตรกรได้

Tadesse et al. (2013) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยหมักและปุ๋ยอนินทรีย์ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินและความสมดุลของธาตุอาหารในระบบการผลิตข้าวเขตน้ำฝนในปี 2010 และปี 2011 ในพื้นที่ราบ Fogera ทางตอนเหนือของประเทศเอธิโอเปีย โดยใช้ทรีตเม้นต์การทดลองทั้งหมด 27 ทรีตเม้นต์ ประกอบด้วยปุ๋ยหมัก 3 ระดับได้แก่ 0, 7.5 และ 15 ตัน/เฮกตาร์ อัตราปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรเจน 3 ระดับได้แก่ 0, 60 และ 120 กก.N ต่อเฮกตาร์ อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส 3 ระดับได้แก่ 0, 50 และ 100 กก. P_2O_5 /เฮกตาร์ วัดค่าความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) องค์ประกอบอินทรียวัตถุ (Organic matter content) ความสามารถในการเก็บกักน้ำ เป็นประโยชน์ของดิน (Available water holding capacity) ไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen) และ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืช ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยหมัก 15 ตัน/เฮกตาร์ มีนัยสำคัญต่อการเพิ่มขึ้นของอินทรียวัตถุในดิน (Soil organic matter) และความสามารถในการเก็บกักน้ำ เป็นประโยชน์ของดิน (Available water holding capacity) แต่ความหนาแน่นรวมของดิน (Soil bulk density) ลดลง ทั้งนี้ปุ๋ยหมักสามารถช่วยสร้างองค์ประกอบที่ดีต่อการเจริญเติบโตของข้าวได้

Hasegawa et al. (2005) ศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ในแปลงปลูกข้าวต่อสถานะของธาตุอาหารและประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของแปลงนาข้าวอินทรีย์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศญี่ปุ่นโดยเริ่มทำการศึกษาในปี 2001 ทรีตเม้นต์ของแปลงนาเกษตรกรที่ใช้ศึกษาประกอบด้วยการปรับปรุงอินทรียวัตถุ 3 แบบ ได้แก่ การใช้ปุ๋ยหมักจากมูลวัว มูลไก่ และฟางข้าว การใช้ปุ๋ยหมักจากมูลวัว และการใช้ฟางข้าวเพียงอย่างเดียว โดยแต่ละแปลงนาข้าวได้รับปุ๋ยมาเป็นระยะเวลา 5 ปี หรือตั้งแต่เริ่มศึกษา พบว่า ทรีตเม้นต์ที่ใช้ปุ๋ยหมักจากมูลวัว มูลไก่ และฟางข้าวสามารถช่วยปรับปรุงธาตุอาหารได้ดีที่สุด

2.3 แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช (Crop simulation model)

แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช คือ การอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงการเปลี่ยนแปลงหรือทำนายระบบต่างๆ ของการเจริญเติบโตของพืช ทั้งภายในลำต้นและภายนอกลำต้นของพืช ตลอดจนผลผลิตของพืช โดยแสดงผลลัพธ์ (Output) ในรูปแบบของตัวเลข ต้องอาศัยการรวบรวมข้อมูลทางพื้นฐาน (Input) ได้แก่ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช เช่น ปัจจัยภายในและสภาพแวดล้อมภายนอก ตลอดจนวิธีการปฏิบัติการทางการเกษตร โดยจะทำการคำนวณผลลัพธ์ของสมการทางคณิตศาสตร์ (Graves et al., 2002) แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชนั้นสามารถใช้เป็นทางเลือก เพื่อสนับสนุนการทดลองทางภาคสนามและกระบวนการจัดการสภาพแปลงทดลองทั้งระยะเวลาสั้น ตลอดจนถึงระยะเวลายาว (Fry et al., 2017) โดยแบบจำลองการปลูกนั้นที่นิยมในปัจจุบันนั้นมีหลากหลาย เช่น APSIM (Chauhan et al., 2013), CERES (Jones and Kiniry, 1986), EPIC (Williams et al., 1989), STICS (Brisson et al., 2003), SUCROS (Spitters, 1990), SALUS (Basso et al., 2011), CropSyst (Stöckle et al., 2003), and DSSAT (Hoogenboom et al., 2019) สำหรับระบบการสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการปลูกพืช Decision Support System for Agrotechnology (DSSAT) เป็นซอฟแวร์ที่ประกอบด้วยแบบจำลองการปลูกพืช 42 ชนิด (เวอร์ชั่น 4.7.5) ตลอดจนเครื่องมือที่อำนวยความสะดวกให้ง่ายต่อการจำลอง ได้แก่ ซอฟแวร์ฐานข้อมูลด้านการจัดการดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศ การจัดการพืช และข้อมูลการทดลอง แบบจำลองการปลูกพืชสามาถจำลองการเจริญเติบโต การพัฒนาการ ผลผลิต และความอ่อนไหวของสภาพอากาศ แบบจำลองการปลูกพืชถูกใช้อย่างกว้างขวางในหลายพื้นที่ และสภาพอากาศที่แตกต่างกัน รวมทั้งการจัดการระดับฟาร์ม การประเมินการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศระดับภูมิภาค ข้อมูลด้านพันธุกรรมพืช การคัดเลือกพันธุ์ การใช้น้ำ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และระยะเวลาความสมดุลของอินทรีย์คาร์บอน และไนโตรเจนในดิน แบบจำลองการปลูกพืชนั้นได้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายโดยนักวิจัย นักศึกษา ที่ปรึกษา ผู้ปลูกมากกว่า 25,000 คน 183 ประเทศทั่วโลก (Hoogenboom et al., 2019) โดยแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชจะประเมินได้นั้นต้องอาศัยข้อมูลตัวป้อน (Input ได้แก่ ข้อมูลดิน ข้อมูลสภาพอากาศ ข้อมูลพืช และข้อมูลการจัดการ

อย่างไรก็ตามข้อมูลตัวป้อนต้องมีคุณภาพดีไม่เช่นนั้นจะส่งผลต่อค่าการทำนาย ตัวอย่างเช่น ในงานทดลองของ Fry et al. (2016) ศึกษาผลของการปรับคุณสมบัติของดินและตัวชี้วัดของแบบจำลองต่อความแม่นยำการทำนายของแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชภายใต้สภาพอากาศที่แปรปรวน ในพื้นที่ 19 แห่ง ที่เมือง LTER KBS ในรัฐมิชิแกน ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยดำเนินการสังเกตและจำลองในปี 2010 และปี 2013 เลือกตัวแทนของดิน 2 ประเภท วิธีการจัดการ 2 แบบ และองค์ประกอบของภูมิประเทศ 3 แบบ ได้แก่ บริเวณที่สูง ที่ลาดชัน และที่ราบลุ่ม ใช้แบบจำลองสร้างค่าสำหรับแปลงทดลองกับสภาพเงื่อนไขสภาพแวดล้อมในสถานที่ทั้งหมดเป็นระยะเวลา 22 ปี ผลของการศึกษาแสดงความแปรปรวนของผลผลิตถั่วเหลืองในดินทั้ง 2 ประเภท และแนวทางการจัดการทั้ง 2 แบบมีความสัมพันธ์กับความแปรผันของเนื้อดินและปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน แต่ไม่พบความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศ อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้การสร้างค่าของแบบจำลองนั้นจะเหมาะสมสำหรับบางสถานที่

2.3.1 แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว (CSM-CERES-Rice)

แบบจำลอง CSM-CERES-Rice เป็นส่วนหนึ่งในระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางการเกษตร ซึ่งถูกพัฒนาโดยการร่วมกันระหว่างทีมนักวิทยาศาสตร์จากมหาวิทยาลัยมิชิแกน (MSU) ศูนย์การพัฒนาปุ๋ยระหว่างประเทศ (IFDC) และมหาวิทยาลัยฮาวาย โดยมี Joe Ritchie (มหาวิทยาลัยมิชิแกน) และ Upenra Singh (IFDC) ร่วมกันประสานงานการพัฒนาแบบจำลอง (Timsina and Humphreys. 2006) โดยแบบจำลองสามารถจำลองกระบวนการเจริญเติบโต (Growth) และพัฒนาการของข้าว (Development) โดยใช้สภาพดิน และสภาพภูมิอากาศ และเกี่ยวข้องกับระบบความสมดุลน้ำ และไนโตรเจน ทั้งภายในดินและต้นพืช (Tsuji et al., 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การประยุกต์ใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว

การประยุกต์ใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวต้องอาศัยข้อมูลนำเข้า (Input data) ประกอบด้วย ข้อมูลดิน ข้อมูลสภาพอากาศ ข้อมูลสัมประสิทธิ์พันธุกรรมพืช และข้อมูลด้านการจัดการ (Jones et al., 2003) มีรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว เช่น พรเพ็ญ สมจิตร์ (2555) ได้ทำการศึกษาการประเมินลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง 7 สายพันธุ์ โดยใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CSM-CERES-Rice พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินค่าอัตราการเจริญเติบโต (CGR) ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) และ พื้นที่ใบเฉพาะ (SLA) ของข้าวได้ค่อนข้างดีในทุกช่วงวันปลูก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ที่ระยะ 45 วันหลังปักดำ ถึงระยะเก็บเกี่ยว และพบว่าแบบจำลองประเมินค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (HI) ได้ค่อนข้างดี Vilayvong et al. (2015) ศึกษาการตัดสินใจวิธีการจัดการผลผลิตข้าวพันธุ์ข้าว TDK8 และ TDK11 ปลูกในพื้นที่ราบลุ่มประเทศลาว ปี 2012 โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ประเมินผลของวิธีการจัดการ (วันปลูกที่แตกต่างกัน 8 วัน x ความหนาแน่นของประชากรพืช x อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 3 ระดับ) ต่ออายุวันผสมเกสร วันเก็บเกี่ยว การเจริญเติบโต และผลผลิต โดยเริ่มทำการจำลองการปลูกตั้งแต่ปี 1980 ถึง ปี 2012 พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินค่าวันผสมเกสร วันเก็บเกี่ยว การเจริญเติบโต และผลผลิต ได้ดี (ค่า normalized root mean square error อยู่ระหว่าง 1-16 เปอร์เซ็นต์) ชี้ให้เห็นว่าแบบจำลอง CSM-CERES-Rice สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจวิธีการจัดการในระบบการผลิตข้าวได้

Ahmad et al. (2012) ใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ประเมินความหนาแน่นของประชากรพืชและอัตราการใช้ไนโตรเจนต่อผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ปี 2000 และ ปี 2001 ในเมือง Faisalabad รัฐ Punjab ประเทศปากีสถาน ผลการจำลองพบว่า วิธีการปลูกแบบ 2 ต้น/หลุม ร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 200 กก.N/เฮกตาร์ ให้ผลผลิตสูงที่สุดเมื่อเทียบกับทรีตเม้นต์แบบอื่นๆ ผลลัพธ์การใช้แบบจำลองชี้ให้เห็นว่า แบบจำลองสามารถใช้เป็นเครื่องมือการตัดสินใจที่ดีในการปลูกข้าวได้

Singh et al. (2017) ประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตข้าว ในเขตพื้นที่ที่สภาพอากาศแตกต่างกันของประเทศอินเดีย โดยใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช CSM-CERES-Rice (แบบจำลองดำเนินงานภายใต้โปรแกรมสำเร็จรูป DSSAT V.4.6) โดยทำการประเมินผลผลิตของข้าว 4 สายพันธุ์ ภายใต้วันปลูกที่แตกต่างกันในรัฐต่าง ๆ ของประเทศอินเดีย พบว่าสถานที่ปลูกในรัฐ Amritsar, Ludhiana, Hisar, Ambala, Modipuram และ Kanpur มีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 6.3, 6.5, 7.7, 7.5, 4.3 และ 4.1 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ ซึ่งสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงทำให้มีระยะเวลาการปลูกข้าว จำนวนเมล็ดข้าว และระยะเวลาการเติมเต็มเมล็ด มีการลดลงซึ่งผลการทดลองที่ได้มีความสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lamsal et al. (2013) ศึกษาความอ่อนไหวของสภาพภูมิอากาศในประเทศเนปาล โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ทำการประเมินผลกระทบของสภาพอากาศต่อการผลิตข้าว ปลูกข้าวต่างสายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ Prithivi hybrid, พันธุ์ Masuli (HYV) และพันธุ์ Sunaulo Sugandha (Aromatic) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่างกัน 4 ระดับ ประกอบด้วย อัตรา 40, 80, 120 และ 160 กก.N /เฮกตาร์ ทำการสร้างสภาพภูมิอากาศจำลองที่แตกต่างกัน 8 แบบ พบว่าที่อุณหภูมิต่ำสุด และสูงสุด (±4 ^{0}C), CO_2 (± 20 ppm) และ ค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ (±1 MJ/m^2/day) ผลผลิตข้าวทั้ง 3 พันธุ์เพิ่มขึ้น 62, 41 และ 42% ตามลำดับ โดยผลผลิตที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการเจริญเติบโต และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า แบบจำลองสามารถใช้ประเมินความอ่อนไหวของสภาพภูมิอากาศได้ดีในเมือง Chitwan ประเทศเนปาล

Phakamas (2015) ใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวในระดับแปลงเกษตรกร โดยใช้วิธีการปฏิบัติของเกษตรกรเป็นข้อมูลนำเข้า พบว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่สังเกตได้มีความสอดคล้องกันสำหรับวันออกดอก วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา และน้ำหนักแห้งสูงสุดของข้าว ส่วนผลผลิตแบบจำลองประเมินได้ไม่ดีเนื่องมาจากการระบาดของโรคและแมลง

Oteng-Darko et al. (2012) ประเมินผลผลิตของข้าวภายใต้สถานการณ์สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงในประเทศกานา ภายใต้โครงการ Anum Valley Irrigation เป็นระยะเวลา 8 ปี ตั้งแต่ปี 1989-2006 โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice พบว่าดัชนีสภาพอากาศมีความอ่อนไหวต่อผลผลิตข้าว ได้แก่ อุณหภูมิ ความเข้มข้นของ CO_2 ค่ารังสีดวงอาทิตย์ และปริมาณน้ำฝน และยังพบว่า การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศต่อผลผลิตของข้าวจะขึ้นอยู่กับสถานที่การปลูกข้าว การปฏิบัติทางการเกษตร การพัฒนาการของข้าวต่ออุณหภูมิ และผลการปฏิบัติในแปลงของเกษตรกร

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถนำมาใช้ประเมินการเจริญเติบโตของพืชได้ แต่รายงานการวิจัยในการประยุกต์ใช้กับทางด้านปุ๋ยอินทรีย์มีน้อยมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจนำมาใช้ศึกษาเพื่อประเมินผลการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในระบบการผลิตข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 จะเป็นการศึกษาอิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง และการทดลองที่ 2 จะเป็นการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิดได้แก่ ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก และปุ๋ยหมัก ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยทั้งสองงานทดลองจะมีการนำแบบจำลอง CSM-CERES-Rice มาประเมินการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวเพื่อเปรียบเทียบความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการสังเกตจริงในแปลงกับผลที่ได้จากแบบจำลอง

3.1 สถานที่ทำการทดลอง

3.1.1 แปลงทดลองภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.1.2 ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.1.3 ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2 ระยะเวลาทำการทดลอง

ทำการทดลองระหว่างเดือน สิงหาคม 2561 ถึงเดือนมกราคม 2562 รวมระยะเวลา 2 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาอิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice

ส่วนที่ 1 เป็นการศึกษาอิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยมีการเก็บบันทึกข้อมูลจริงในแปลงทดลอง ดำเนินการโดยการจัดสิ่งทดลองแบบ 2x5 Factorial experiment in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ซึ่งมีความแตกต่างระหว่างบล็อคด้านการได้รับแสงแดดจากร่มเงาของโรงเรือนทดลอง โดยปัจจัยที่ใช้ในการทดลองมี 2 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 คือ ข้าวไม่ไวแสงจำนวน 2 พันธุ์ ประกอบด้วย

1. ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (CN 1)
2. ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 (PTT 80)

ปัจจัยที่ 2 คือ อัตราไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสด 5 อัตรา ประกอบด้วย

1. ไม่ใส่ปอเทือง (Non-fertilizer)
2. ใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (SH) ที่อัตรา 5 กก.N/ไร่
3. ใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (SH) ที่อัตรา 10 กก.N/ไร่
4. ใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (SH) ที่อัตรา 15 กก.N/ไร่
5. ใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (SH) ที่อัตรา 20 กก.N/ไร่

สำหรับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตรา 5, 10, 15 และ 20 กก.N/ไร่ เมื่อคิดเป็นปริมาณของปอเทืองแห้งที่มีค่าเท่ากับ 0, 217.0, 434.78, 652.17 และ 869.56 กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่ ตามลำดับ โดยผลการวิเคราะห์ปอเทืองที่ใช้ในการศึกษานี้มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 2.3 % ของน้ำหนักแห้ง

สำหรับการเตรียมดินโดยก่อนปลูกจะทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบางประการ พบว่าเนื้อดินมีสัดส่วนของเปอร์เซ็นต์ทราย (sand) : ทรายแป้ง (silt) : ดินเหนียว (clay) เท่ากับ 70: 10: 20 ดินมีลักษณะเป็นกรดค่า pH 4.96 (กรดจัด) มีอินทรียวัตถุเท่ากับ 2.54 เปอร์เซ็นต์ มีอินทรีย์คาร์บอนเท่ากับ 1.47 เปอร์เซ็นต์ และจัดว่าเป็นดินที่มีการระบายน้ำดี ดังแสดงใน**ตารางที่ 3.1**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติบางประการของดินก่อนปลูก

คุณลักษณะ	ปริมาณ
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	4.96
ทราย (sand) : ทรายแป้ง (silt) : ดินเหนียว (%)	70 : 10 : 20
อินทรีย์วัตถุ (%)	2.54
อินทรีย์คาร์บอน (%)	1.47
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)	0.13

* วิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

จากนั้นตากดินในร่มให้แห้งอย่างน้อย 1 สัปดาห์ แล้วย่อยดินให้ละเอียดหลัง นำดินที่ผ่านการย่อยแล้วมาใส่ลงในกระถางพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 นิ้ว โดยใส่ดินให้ห่างจากปากกระถางพลาสติก 5 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำปอเทืองที่ระยะดอกบาน ที่ได้นำมาจากแปลงเกษตรกรมาตากให้แห้งและย่อยมวลชีวภาพลงดินที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร (สมพร ดำยศ, 2556) โดยใส่ตามอัตราทรีตเม้นต์ที่กำหนด และขังน้ำไว้เป็นระยะเวลา 15 วัน (สมพร ดำยศ, 2556) ระหว่างระยะเวลาขังน้ำ ทำการเพาะข้าวก่อนวันครบกำหนดขังน้ำ 4 วัน โดยทำการนำเมล็ดข้าวจำนวน 2 พันธุ์ แช่น้ำไว้ 1 คืนและนำไปตากไว้ในร่มเป็นระยะเวลา 3 วัน ขณะที่ต้นข้าวยังอ่อนใส่น้ำไม่ให้เยอะเกินไป รักษาระดับน้ำจนข้าวสามารถตั้งตัวได้ จากนั้นเพิ่มระดับน้ำให้ถึง 10 เซนติเมตร จนกระทั่งก่อนเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์ ต่อมาหลังจากทำการปลูกข้าวเสร็จเรียบร้อยจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต ทำการเก็บตัวอย่างดินทุกกระถางพลาสติก โดยกระทำการเก็บที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในดินโดยวิธี Kjeldahl (Aoac, 2006)

การเก็บบันทึกข้อมูล จะดำเนินการสุ่มตัวอย่างจำนวน 3 ครั้ง ได้แก่ ระยะแตกกอ ระยะออกดอก และระยะสุกแก่เก็บเกี่ยวทางสรีรวิทยา โดยที่ระยะแตกกอ ระยะออกดอก และระยะเก็บเกี่ยวจะสุ่มเก็บกระถางละ 2 กอ ทำการวัดค่าคงความเขียว (SPAD chlorophyll meter reading: SCMR) ด้วยเครื่องวัด SPAD ยี่ห้อ Minolta รุ่น 502 จากนั้นนำต้นข้าวมาล้างทำความสะอาด วัดความสูง นับจำนวนหน่อต่อกอ หลังจากนั้นทำการสุ่มเจาะใบข้าวจำนวน 50 วงต่อต้น เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index; LAI) และพื้นที่ใบเฉพาะ (Specific leaf area; SLA) หลังจากนั้นนำต้นข้าวมาแยกส่วนของต้น และใบ แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่ แล้วนำออกจากตู้อบมาชั่งน้ำหนักแห้งและบันทึกผลทันที นอกจากนี้ยังมีการคำนวณค่าอัตราการเจริญเติบโต (Crop growth rate; CGR) ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต ส่วนที่ระยะเก็บเกี่ยวจะมีการเก็บบันทึกข้อมูลผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต โดยนับเมล็ดข้าว แยกเมล็ดดี และเมล็ดเสีย สุ่มเมล็ดจำนวนหนึ่งเพื่อนำไปหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และนำน้ำหนักเมล็ดดีและน้ำหนักแห้งรวมส่วนเหนือดินทั้งหมดมาใช้ในการคำนวนค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvest index; HI) จากนั้นนำข้อมูลด้านการเจริญเติบโตที่เก็บบันทึกในแปลงปลูกจริงนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเม้นต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม MSTAT-C (Bricker, 1989)

ส่วนที่ 2 เป็นการประเมินผลของการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยแบบจำลอง CSM-CERES-Rice โดยเริ่มจากการเตรียมข้อมูลนำเข้า (Input) สู่แบบจำลอง เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกจริงในแปลงปลูกจากการศึกษาส่วนที่ 1 ประกอบด้วย ข้อมูลดิน ข้อมูลอากาศ ข้อมูลการจัดการ และข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพืช มาเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ต้องการ ตามรายละเอียดดังนี้

1) ไฟล์ข้อมูลดิน (Soil.SOL) นำตัวอย่างดินก่อนปลูกไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการประกอบด้วย สีของดิน คุณลักษณะของเนื้อดิน (เปอร์เซ็นต์ Sand, Silt และ Clay) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter) ความเป็นกรดและด่างของดิน (**ตารางที่ 3.1**) จากนั้นทำการสร้างไฟล์ในส่วนของเครื่องมือ Soil Build

2) ไฟล์ข้อมูลสภาพอากาศรายวัน (xxxxXXXX.WTH) ประกอบด้วย ข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ (เมกาจูล/ตารางเมตร/วัน) อุณหภูมิอากาศต่ำสุดและสูงสุด (องศาเซลเซียส) และปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) ตลอดช่วงฤดูปลูก ของสนามบินสุวรรณภูมิซึ่งใกล้เคียงแหล่งปลูกโดยขอความอนุเคราะห์จากกรมอุตุนิยมวิทยา สำหรับข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์รายวัน คำนวณจากค่าอุณหภูมิ ต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุด ตามกรรมวิธีของ Phakamas et al. (2013) โดยใช้โปรแกรม WeaData 2.0

3) ไฟล์ข้อมูลการจัดการ (xxxxXXXX.RIX) ประกอบด้วย วันที่ปลูก ความลึกของการปลูก วันที่งอก และวันเก็บเกี่ยว ความหนาแน่นของประชากรพืชต่อตารางเมตร วันที่และปริมาณการให้น้ำ วันที่ใส่ปุ๋ย อัตราการใส่ปุ๋ย โดยข้อมูลการปฏิบัติต้องตรงกับที่ปฏิบัติในศึกษาส่วนที่ 1

4) ไฟล์ข้อมูลพืช (RICER047.CUL) หรือค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม ประกอบด้วยข้อมูลทางด้านพัฒนาการ และด้านการเจริญเติบโตของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ สำหรับพันธุ์ชัยนาท 1 จะใช้สัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมมีอยู่แล้วในฐานข้อมูลของ DSSAT version 4.7.5 (default) ส่วนพันธุ์ปทุมธานี 80 ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของ พรเพ็ญ สมจิตร์ (2555)

นอกจากการเตรียมไฟล์ข้อมูลตัวป้อนทั้ง 4 ชนิดที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ต้องมีการเตรียมไฟล์ข้อมูลค่าสังเกตที่มีการจดบันทึกจริงจากแปลงทดลอง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ ตามรายละเอียด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟล์ข้อมูลด้านการพัฒนาการและการเจริญเติบโตของพืช ที่เก็บบันทึกจากงานทดลองจริงที่อายุต่าง ๆ ของพืช (xxxxXXXX.RIA) ประกอบด้วย ค่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลในสภาพจริง ได้แก่ วันกำเนิดช่อรวง วันออกดอก วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา ดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และน้ำหนักเมล็ด เป็นต้น

ไฟล์ข้อมูลด้านการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชที่เก็บบันทึกจากงานทดลองจริงที่อายุต่าง ๆ ของพืชเป็นรายทรีตเม้นต์ (xxxxXXXX.RIT) ประกอบด้วย ค่าที่ทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตพืชในสภาพจริง ได้แก่ ค่าดัชนีพื้นที่ใบ ค่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ค่าผลผลิต จำนวนหน่อต่อกอ ค่าไนโตรเจนทั้งหมดในต้นพืช และเมล็ด และค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว เป็นต้น

ภายหลังจากเตรียมไฟล์ต่าง ๆ ครบแล้ว จากนั้นจะนำเข้าไปยังโปรแกรม DSSAT v 4.7.5 เพื่อใช้แบบจำลอง CSM-CERE-Rice ประเมินระยะพัฒนาการและการเจริญเติบโต เพื่อบันทึกข้อมูลวันกำเนิดช่อรวง (Panicle Initiation day) วันผสมเกสร (Anthesis day) วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity day) ค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ค่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (Tops weight) ค่าผลผลิต (Grain yield) และค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvest index)

การพิจารณาความสอดคล้องระหว่างผลการจำลองและค่าสังเกตจริงในแปลงปลูกพิจารณาจากค่า Normalized root mean square error (RMSEn) และ Agreement index (D-stat) โดยถ้าค่า d มีค่าใกล้เคียงกับ 1 และค่า RMSEn มีค่าต่ำแสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการจำลองและข้อมูลค่าสังเกตจากแปลงปลูกจริงมีความใกล้เคียงกัน โดยหากค่า RMSEn น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ดีมาก เมื่อค่าอยู่ระหว่าง 10-20 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ดี เมื่อมีค่าอยู่ระหว่าง 20-30 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ค่อนข้างดี และหากมีค่ามากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี (Rinaldi et al., 2003) ตามสูตรดังนี้

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

เมื่อ n = จำนวนของค่าสังเกต

P_i = ค่าทำนายของการวัดครั้งที่ i

O_i = ค่าสังเกตของการวัดครั้งที่ i

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

เมื่อ RMSE = root mean square error

$\overline{O}$ = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เมื่อ n = จำนวนของค่าสังเกต

P_i = ค่าทำนายของการวัดครั้งที่ i

O_i = ค่าสังเกตของการวัดครั้งที่ i

$\overline{O}$ = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต

$P_i' = P_i - \overline{O}$

$O_i' = O_i - \overline{O}$

3.3.2 การทดลองที่ 2 การประเมินอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice

ส่วนที่ 1 เป็นการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก และปุ๋ยหมัก ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง วางแผนการทดลองแบบ 2x5 Factorial experiment in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ซึ่งมีความแตกต่างระหว่างบล็อคด้านการได้รับแสงแดดจากร่มเงาของโรงเรือนทดลอง โดยปัจจัยที่ใช้ในการทดลองมี 2 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 คือ ข้าว 2 พันธุ์ ประกอบด้วย

1. ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (CN 1)
2. ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 (PTT 80)

ปัจจัยที่ 2 คือ อัตราไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด ประกอบด้วย

1. ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)
2. ใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM) ที่อัตรา 20 กก.N/ไร่
3. ใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM) ที่อัตรา 20 กก.N/ไร่
4. ใส่ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM) ที่อัตรา 20 กก.N/ไร่
5. ใส่ปุ๋ยยูเรีย (UR) ที่อัตรา 20 กก.N/ไร่

โดยจะใช้ข้อมูลดินก่อนปลูกที่วิเคราะห์ได้ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 (**ตารางที่ 3.1**) จากนั้นทำการเตรียมดินโดยนำดินไปตากลมให้แห้งอย่างน้อย 1 สัปดาห์ แล้วย่อยดินให้ละเอียด นำดินที่ผ่านการย่อยแล้วมาใส่ลงในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 นิ้ว ใส่ดินให้ห่างจากปากกระถางพลาสติก 5 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำปอเทืองที่ระยะดอกบาน ที่ได้นำมาจากแปลงเกษตรกรมาตากให้แห้งและย่อยมวลชีวภาพลงดินที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร (สมพร ดำยศ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2556) ใส่ตามอัตราทรีตเม้นต์ที่กำหนด และขังน้ำไว้เป็นระยะเวลา 15 วัน ต่อมาเป็นการใส่ปุ๋ยคอก ทำการใส่ผสมกับดิน และคลุกเคล้าให้เข้ากัน ใส่ตามอัตราที่กำหนด อัตราการใส่นั้นสามารถคำนวณได้จากการเทียบอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสด 1 ไร่ (วนิดา วัฒนพายัพกุล, 2558) สำหรับการใส่ปุ๋ยหมักจากมูลวัวและฟางข้าว ทำการใส่ผสมกับดิน และคลุกเคล้าให้เข้ากัน ใส่ตามอัตราที่กำหนด อัตราการใส่นั้นสามารถคำนวณได้จากการเทียบอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสด 1 ไร่ ระหว่างระยะเวลาขังน้ำเพาะข้าวก่อนวันครบกำหนดขังน้ำ 15 วัน และเมื่อครบเวลา ทำการเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนก่อนปลูก (สมพร ดำยศ, 2556) จากนั้นทำการนำเมล็ดข้าวจำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ชัยนาท 1 และ พันธุ์ปทุมธานี 80 ปลูกใช้วิธีการปักดำระยะปลูกที่ 20x20 เซนติเมตร และใช้จำนวนต้นข้าวต่อกระถางเป็นจำนวน 2 ต้นต่อกระถาง ขณะที่ต้นข้าวยังอ่อนใส่น้ำไม่ให้เยอะเกินไป รักษาระดับน้ำจนข้าวสามารถตั้งตัวได้ จากนั้นเพิ่มระดับน้ำให้ถึง 10 เซนติเมตรจนกระทั่งก่อนเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์

การเก็บบันทึกข้อมูล จะดำเนินการสุ่มตัวอย่างจำนวน 3 ครั้ง ได้แก่ ระยะแตกกอ ระยะออกดอก และระยะสุกแก่เก็บเกี่ยวทางสรีรวิทยา โดยที่ระยะแตกกอ ระยะออกดอก และระยะเก็บเกี่ยว จะสุ่มเก็บกระถางละ 2 กอ ทำการวัดค่าคงความเขียว (SPAD chlorophyll meter reading: SCMR) ด้วยเครื่องวัด SPAD ยี่ห้อ Minolta รุ่น 502 จากนั้นนำต้นข้าวมาล้างทำความสะอาด วัดความสูง นับจำนวนหน่อต่อกอ หลังจากนั้นทำการสุ่มเจาะใบข้าวจำนวน 50 วงต่อต้น เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาค่า ดัชนีพื้นที่ใบ และพื้นที่ใบเฉพาะ หลังจากนั้นนำต้นข้าวมาแยกส่วนของต้นและใบ แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่ แล้วนำออกจากตู้อบมาชั่งน้ำหนักแห้งและบันทึกผลทันที นอกจากนี้ยังมีการคำนวณค่าอัตราการเจริญเติบโตในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต ส่วนที่ระยะเก็บเกี่ยวจะมีการเก็บบันทึกข้อมูลผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต โดยนับเมล็ดข้าว แยกเมล็ดดี และเมล็ดเสีย สุ่มเมล็ดจำนวนหนึ่งเพื่อนำไปหาน้ำหนัก 1,000 เมล็ด และนำน้ำหนักเมล็ดดีและน้ำหนักแห้งรวมส่วนเหนือดินทั้งหมดมาใช้ในการคำนวนค่าดัชนีเก็บเกี่ยว จากนั้นนำข้อมูลด้านการเจริญเติบโตที่เก็บบันทึกในแปลงปลูกจริงจะนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเม้นต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม MSTAT-C (Bricker, 1989)

ส่วนที่ 2 เป็นการประเมินอิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยแบบจำลอง CSM-CERES-Rice

โดยเริ่มจากการเตรียมข้อมูลนำเข้า (Input) สู่แบบจำลอง เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกจริงในแปลงปลูกจากการศึกษาส่วนที่ 1 ของงานทดลองที่ 2 ประกอบด้วย ข้อมูลดิน ข้อมูลอากาศ ข้อมูลการจัดการ และข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพืช มาเตรียมไฟล์ข้อมูลดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Soil.SOL) ไฟล์ข้อมูลสภาพอากาศรายวัน (xxxxXXXX.WTH) ไฟล์ข้อมูลการจัดการ (xxxxXXXX.RIX) ไฟล์ข้อมูลพืช (RICER047.CUL) ไฟล์ข้อมูลด้านการพัฒนาการและการเจริญเติบโตของพืช ที่เก็บบันทึกจากงานทดลองจริงที่อายุต่าง ๆ ของพืช (xxxxXXXX.RIA) และไฟล์ข้อมูลด้านการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชที่เก็บบันทึกจากงานทดลองจริงที่อายุต่าง ๆ ของพืชเป็นรายทรีตเม้นต์ (xxxxXXXX.RIT) ขั้นตอนการเตรียมเหมือนกับที่อธิบายไว้ในส่วนที่ 2 ของงานทดลองที่ 1 เมื่อเตรียมไฟล์ครบแล้วนำเข้าสู่โปรแกรมโปรแกรม DSSAT v 4.7.5 เพื่อให้แบบจำลอง CSM-CERE-Rice ประเมินระยะพัฒนาการและการเจริญเติบโต จากนั้นบันทึกข้อมูลวันกำเนิดช่อรวง วันผสมเกสร วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา ค่าดัชนีพื้นที่ใบ ค่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ผลผลิต และดัชนีการเก็บเกี่ยว จากนั้นทำการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าแบบจำลอง โดยพิจารณาจากค่า D-stat และค่า RMSEn ตามวิธีการที่ได้อธิบายไว้แล้วในส่วนที่ 2 ของงานทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาอิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice

4.1.1 อิทธิพลปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อการเจริญเติบโตของข้าวไม่ไวแสง

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าคงความเขียว (SPAD Chlorophyll Meter Reading; SCMR) ของข้าวไม่ไวแสงทั้ง 2 พันธุ์ เมื่อได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าที่ระยะแตกกอและระยะออกดอก ข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีค่า SCMR ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 จะมีค่า SCMR สูงกว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 โดยพบว่าที่ระยะออกดอกข้าวทั้งสองพันธุ์มีค่า SCMR สูงกว่าระยะอื่น ๆ แต่เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวพบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีค่า SCMR ลดลง และข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่า SCMR เท่ากับ 19.0 ซึ่งสูงกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่มีค่าเท่ากับ 15.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) การใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราต่างๆ ไม่มีผลทำให้ข้าวมีค่า SCMR ที่แตกต่างกันในช่วงแรกของการเจริญเติบโต สำหรับที่ระยะเก็บเกี่ยวพบว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่ 15 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีค่า SCMR สูงที่สุดเท่ากับ 20.2 ซึ่งสูงกว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาการตอบสนองของพันธุ์ข้าวที่ได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าที่ระยะเก็บเกี่ยวข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองที่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองดีกว่าพันธุ์ชัยนาท 1 โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่า SCMR เท่ากับ 19.6, 13.3, 21.7 และ 13.6 เมื่อได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตรา 5, 10, 15 และ 20 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนที่ระยะแตกกอและออกดอกพบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีการตอบสนองไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่าคงความเขียว (SPAD Chlorophyll Meter Reading; SCMR) ของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ เมื่อได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	SCMR		
	ระยะแตกกอ	ระยะออกดอก	ระยะเก็บเกี่ยว[1/]
พันธุ์ข้าว			
ชัยนาท 1 (CN 1)	33.6	49.5	15.0[b]
ปทุมธานี 80 (PTT 80)	32.4	47.9	19.0[a]
อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (SH)			
ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	32.9	48.5	16.7[b]
SH 5 กก.N/ไร่	36.1	52.8	16.6[b]
SH 10 กก.N/ไร่	30.7	45.7	14.3[c]
SH 15 กก.N/ไร่	31.7	47.0	20.2[a]
SH 20 กก.N/ไร่	33.5	49.4	17.2[b]
พันธุ์ข้าว × อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง			
CN 1 × Non-fertilizer	31.5	46.7	16.5[cde]
CN 1 × SH 5 กก.N/ไร่	36.3	53.0	13.6[ef]
CN 1 × SH 10 กก.N/ไร่	29.2	43.6	15.3[de]
CN 1 × SH 15 กก.N/ไร่	36.4	53.2	18.7[bcd]
CN 1 × SH 20 กก.N/ไร่	34.6	50.8	10.9[f]
PTT 80 × Non-fertilizer	34.2	50.3	16.8[cde]
PTT 80 x SH 5 กก.N/ไร่	36.0	52.7	19.6[abc]
PTT 80 × SH 10 กก.N/ไร่	32.3	47.7	13.3[ef]
PTT 80 × SH 15 กก.N/ไร่	27.1	40.7	21.7[ab]
PTT 80 × SH 20 กก.N/ไร่	32.5	47.9	23.6[a]
F-test			
พันธุ์ข้าว	ns	ns	**
อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	ns	ns	*
พันธุ์ข้าว × อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	ns	ns	**
C.V. (%)	16.52	14.94	18.74

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์จำนวนหน่อต่อกอของข้าว แสดงดัง**ตารางที่ 4.2** พบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีจำนวนหน่อต่อกอแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีการแตกกอสูงกว่าพันธุ์ปทุมธานี 80 ตั้งแต่ระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีจำนวนหน่อเท่ากับ 10.5, 12.7 และ 14.3 หน่อต่อกอ ที่ระยะแตกกอ ออกดอก และเก็บเกี่ยวตามลำดับ ส่วนข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่มีจำนวนหน่อเท่ากับ 8.0, 10.4 และ 12.2 หน่อต่อกอตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อจำนวนหน่อต่อกอของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ พบว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน ไม่มีผลทำให้ข้าวมีจำนวนหน่อต่อกอแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาการตอบสนองของพันธุ์ข้าวที่ได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าข้าวไม่ไวแสงทั้ง 2 พันธุ์ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยพืชสดปอเทืองในอัตราระหว่าง 5- 15 กก.N/ไร่ ได้ดีกว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 โดยเฉพาะช่วงแรกของการเจริญเติบโต

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีพื้นที่ใบ แสดงดัง**ตารางที่ 4.3** พบว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงกว่าพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่ระยะแตกกอ และออกดอก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าดัชนีพื้นที่ใบ เท่ากับ 1.12 และ 1.49 ในขณะที่พันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่า เท่ากับ 0.64 และ 1.09 ตามลำดับ ส่วนที่ระยะเก็บเกี่ยวพบว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่าดัชนีพื้นใบสูงกว่าพันธุ์ชัยนาท 1 เล็กน้อยและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยพืชสดในอัตราต่าง ๆ พบว่ามีผลทำให้ข้าวมีค่าดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยที่ระยะแตกกอการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตรา 15 กก.N/ไร่ มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 1.00 แต่ก็ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองที่อัตรา 5 และ 20 กก.N/ไร่ และที่ระยะเก็บเกี่ยวพบว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองที่อัตรา 20 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงที่สุดเท่ากับ 2.96 ในขณะที่ระยะออกดอกพบว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้ข้าวมีค่าดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกันกับพันธุ์ข้าว พบว่าที่ระยะเก็บเกี่ยวข้าวไม่ไวแสงทั้ง 2 พันธุ์มีการตอบสนองของค่าดัชนีพื้นที่ใบต่อการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในแต่ละระดับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยพันธุ์ปทุมธานี 80 มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองที่อัตรา 20 กก.N/ไร่ ได้ดีที่สุดทำให้มีค่าดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 3.25 ส่วนที่ระยะแตกกอ และออกดอก พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 จำนวนหน่อต่อกอของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ เมื่อได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	จำนวนหน่อต่อกอ[1/]		
	ระยะแตกกอ	ระยะออกดอก	ระยะเก็บเกี่ยว
พันธุ์ข้าว			
ชัยนาท 1 (CN 1)	10.5[a]	12.7[a]	14.3[a]
ปทุมธานี 80 (PTT 80)	8.0[b]	10.4[b]	12.2[b]
อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (SH)			
ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	8.4	10.9	12.9
SH 5 กก.N/ไร่	9.1	11.6	13.4
SH 10 กก.N/ไร่	9.9	12.1	13.8
SH 15 กก.N/ไร่	9.5	11.9	13.5
SH 20 กก.N/ไร่	8.5	11.0	12.6
พันธุ์ข้าว × อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง			
CN 1 × Non-fertilizer	9.3	11.8	14.1
CN 1 × SH 5 กก.N/ไร่	11.0	13.5	14.8
CN 1 × SH 10 กก.N/ไร่	10.0	12.5	14.8
CN 1 × SH 15 กก.N/ไร่	11.4	13.9	14.9
CN 1 × SH 20 กก.N/ไร่	9.1	11.6	12.9
PTT 80 × Non-fertilizer	7.6	10.1	11.6
PTT 80 x SH 5 กก.N/ไร่	7.3	9.8	12.1
PTT 80 × SH 10 กก.N/ไร่	9.8	11.8	12.8
PTT 80 × SH 15 กก.N/ไร่	7.6	10.0	12.1
PTT 80 × SH 20 กก.N/ไร่	7.9	10.4	12.3
F-test			
พันธุ์ข้าว	**	**	**
อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	ns	ns	ns
พันธุ์ข้าว × อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	ns	ns	ns
C.V. (%)	26.87	21.48	16.89

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าดัชนีพื้นที่ใบของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ เมื่อได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	ดัชนีพื้นที่ใบ[1/]		
	ระยะแตกกอ	ระยะออกดอก	ระยะเก็บเกี่ยว
พันธุ์ข้าว			
ชัยนาท 1 (CN 1)	1.12[a]	1.49[a]	2.49
ปทุมธานี 80 (PTT 80)	0.64[b]	1.09[b]	2.65
อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (SH)			
ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	0.73[c]	1.08	2.61[b]
SH 5 กก.N/ไร่	0.92[ab]	1.31	2.61[b]
SH 10 กก.N/ไร่	0.85[b]	1.28	2.26[c]
SH 15 กก.N/ไร่	1.00[a]	1.42	2.39[bc]
SH 20 กก.N/ไร่	0.92[ab]	1.35	2.96[a]
พันธุ์ข้าว × อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง			
CN 1 × Non-fertilizer	0.96	1.28	2.29[e]
CN 1 × SH 5 กก.N/ไร่	1.10	1.55	2.46[cde]
CN 1 × SH 10 กก.N/ไร่	1.00	1.52	2.38[de]
CN 1 × SH 15 กก.N/ไร่	1.35	1.69	2.63[bcd]
CN 1 × SH 20 กก.N/ไร่	1.21	1.42	2.67[bcd]
PTT 80 × Non-fertilizer	0.50	0.88	2.94[b]
PTT 80 x SH 5 กก.N/ไร่	0.74	1.07	2.76[bc]
PTT 80 × SH 10 กก.N/ไร่	0.70	1.05	2.14[e]
PTT 80 × SH 15 กก.N/ไร่	0.64	1.16	2.14[e]
PTT 80 × SH 20 กก.N/ไร่	0.62	1.29	3.25[a]
F-test			
พันธุ์ข้าว	**	**	ns
อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	*	ns	**
พันธุ์ข้าว × อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	ns	ns	**
C.V. (%)	18.02	17.53	9.83

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าพื้นที่ใบเฉพาะ(Specific leaf area) ของข้าวไม่ไวแสงทั้ง 2 พันธุ์ ที่ได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 และชัยนาท 1 มีค่าพื้นที่ใบเฉพาะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ที่ระยะแตกกอและเก็บเกี่ยว โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่าพื้นที่ใบเฉพาะเท่ากับ 188 และ 315 g cm^{-2} ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ชัยนาท 1 ที่มีค่าเท่ากับ 139 และ 254 g cm^{-2} ตามลำดับ ส่วนที่ระยะออกดอกพบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีค่าพื้นที่ใบเฉพาะไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อค่าพื้นที่ใบเฉพาะของข้าวไม่ไวแสงทั้ง 2 พันธุ์ พบว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน ไม่มีผลทำให้ข้าวมีพื้นที่ใบเฉพาะแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาการตอบสนองของพันธุ์ข้าวที่ได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าที่ระยะเก็บเกี่ยว ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีการตอบสนองของค่าพื้นที่ใบเฉพาะต่อการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองสูงกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่ได้รับอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตรา 20 กก. N/ไร่ มีการตอบสนองไม่แตกต่างจากกรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ย

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตของข้าวไม่ไวแสงทั้ง 2 พันธุ์ ที่ได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าที่ระยะปักดำถึง 30 วันหลังปักดำ ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 10.60 g m^{-2} d^{-1} ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่มีค่าเท่ากับ 3.65 g m^{-2} d^{-1} อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) แต่ในทางกลับกันพบว่าที่ระยะ 45 วันหลังปักดำถึงเก็บเกี่ยว ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยมีค่าเท่ากับ 11.20 และ 5.60 g m^{-2} d^{-1} ตามลำดับ ส่วนที่ระยะ 30 - 45 วันหลังปักดำ พบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีค่าอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์ผลของการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกันต่ออัตราการเจริญเติบโตของข้าวที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ พบว่าไม่มีผลทำให้ข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันทางสถิติ และไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองกับพันธุ์ของข้าวต่อค่าอัตราการเจริญเติบโตของข้าวทุกระยะที่ทำการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่าพื้นที่ใบเฉพาะของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ เมื่อได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	พื้นที่ใบเฉพาะ ($g\ cm^{-2}$)		
	ระยะแตกกอ[1/]	ระยะออกดอก	ระยะเก็บเกี่ยว[1/]
พันธุ์ข้าว			
ชัยนาท 1 (CN 1)	139[b]	269	254[b]
ปทุมธานี 80 (PTT 80)	188[a]	236	315[a]
อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (SH)			
ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	136	227	284
SH 5 กก.N/ไร่	167	258	267
SH 10 กก.N/ไร่	157	264	265
SH 15 กก.N/ไร่	187	250	285
SH 20 กก.N/ไร่	171	264	321
พันธุ์ข้าว × อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง			
CN 1 × Non-fertilizer	134	243	208[c]
CN 1 × SH 5 กก.N/ไร่	133	272	242[bc]
CN 1 × SH 10 กก.N/ไร่	123	310	275[b]
CN 1 × SH 15 กก.N/ไร่	162	283	279[b]
CN 1 × SH 20 กก.N/ไร่	142	237	265[b]
PTT 80 × Non-fertilizer	138	211	361[a]
PTT 80 × SH 5 กก.N/ไร่	200	244	292[b]
PTT 80 × SH 10 กก.N/ไร่	192	218	255[bc]
PTT 80 × SH 15 กก.N/ไร่	212	217	292[b]
PTT 80 × SH 20 กก.N/ไร่	200	291	376[a]
F-test			
พันธุ์ข้าว	**	ns	**
อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	ns	ns	ns
พันธุ์ข้าว × อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	ns	ns	**
C.V. (%)	20.88	20.11	18.01

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 อัตราการเจริญเติบโตของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ เมื่อได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	อัตราการเจริญเติบโต ($g\ m^{-2}\ d^{-1}$)		
	ระยะปักดำ–30 วันหลังปักดำ[1/]	ระยะ 30 – 45 วันหลังปักดำ	ระยะ 45 วันหลังปักดำ – เก็บเกี่ยว[1/]
พันธุ์ข้าว			
ชัยนาท 1 (CN 1)	10.60[a]	4.91	5.60[b]
ปทุมธานี 80 (PTT 80)	3.65[b]	5.41	11.20[a]
อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (SH)			
ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	6.85	4.60	8.60
SH 5 กก.N/ไร่	7.21	4.66	8.34
SH 10 กก.N/ไร่	7.29	5.64	7.76
SH 15 กก.N/ไร่	7.53	5.54	8.52
SH 20 กก.N/ไร่	6.65	5.35	8.72
พันธุ์ข้าว × อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง			
CN 1 × Non-fertilizer	9.71	4.70	6.70
CN 1 × SH 5 กก.N/ไร่	10.70	3.88	6.80
CN 1 × SH 10 กก.N/ไร่	10.43	5.83	4.05
CN 1 × SH 15 กก.N/ไร่	11.64	5.96	4.47
CN 1 × SH 20 กก.N/ไร่	10.30	4.19	5.90
PTT 80 × Non-fertilizer	3.99	4.50	10.50
PTT 80 × SH 5 กก.N/ไร่	3.69	5.44	9.88
PTT 80 × SH 10 กก.N/ไร่	4.16	5.45	11.50
PTT 80 × SH 15 กก.N/ไร่	3.42	5.13	12.60
PTT 80 × SH 20 กก.N/ไร่	2.99	6.51	11.54
F-test			
พันธุ์ข้าว	**	ns	**
อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	ns	ns	ns
พันธุ์ข้าว × อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	ns	ns	ns
C.V. (%)	16.61	25.08	23.56

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

1/ = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของข้าวไม่ไวแสงทั้ง 2 พันธุ์ ที่ได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าที่ระยะแตกกอ และออกดอก ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเท่ากับ 253 และ 435 กก./ไร่ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเท่ากับ 88 และ 286 กก./ไร่ ตามลำดับ แต่ที่ระยะเก็บเกี่ยวกลับพบว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเท่ากับ 643 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ชัยนาท 1 ที่มีค่าเท่ากับ 609 กก./ไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน ต่อน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน พบว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดในอัตราที่ต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดปอเทืองในอัตรา 15 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีค่าน้ำหนักแห้งรวมส่วนเหนือดินสูงกว่าอัตราอื่น ๆ ผลการศึกษาไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการใส่ปุ๋ยพืชสดปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกันกับพันธุ์ข้าวต่อค่าน้ำหนักแห้งรวมส่วนเหนือดินของข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ค่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ เมื่อได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กก./ไร่)[1/]		
	ระยะแตกกอ	ระยะออกดอก	ระยะเก็บเกี่ยว
พันธุ์ข้าว			
ชัยนาท 1 (CN 1)	253[a]	435[a]	609[b]
ปทุมธานี 80 (PTT 80)	88[b]	286[b]	643[a]
อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (SH)			
ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	164	336	598
SH 5 กก.N/ไร่	173	343	610
SH 10 กก.N/ไร่	175	383	631
SH 15 กก.N/ไร่	181	386	658
SH 20 กก.N/ไร่	159	354	633
พันธุ์ข้าว × อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง			
CN 1 × Non-fertilizer	233	402	592
CN 1 × SH 5 กก.N/ไร่	258	397	615
CN 1 × SH 10 กก.N/ไร่	250	465	595
CN 1 × SH 15 กก.N/ไร่	279	505	648
CN 1 × SH 20 กก.N/ไร่	247	407	595
PTT 80 × Non-fertilizer	96	269	605
PTT 80 × SH 5 กก.N/ไร่	88	289	605
PTT 80 × SH 10 กก.N/ไร่	100	301	668
PTT 80 × SH 15 กก.N/ไร่	82	266	668
PTT 80 × SH 20 กก.N/ไร่	72	302	671
F-test			
พันธุ์ข้าว	**	**	*
อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	ns	ns	ns
พันธุ์ข้าว × อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	ns	ns	ns
C.V. (%)	16.60	14.63	7.33

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 อิทธิพลปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง

ตารางที่ 4.7 แสดงจำนวนรวงต่อกอของข้าวไม่ไวแสงทั้ง 2 พันธุ์ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีจำนวนรวง เท่ากับ 11.0 รวงต่อกอ ส่วนพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าเท่ากับ 9.3 รวงต่อกอ เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้ข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีจำนวนรวงต่อกอแตกต่างทางสถิติ และไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์แต่มีแนวโน้มข้าวทั้งสองพันธุ์จะมีการตอบสนองต่อจำนวนรวงต่อกอตามการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณผลผลิตของข้าวไม่ไวแสงทั้งสองพันธุ์ เมื่อได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ชัยนาท 1 มีผลผลิตเท่ากับ 339 กก./ไร่ ส่วนพันธุ์ปทุมธานี 80 มีผลผลิตเท่ากับ 368 กก./ไร่ การใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้ข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีผลผลิตแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราต่าง ๆ จะทำให้มีผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ในอัตราที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงขึ้น โดยเมื่อมีการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตรา 5, 10, 15 และ 20 กก.N/ไร่ จะทำให้ข้าวมีผลผลิตเท่ากับ 337, 351, 382 และ 363 กก./ไร่ ตามลำดับ ผลการศึกษาไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองกับพันธุ์ข้าวต่อการให้ผลผลิตของข้าว แต่มีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองดีกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 โดยเฉพาะการใส่ในอัตรา 20 กก. N/ไร่

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงกว่าพันธุ์ชัยนาท 1 เพียงเล็กน้อย โดยมีค่าเท่ากับ 0.24 และ 0.23 ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกันมีผลทำให้ข้าวมีค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองที่อัตรา 15-20 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงที่สุดมีค่าประมาณ 0.25-0.26 ส่วนกรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยและการใส่ในอัตรา 5 กก.N/ไร่ มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวต่ำที่สุดเท่ากับ 0.21 เมื่อพิจารณาการตอบสนองของข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 จะมีการตอบสนองดีกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และมีการตอบสนองดีเมื่อมีการใส่ปุ๋ยในอัตราที่เพิ่มขึ้น **(ตารางที่ 4.7)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 จำนวนรวงต่อกอ ผลผลิตเมล็ด ดัชนีเก็บเกี่ยว และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ เมื่อได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	จำนวนรวงต่อกอ[1/]	น้ำหนักเมล็ด (กก./ไร่)	ดัชนีเก็บเกี่ยว[1/]	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)[1/]
พันธุ์ข้าว				
ชัยนาท 1 (CN 1)	9.3[b]	339	0.23	18.6
ปทุมธานี 80 (PTT 80)	11.0[a]	368	0.24	18.2
อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (SH)				
ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	9.4	333	0.21[c]	16.6[b]
SH 5 กก.N/ไร่	10.1	337	0.21[c]	18.1[ab]
SH 10 กก.N/ไร่	10.4	351	0.23[bc]	18.9[a]
SH 15 กก.N/ไร่	10.0	382	0.26[a]	19.0[a]
SH 20 กก.N/ไร่	10.8	363	0.25[ab]	19.2[a]
พันธุ์ข้าว × อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง				
CN 1 × Non-fertilizer	8.5	318	0.20	17.0
CN 1 × SH 5 กก.N/ไร่	9.9	351	0.23	17.9
CN 1 × SH 10 กก.N/ไร่	9.1	335	0.23	19.2
CN 1 × SH 15 กก.N/ไร่	9.4	373	0.26	19.9
CN 1 × SH 20 กก.N/ไร่	9.6	317	0.23	18.9
PTT 80 × Non-fertilizer	10.4	348	0.22	16.3
PTT 80 × SH 5 กก.N/ไร่	10.4	324	0.20	18.4
PTT 80 × SH 10 กก.N/ไร่	11.6	367	0.23	18.5
PTT 80 × SH 15 กก.N/ไร่	10.6	391	0.26	18.2
PTT 80 × SH 20 กก.N/ไร่	11.9	408	0.27	19.5
F-test				
พันธุ์ข้าว	**	ns	ns	ns
อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	ns	ns	*	**
พันธุ์ข้าว × อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	10.49	14.23	14.15	7.41

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์น้ำหนักเมล็ด พบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวทั้งสองพันธุ์จะอยู่ประมาณ 18.2-18.6 กรัม เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง พบว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่ต่าง ๆ ตั้งแต่ 10-20 กก.N/ไร่ จะทำให้ข้าวมีค่าน้ำหนัก 1,000 เมล็ด อยู่ระหว่าง 18.9-19.2 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) จากกรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยที่มีค่าเท่ากับ 16.6 กรัม ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองกับพันธุ์ข้าวสำหรับค่า 1,000 เมล็ด แต่มีแนวโน้มว่าเมื่อมีการใส่ปุ๋ยพืชสดในอัตราที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เมล็ดข้าวมีขนาดเมล็ดเพิ่มขึ้น (**ตารางที่ 4.7)**

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าว พบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 จะมีค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงกว่าพันธุ์ชัยนาท 1 เล็กน้อย โดยมีค่าเท่ากับ 82.0 และ 80.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราต่าง ๆ จะทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิต ($P \leq 0.01$) โดยการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตรา 15-20 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงที่สุดเท่ากับ 86.2-88.9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่ำที่สุดเท่ากับ 72.9 เปอร์เซ็นต์ ข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีการตอบสนองต่ออัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยภาพรวมพบว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองสูงกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยพืชสดในอัตราที่สูงขึ้น

ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบแสดงดัง**ตารางที่ 4.8** พบว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีแนวโน้มให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงกว่าพันธุ์ปทุมธานี 80 โดยมีค่าเท่ากับ 19.2 และ 18.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่ต่างกัน พบว่ามีผลทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบแตกต่างกันอย่างมีนัยยิ่งสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยการใส่ปุ๋ยพืชสดในอัตราที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ข้าวมีค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบลดลง การใส่ปุ๋ยอัตรา 5-20 กก./ไร่ จะทำให้ข้าวมีเมล็ดลีบประมาณ 11.2-22.7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงถึง 27.1 เปอร์เซ็นต์ ข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีการตอบสนองต่ออัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองดีกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 จะเห็นได้จากจำนวนเมล็ดลีบที่พบมีปริมาณน้อยกว่า อย่างไรก็ตามพบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์จะมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบลดลงเมื่อมีการใส่ปุ๋ยพืชสดในอัตราที่สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และเมล็ดลีบ ของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ เมื่อได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี [1/]	เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ [1/]
พันธุ์ข้าว		
ชัยนาท 1 (CN 1)	80.8	19.2
ปทุมธานี 80 (PTT 80)	82.0	18.0
อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (SH)		
ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	72.9^{d}	27.1^{a}
SH 5 กก.N/ไร่	77.4^{c}	22.7^{b}
SH 10 กก.N/ไร่	81.6^{b}	18.5^{c}
SH 15 กก.N/ไร่	88.9^{a}	11.2^{d}
SH 20 กก.N/ไร่	86.2^{a}	13.8^{d}
พันธุ์ข้าว × อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง		
CN 1 × Non-fertilizer	71.0^{f}	29.0^{a}
CN 1 × SH 5 กก.N/ไร่	79.1^{d}	20.9^{cd}
CN 1 × SH 10 กก.N/ไร่	80.9^{cd}	19.1^{c}
CN 1 × SH 15 กก.N/ไร่	89.1^{a}	10.9^{a}
CN 1 × SH 20 กก.N/ไร่	83.7^{b}	16.3^{bc}
PTT 80 × Non-fertilizer	74.8^{e}	25.2^{b}
PTT 80 × SH 5 กก.N/ไร่	75.6^{e}	24.4^{bc}
PTT 80 × SH 10 กก.N/ไร่	82.2^{bc}	17.8^{e}
PTT 80 × SH 15 กก.N/ไร่	88.6^{a}	11.4^{f}
PTT 80 × SH 20 กก.N/ไร่	88.7^{a}	11.3^{f}
F-test		
พันธุ์ข้าว	ns	ns
อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	**	**
พันธุ์ข้าว × อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	*	*
C.V. (%)	3.33	14.55

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ผลการประเมินระยะพัฒนาการ การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยแบบจำลอง CSM-CERES-Rice

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลอง และการสังเกตวันกำเนิดช่อรวง (Panicle initiation day) ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตรา 0, 5, 10, 15 และ 20 กก.N/ไร่ พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินวันกำเนิดช่อรวงของพันธุ์ชัยนาท 1 ได้ดีมาก มีค่าสังเกตเท่ากับ 53 วัน และค่าจำลองเท่ากับ 56 วัน ผลต่างของค่าสังเกตและค่าจำลอง เท่ากับ +3 วัน และค่า RMSEn เท่ากับ 4.0 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันในทุกอัตราปุ๋ยที่ใช้ ในทำนองเดียวกันสำหรับผลการประเมินของพันธุ์ปทุมธานี 80 พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายวันกำเนิดช่อรวงได้ดีมาก มีค่าสังเกตเท่ากับ 53 วัน และค่าจากจำลองเท่ากับ 57 วัน มีผลต่างของค่าสังเกตและค่าจำลอง เท่ากับ +4 วัน และค่า RMSEn เท่ากับ 5.3 เปอร์เซ็นต์ และให้ผลเหมือนกันในทุกอัตราปุ๋ยที่ใส่

ตารางที่ 4.9 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของวันกำเนิดช่อรวง (Panicle initiation day) ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน

พันธุ์ข้าว	อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	วันกำเนิดช่อรวง (Panicle initiation day)			
		ค่าสังเกต (O)	ค่าจำลอง (S)	ผลต่างของ S - O	RMSEn (%)
CN 1	Non-fertilizer	53	56	+3	4.0
	SH 5 กก.N/ไร่	53	56	+3	4.0
	SH 10 กก.N/ไร่	53	56	+3	4.0
	SH 15 กก.N/ไร่	53	56	+3	4.0
	SH 20 กก.N/ไร่	53	56	+3	4.0
PTT 80	Non-fertilizer	53	57	+4	5.3
	SH 5 กก.N/ไร่	53	57	+4	5.3
	SH 10 กก.N/ไร่	53	57	+4	5.3
	SH 15 กก.N/ไร่	53	57	+4	5.3
	SH 20 กก.N/ไร่	53	57	+4	5.3

D-stat = Agreement index

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองและการสังเกตวันผสมเกสร (Anthesis day) ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 กก.N/ไร่ พบว่าการประเมินวันผสมเกสรของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาก มีค่าสังเกต เท่ากับ 68 วัน และค่าจำลองเท่ากับ 69 วัน โดยมีค่าผลต่างของค่าสังเกตและค่าจำลอง เท่ากับ +1 วัน และค่า RMSEn เท่ากับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันในทุกอัตราปุ๋ยที่ใส่ สำหรับผลการประเมินของพันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่าสังเกตวันผสมเกสร 68 วัน และค่าจำลอง 70 วัน ผลต่างของค่าสังเกตและค่าจำลอง เท่ากับ +2 วัน และค่า RMSEn เท่ากับ 2.1 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเท่ากันในทุกอัตราปุ๋ยที่ใส่ แสดงว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้ดีมากเช่นกัน

ตารางที่ 4.10 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของวันผสมเกสร (Anthesis day) ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน

พันธุ์ข้าว	อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	วันผสมเกสร (Anthesis day)			
		ค่าสังเกต (O)	ค่าจำลอง (S)	ผลต่างของ S - O	RMSEn (%)
CN 1	Non-fertilizer	68	69	+1	1.0
	SH 5 กก.N/ไร่	68	69	+1	1.0
	SH 10 กก.N/ไร่	68	69	+1	1.0
	SH 15 กก.N/ไร่	68	69	+1	1.0
	SH 20 กก.N/ไร่	68	69	+1	1.0
PTT 80	Non-fertilizer	68	70	+2	2.1
	SH 5 กก.N/ไร่	68	70	+2	2.1
	SH 10 กก.N/ไร่	68	70	+2	2.1
	SH 15 กก.N/ไร่	68	70	+2	2.1
	SH 20 กก.N/ไร่	68	70	+2	2.1

D-stat = Agreement index

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองและการสังเกตสำหรับอายุวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ เมื่อได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองอัตรา 0 5 10 15 และ 20 กก.N/ไร่ มีค่าสังเกตของอายุวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา เท่ากับ 102 วัน แบบจำลองประเมินค่าประมาณได้เท่ากัน คือ 102 วัน ผลต่างของค่าสังเกตและค่าจำลอง เท่ากับ 0 วัน และค่า RMSEn เท่ากับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันในทุกอัตราปุ๋ยที่ใส่ แสดงว่าแบบจำลองประเมินได้ดีมาก สำหรับพันธุ์ปทุมธานี 80 พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินอายุวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาได้ดีมากเช่นกัน โดยมีค่าสังเกตเท่ากับ 102 วัน และค่าจำลองเท่ากับ 99 วัน มีผลต่างของค่าสังเกตและค่าจำลอง เท่ากับ -3 วัน และค่า RMSEn เท่ากับ 2.1 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันในทุกอัตราพืชสดจากปอเทืองที่ใส่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity day) ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน

พันธุ์ข้าว	อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity day)			
		ค่าสังเกต (O)	ค่าจำลอง (S)	ผลต่างของ S - O	RMSEn (%)
CN 1	Non-fertilizer	102	102	0	0.0
	SH 5 กก.N/ไร่	102	102	0	0.0
	SH 10 กก.N/ไร่	102	102	0	0.0
	SH 15 กก.N/ไร่	102	102	0	0.0
	SH 20 กก.N/ไร่	102	102	0	0.0
PTT 80	Non-fertilizer	102	99	-3	2.1
	SH 5 กก.N/ไร่	102	99	-3	2.1
	SH 10 กก.N/ไร่	102	99	-3	2.1
	SH 15 กก.N/ไร่	102	99	-3	2.1
	SH 20 กก.N/ไร่	102	99	-3	2.1

D-stat = Agreement index

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองและการสังเกตสำหรับค่าดัชนีพื้นที่ใบของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ เมื่อได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ได้รับปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองอัตรา 0, 5, 10, 15 และ 20 กก. N/ไร่ มีค่าสังเกตของค่าดัชนีพื้นที่ใบอยู่ระหว่าง 1.9 – 2.3 แบบจำลองประเมินค่าได้ระหว่าง 1.6-1.7 มีค่า D-stat เท่ากับ 0.98-0.99 และค่า RMSEn เท่ากับ 8.9-18.2 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าแบบจำลองประเมินได้ดี สำหรับข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้ดีเฉพาะทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยพืชสดปอเทืองในอัตรา 0 5 และ 20 กก.N/ไร่ โดยมีค่าสังเกตเท่ากับ 2.2 2.1 และ 2.5 ตามลำดับ ค่าที่แบบจำลองประเมินได้เท่ากับ 2.3 และ มีค่า D-stat เท่ากับ 0.99 เท่ากันทั้งสามทรีตเม้นต์ ส่วน RMSEn มีค่าเท่ากับ 3.9 7.4 และ 5.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index) ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน

พันธุ์ข้าว	อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index)			
		ค่าสังเกต	ค่าจำลอง	D-stat	RMSEn (%)
CN 1	Non-fertilizer	1.91	1.67	0.99	8.9
	SH 5 กก.N/ไร่	2.08	1.64	0.98	14.9
	SH 10 กก.N/ไร่	2.02	1.68	0.99	11.9
	SH 15 กก.N/ไร่	2.26	1.68	0.98	18.2
	SH 20 กก.N/ไร่	2.21	1.68	0.98	16.9
PTT 80	Non-fertilizer	2.19	2.31	0.99	3.9
	SH 5 กก.N/ไร่	2.09	2.31	0.99	7.4
	SH 10 กก.N/ไร่	1.72	2.31	0.97	24.3
	SH 15 กก.N/ไร่	1.73	2.31	0.98	23.7
	SH 20 กก.N/ไร่	2.49	2.31	0.99	5.1

D-stat = Agreement index

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองและการสังเกตค่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน พบว่าแบบจำลองประเมินได้ไม่ดีทั้งสองพันธุ์ โดยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เมื่อได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองอัตรา 0, 5, 10, 15 และ 20 กก.N/ไร่ ซึ่งน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินที่บันทึกจากแปลงทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 1,007-1,145 กก./ไร่ แบบจำลองประเมินค่าได้ระหว่าง 1,799-1,844 กก./ไร่ มีค่า D-stat เท่ากับ 0.86-0.91 และมีค่า RMSEn เท่ากับ 41.9-56.4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 พบว่ามีค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 1,056-1,211 กก./ไร่ และค่าจากแบบจำลองระหว่าง 1,855-1,903 กก./ไร่ มีค่า D-stat เท่ากับ 0.87-0.93 และค่า RMSEn เท่ากับ 39.2-53.8 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน

พันธุ์ข้าว	อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กก./ไร่)			
		ค่าสังเกต	ค่าจำลอง	D-stat	RMSEn (%)
CN 1	Non-fertilizer	1,007	1,799	0.87	55.6
	SH 5 กก.N/ไร่	1,067	1,799	0.89	48.5
	SH 10 กก.N/ไร่	1,052	1,811	0.88	51.0
	SH 15 กก.N/ไร่	1,145	1,823	0.91	41.9
	SH 20 กก.N/ไร่	1,026	1,844	0.86	56.4
PTT 80	Non-fertilizer	1,078	1,855	0.88	51.0
	SH 5 กก.N/ไร่	1,056	1,860	0.87	53.8
	SH 10 กก.N/ไร่	1,200	1,872	0.93	39.6
	SH 15 กก.N/ไร่	1,211	1,882	0.93	39.2
	SH 20 กก.N/ไร่v	1,195	1,903	0.92	41.9

D-stat = Agreement index

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.14 จากผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลอง และการสังเกตค่าผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับอัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 กก.N/ไร่ พบว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เมื่อรับอัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราตั้งแต่ 0 – 20 กก.N/ไร่ มีค่าสังเกตของผลผลิตอยู่ระหว่าง 319-373 กก./ไร่ ส่วนค่าที่แบบจำลองประเมินได้ค่าอยู่ระหว่าง 476-514 กก./ไร่ มีค่า D-stat เท่ากับ 0.91-0.97 และค่า RMSEn เท่ากับ 24.6-43.9 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าในทรีตเม้นต์ที่ศึกษาส่วนใหญ่แบบจำลองประเมินได้ไม่ดียกเว้นการใส่ในอัตรา 5 และ 15 กก.N/ไร่ ที่แบบจำลองประเมินได้ค่อนข้างดี ส่วนข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 324-408 กก./ไร่ และค่าจากแบบจำลองอยู่ระหว่าง 639-675 กก./ไร่ มีค่า D-stat เท่ากับ 0.80-0.90 และค่า RMSEn เท่ากับ 46.3-69.6 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าแบบจำลองประเมินได้ไม่ดีในทุกทรีตเม้นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของผลผลิต ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน

พันธุ์ข้าว	อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	ผลผลิต (กก./ไร่)			
		ค่าสังเกต	ค่าจำลอง	D-stat	RMSEn (%)
CN 1	Non-fertilizer	319	476	0.94	34.8
	SH 5 กก.N/ไร่	351	488	0.96	27.6
	SH 10 กก.N/ไร่	336	496	0.95	33.7
	SH 15 กก.N/ไร่	373	503	0.97	24.6
	SH 20 กก.N/ไร่	317	514	0.91	43.9
PTT 80	Non-fertilizer	348	639	0.85	59.1
	SH 5 กก.N/ไร่	324	643	0.80	69.6
	SH 10 กก.N/ไร่	367	642	0.88	52.9
	SH 15 กก.N/ไร่	392	660	0.89	48.3
	SH 20 กก.N/ไร่	408	675	0.90	46.3

D-stat = Agreement index

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.15 จากผลการประเมินความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการจำลอง และการสังเกตค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับอัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าเมื่อข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ได้รับปุ๋ยในอัตราตั้งแต่ 5-20 กก.N/ไร่ จะค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 0.23-0.26 ค่าที่แบบจำลองประเมินได้อยู่ระหว่าง 0.27-0.28 มีค่า D-stat อยู่ระหว่าง 0.98-0.99 และค่า RMSEn เท่ากับ 5.41-15.4 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าแบบจำลองประเมินได้ดี ในขณะที่กรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยแบบจำลองประเมินได้ค่อนข้างดี มีค่า D-stat เท่ากับ 0.96 และ RMSEn เท่ากับ 29.8 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพันธุ์ปทุมธานี 80 พบว่าแบบจำลองประเมินค่าดัชนีเก็บเกี่ยวได้ไม่ดีเมื่อมีการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตรา 0, 5 และ 10 กก.N/ไร่ ข้าวมีค่าสังเกตดัชนีเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 0.20-0.23 ค่าจากแบบจำลองระหว่าง 0.34-0.35 มีค่า D-stat อยู่ระหว่าง 0.88-0.93 และค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 33.8-53.1 เปอร์เซ็นต์ แต่สำหรับทรีเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยในอัตรา 15 และ 20 กก.N/ไร่ แบบจำลองสามารถประเมินได้ค่อนข้างดี มีค่าสังเกตเท่ากับ 0.26-0.27 ค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 0.35-0.36 ค่า D-stat เท่ากับ 0.97 และ ค่า RMSEn เท่ากับ 23.6-24.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของดัชนีการเก็บเกี่ยว ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกัน

พันธุ์ข้าว	อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	ดัชนีการเก็บเกี่ยว			
		ค่าสังเกต	ค่าจำลอง	D-stat	RMSEn (%)
CN 1	Non-fertilizer	0.19	0.27	0.96	29.8
	SH 5 กก.N/ไร่	0.23	0.27	0.99	12.6
	SH 10 กก.N/ไร่	0.23	0.27	0.99	12.6
	SH 15 กก.N/ไร่	0.26	0.28	0.99	5.4
	SH 20 กก.N/ไร่	0.23	0.28	0.98	15.4
PTT 80	Non-fertilizer	0.22	0.34	0.93	38.6
	SH 5 กก.N/ไร่	0.20	0.35	0.88	53.1
	SH 10 กก.N/ไร่	0.23	0.34	0.95	33.8
	SH 15 กก.N/ไร่	0.26	0.35	0.97	24.5
	SH 20 กก.N/ไร่	0.27	0.36	0.97	23.6

D-stat = Agreement index

RMSEn = Normalized root mean square error

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองที่ 2 การประเมินอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice

4.2.1 อิทธิพลปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของข้าวไม่ไวแสง

ตารางที่ 4.16 แสดงผลของการวิเคราะห์ค่า SCMR ของข้าวไม่ไวแสงทั้ง 2 พันธุ์ เมื่อได้รับการใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ในอัตรา 20 กก.N/ไร่ เท่ากัน พบว่าในระยะแตกกอข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่า SCMR เท่ากับ 43.3 ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่มีค่าเท่ากับ 40.1 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบอิทธิพลของปุ๋ยแต่ละชนิดค่า SCMR ของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ พบว่าที่ระยะแตกกอ กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยยูเรียจะทำให้ข้าวมีค่า SCMR สูงที่สุดเท่ากับ 44.9 ซึ่งไม่แตกต่างจากกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยพืชสด และการใส่ปุ๋ยหมัก ที่มีค่าเท่ากับ 43.9 และ 42.8 ตามลำดับ แต่จะแตกต่างจากกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยคอก และกรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ย สำหรับผลการวิเคราะห์ที่ระยะออกดอก และระยะเก็บเกี่ยว พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีค่า SCMR ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และผลการศึกษาไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับชนิดปุ๋ยที่ใส่ต่อค่า SCMR ที่ทุกระยะการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการวิเคราะห์จำนวนหน่อต่อกอ พบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีจำนวนหน่อต่อกอไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ทุกระยะการเจริญเติบโต ซึ่งข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีจำนวนหน่อเท่ากับ 14.9, 16.4 และ 19.3 หน่อต่อกอ ส่วนพันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่าเท่ากับ 16.1, 16.5 และ 19.0 หน่อต่อกอ ที่ระยะแตกกอ ระยะออกดอก และระยะเก็บเกี่ยว ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดในอัตรา 20 กก.N/ไร่ เท่ากัน พบว่าที่ระยะแตกกอกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ มีผลทำให้ข้าวมีจำนวนหน่อแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) จากกรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ย (12.0 หน่อ) โดยพบว่าการใส่ปุ๋ยยูเรียทำให้ข้าวจำนวนหน่อต่อกอสูงที่สุดเท่ากับ 17.6 หน่อ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยพืชสด การใส่ปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว มีค่าเท่ากับ 17.1 , 16.3 และ 14.5 หน่อ ตามลำดับ ผลการศึกษาไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและชนิดของปุ๋ยที่ใส่ต่อค่าจำนวนหน่อต่อกอในทุกระยะที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าคงความเขียว (SPAD Chlorophyll Meter Reading; SCMR) ของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ เมื่อได้รับปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	SCMR		
	ระยะแตกกอ[1/]	ระยะออกดอก	ระยะเก็บเกี่ยว
พันธุ์ข้าว			
ชัยนาท 1 (CN 1)	43.3[a]	34.7	17.5
ปทุมธานี 80 (PTT 80)	40.1[b]	35.7	16.8
ชนิดของปุ๋ย			
ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	37.2[c]	35.4	16.6
ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	43.9[ab]	34.5	17.8
ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	39.7[bc]	36.1	18.1
ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	42.8[ab]	34.7	17.6
ปุ๋ยยูเรีย (UR)	44.9[a]	35.3	15.6
พันธุ์ข้าว × ชนิดของปุ๋ย			
CN 1 × Non-fertilizer	36.8	32.8	17.4
CN 1 × GM	45.9	34.2	18.4
CN 1 × CM	40.7	36.3	18.6
CN 1 × FM	45.6	32.8	15.9
CN 1 × UR	47.7	37.5	17.5
PTT 80 × Non-fertilizer	37.7	38.0	15.8
PTT 80 × GM	42.0	34.8	17.2
PTT 80 × CM	38.6	35.9	17.7
PTT 80 × FM	40.1	36.6	19.4
PTT 80 × UR	42.0	33.1	13.8
F-test			
พันธุ์ข้าว	**	ns	ns
ชนิดของปุ๋ย	**	ns	ns
พันธุ์ข้าว × ชนิดของปุ๋ย	ns	ns	ns
C.V. (%)	7.35	16.25	13.76

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 แสดงจำนวนหน่อต่อกอ ของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ เมื่อได้รับปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	จำนวนหน่อต่อกอ		
	ระยะแตกกอ[1/]	ระยะออกดอก	ระยะเก็บเกี่ยว
พันธุ์ข้าว			
ชัยนาท 1 (CN 1)	14.9	16.4	19.3
ปทุมธานี 80 (PTT 80)	16.1	16.5	19.0
ชนิดของปุ๋ย			
ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	12.0[b]	17.0	17.8
ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	17.1[a]	16.8	20.1
ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	14.5[ab]	15.4	20.1
ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	16.3[a]	16.1	19.9
ปุ๋ยยูเรีย (UR)	17.6[a]	17.0	17.6
พันธุ์ข้าว × ชนิดของปุ๋ย			
CN 1 × Non-fertilizer	11.5	18.0	19.5
CN 1 × GM	16.3	16.5	20.8
CN 1 × CM	14.3	15.3	21.3
CN 1 × FM	16.0	15.0	18.0
CN 1 × UR	16.5	17.3	16.8
PTT 80 × Non-fertilizer	12.5	16.0	16.0
PTT 80 × GM	18.0	17.0	19.5
PTT 80 × CM	14.8	15.5	19.0
PTT 80 × FM	16.5	17.3	21.8
PTT 80 × UR	18.7	16.8	18.5
F-test			
พันธุ์ข้าว	ns	ns	ns
ชนิดของปุ๋ย	**	ns	ns
พันธุ์ข้าว × ชนิดของปุ๋ย	ns	ns	ns
C.V. (%)	14.49	19.57	21.67

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าดัชนีพื้นที่ใบของข้าว ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ พบว่าข้าวไม่ไวแสงทั้ง 2 พันธุ์ มีค่าดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะแตกกอ ระยะออกดอก และระยะเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 0.76, 2.46 และ 1.70 ส่วนพันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่าเท่ากับ 0.74, 2.48 และ 1.67 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิด พบว่าชนิดของปุ๋ยมีผลทำให้ข้าวมีค่าเฉลี่ยดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ที่ระยะแตกกอและระยะเก็บเกี่ยว โดยกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยยูเรียทำให้ค่าดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะออกดอกสูงที่สุดเท่ากับ 0.98 รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง ปุ๋ยคอก และปุ๋ยหมักมีค่าเท่ากับ 0.78, 0.74 และ 0.70 ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีควบคุมมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.53 สำหรับระยะเก็บเกี่ยว พบว่าการใส่ปุ๋ยคอกมูลวัวทำให้ข้าวมีค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงที่สุดเท่ากับ 2.17 และไม่แตกต่างจากกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยหมักที่มีค่าเท่ากับ 1.70 แต่จะแตกต่างจากกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยยูเรีย การใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง และกรรมวิธีควบคุม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.87, 1.49 และ 1.21 ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและชนิดของปุ๋ยที่ใส่ต่อค่าดัชนีพื้นที่ใบทั้งที่ระยะแตกกอ ระยะออกดอก และระยะเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 4.19 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าพื้นที่ใบเฉพาะของข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีค่าพื้นที่ใบเฉพาะไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งที่ระยะแตกกอ ระยะออกดอก และระยะเก็บเกี่ยว โดยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 360, 353 และ 222 g cm^{-2} ส่วนพันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่าเท่ากับ 308, 336 และ 197 g cm^{-2} ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิด พบว่ามีเพียงที่ระยะเก็บเกี่ยวเท่านั้นที่ข้าวมีค่าพื้นที่ใบเฉพาะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยคอกมูลวัวทำให้ข้าวมีพื้นที่ใบเฉพาะสูงที่สุด เท่ากับ 265 g cm^{-2} ซึ่งไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยหมัก (218 g cm^{-2}) และการใส่ปุ๋ยยูเรีย (209 g cm^{-2}) แต่จะแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยพืชสด (180 g cm^{-2}) และกรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ย (177 g cm^{-2}) ส่วนที่ระยะแตกกอ และระยะออกดอก พบว่าชนิดของปุ๋ยไม่มีผลทำให้ข้าวมีค่าพื้นที่ใบเฉพาะแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาการตอบสนองของพันธุ์ข้าวที่ได้รับปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและชนิดของปุ๋ยที่ใส่ต่อค่าพื้นที่ใบเฉพาะทั้งที่ระยะแตกกอ ระยะออกดอก และระยะเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ดัชนีพื้นที่ใบของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ เมื่อได้รับปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	ดัชนีพื้นที่ใบ		
	ระยะแตกกอ[1/]	ระยะออกดอก	ระยะเก็บเกี่ยว[1/]
พันธุ์ข้าว			
ชัยนาท 1 (CN 1)	0.76	2.46	1.70
ปทุมธานี 80 (PTT 80)	0.74	2.48	1.67
ชนิดของปุ๋ย			
ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	0.53^{c}	2.35	1.21^{c}
ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	0.78^{ab}	2.37	1.49^{bc}
ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	0.74^{bc}	2.56	2.17^{a}
ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	0.70^{bc}	2.44	1.70^{abc}
ปุ๋ยยูเรีย (UR)	0.98^{a}	2.64	1.87^{bc}
พันธุ์ข้าว × ชนิดของปุ๋ย			
CN 1 × Non-fertilizer	0.55	2.32	1.17
CN 1 × GM	0.76	2.46	1.42
CN 1 × CM	0.73	2.46	2.06
CN 1 × FM	0.72	2.42	1.71
CN 1 × UR	1.06	2.66	2.15
PTT 80 × Non-fertilizer	0.52	2.39	1.25
PTT 80 × GM	0.80	2.28	1.56
PTT 80 × CM	0.76	2.67	2.29
PTT 80 × FM	0.69	2.47	1.68
PTT 80 × UR	0.91	2.62	1.59
F-test			
พันธุ์ข้าว	ns	ns	ns
ชนิดของปุ๋ย	**	ns	**
พันธุ์ข้าว × ชนิดของปุ๋ย	ns	ns	ns
C.V. (%)	19.69	15.70	25.97

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 แสดงพื้นที่ใบเฉพาะของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ เมื่อได้รับปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	พื้นที่ใบเฉพาะ ($g\ cm^{-2}$)		
	ระยะแตกกอ	ระยะออกดอก	ระยะเก็บเกี่ยว[1/]
พันธุ์ข้าว			
ชัยนาท 1 (CN 1)	360	353	222
ปทุมธานี 80 (PTT 80)	308	336	197
ชนิดของปุ๋ย			
ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	338	296	177[b]
ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	300	341	180[b]
ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	389	361	265[a]
ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	294	341	218[ab]
ปุ๋ยยูเรีย (UR)	350	384	209[ab]
พันธุ์ข้าว × ชนิดของปุ๋ย			
CN 1 × Non-fertilizer	353	356	195
CN 1 × GM	330	375	185
CN 1 × CM	391	332	270
CN 1 × FM	325	325	227
CN 1 × UR	403	376	231
PTT 80 × Non-fertilizer	322	235	158
PTT 80 × GM	270	307	174
PTT 80 × CM	388	390	259
PTT 80 × FM	264	357	209
PTT 80 × UR	296	391	186
F-test			
พันธุ์ข้าว	ns	ns	ns
ชนิดของปุ๋ย	ns	ns	**
พันธุ์ข้าว × ชนิดของปุ๋ย	ns	ns	ns
C.V. (%)	24.83	19.36	23.65

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอัตราการเจริญเติบโตของข้าวไม่ไวแสงทั้ง 2 พันธุ์ ที่ได้รับอิทธิพลของปุ๋ยชนิดต่าง ๆ พบว่าที่ระยะปักดำถึง 30 วันหลังปักดำ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่าอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 2.89 g m^{-2} d^{-1} ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ชัยนาท 1 ที่มีค่าเท่ากับ 2.40 g m^{-2} d^{-1} อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ส่วนที่ระยะ 30 ถึง 45 วันหลังปักดำ และระยะ 45 วันหลังปักดำ ถึงระยะเก็บเกี่ยว พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อค่าอัตราการเจริญเติบโตของข้าว พบว่าที่ระยะปักดำถึง 30 วันหลังปักดำ กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยยูเรียทำให้ข้าวมีค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด แต่ก็ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยพืชสด และการใส่ปุ๋ยหมัก โดยมีค่าเท่ากับ 3.24, 3.00 และ 2.84 g m^{-2} d^{-1} ตามลำดับ แต่จะแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว และกรรมวิธีควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 2.26 และ 1.88 g m^{-2} d^{-1} ตามลำดับ และพบว่าที่ระยะ 45 วันหลังปักดำ ถึงระยะเก็บเกี่ยว ข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองมีค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุดเท่ากับ 12.25 g m^{-2} d^{-1} และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการใส่ปุ๋ยยูเรียและการใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.56 และ 10.88 g m^{-2} d^{-1} ตามลำดับ แต่จะแตกต่างจากกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ย มีค่าเท่ากับ 10.88 9.25 และ 7.46 g m^{-2} d^{-1} ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับชนิดของปุ๋ยที่แตกต่างกัน ต่อค่าอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะต่าง ๆ พบว่าที่ระยะ 30 ถึง 45 วันหลังปักดำ ข้าวทั้งสองพันธุ์มีการตอบสนองต่อชนิดของปุ๋ยที่ใส่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่ได้รับปุ๋ยคอกจะมีค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด เท่ากับ 6.09 g m^{-2} d^{-1} แต่ก็ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยหมักและกรรมวิธีควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 5.20 และ 5.54 g m^{-2} d^{-1} ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ชัยนาท 1 มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยยูเรียสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 5.76 g m^{-2} d^{-1} อย่างไรก็ตามที่ระยะปักดำ ถึง 30 วันหลังปักดำ และระยะ 45 วันหลังปักดำถึงเก็บเกี่ยว ไม่พบว่าข้าวมีการตอบสนองต่อชนิดของปุ๋ยที่ใส่แตกต่างกันทางสถิติ (**ตารางที่ 4.20**)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ เมื่อได้รับปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	อัตราการเจริญเติบโต ($g\ m^{-2}\ d^{-1}$)[1/]		
	ระยะปักดำ – 30 วัน หลังปักดำ	ระยะ 30 – 45 วัน หลังปักดำ	ระยะ 45 วันหลังปักดำ - เก็บเกี่ยว
พันธุ์ข้าว			
ชัยนาท 1 (CN 1)	2.40[b]	4.83	10.20
ปทุมธานี 80 (PTT 80)	2.89[a]	5.11	10.37
ชนิดของปุ๋ย			
ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	1.88[e]	4.70	7.46[c]
ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	3.00[ab]	4.80	12.25[a]
ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	2.26[bc]	5.51	10.88[ab]
ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	2.84[ab]	4.93	9.25[bc]
ปุ๋ยยูเรีย (UR)	3.24[a]	4.88	11.56[ab]
พันธุ์ข้าว × ชนิดของปุ๋ย			
CN 1 × Non-fertilizer	1.76	3.87[e]	7.23
CN 1 × GM	2.59	4.90[bcde]	11.90
CN 1 × CM	2.20	4.94[bcd]	10.10
CN 1 × FM	2.56	4.67[cde]	9.63
CN 1 × UR	2.89	5.76[ab]	12.13
PTT 80 × Non-fertilizer	1.99	5.54[abc]	7.70
PTT 80 × GM	3.40	4.71[bcde]	12.60
PTT 80 × CM	2.33	6.09[a]	11.65
PTT 80 × FM	3.12	5.20[abc]	8.88
PTT 80 × UR	3.60	3.99[de]	11.00
F-test			
พันธุ์ข้าว	**	ns	ns
ชนิดของปุ๋ย	**	ns	**
พันธุ์ข้าว × ชนิดของปุ๋ย	ns	**	ns
C.V. (%)	11.03	15.52	17.17

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของข้าวไม่ไวแสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิด พบว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยน้ำหนักแห้งรวมส่วนเหนือดินที่ระยะแตกกอ ระยะออกดอก และระยะเก็บเกี่ยวของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่าเท่ากับ 139, 261 และ 534 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าเท่ากับ 115, 231 และ 506 กก./ไร่ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดในอัตราที่เท่ากัน พบว่ามีผลทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ที่ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยที่ระยะแตกกอ การใส่ปุ๋ยยูเรีย และการใส่ปุ๋ยพืชสดทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งสูงที่สุดเท่ากับ 156 และ 144 กก./ไร่ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยหมัก (136 กก./ไร่) ปุ๋ยคอกมูลวัว (109 กก./ไร่) และกรรมวิธีควบคุม (90 กก./ไร่) ในทำนองเดียวกันพบว่าที่ระยะออกดอก ข้าวที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยหมัก ให้น้ำหนักแห้งสูงสุดท่ากับ 273, 259 และ 255 กก./ไร่ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากปุ๋ยคอกมูลวัว (241 กก./ไร่) และกรรมวิธีควบคุม (203 กก./ไร่) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลการวิเคราะห์ที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง ปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยคอกมูลวัว ทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งสูงที่สุดท่ากับ 590, 576 และ 534 กก./ไร่ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากการใส่ปุ๋ยหมัก และกรรมวิธีควบคุม ที่มีค่าเท่ากับ 491 และ 393 กก./ไร่ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและชนิดของปุ๋ยที่ใส่ต่อค่าน้ำหนักแห้งรวมส่วนเหนือดินที่ทุกระยะการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 แสดงน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ เมื่อได้รับปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กก./ไร่) [1/]		
	ระยะแตกกอ	ระยะออกดอก	ระยะเก็บเกี่ยว
พันธุ์ข้าว			
ชัยนาท 1 (CN 1)	115[b]	231[b]	506[b]
ปทุมธานี 80 (PTT 80)	139[a]	261[a]	534[a]
ชนิดของปุ๋ย			
ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	90[d]	203[c]	393[c]
ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	144[ab]	259[ab]	590[a]
ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	109[c]	241[b]	534[ab]
ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	136[b]	255[ab]	491[b]
ปุ๋ยยูเรีย (UR)	156[a]	273[a]	576[a]
พันธุ์ข้าว × ชนิดของปุ๋ย			
CN 1 × Non-fertilizer	85	177	365
CN 1 × GM	124	242	576
CN 1 × CM	106	224	491
CN 1 × FM	123	235	491
CN 1 × UR	139	277	604
PTT 80 × Non-fertilizer	95	228	421
PTT 80 × GM	163	276	618
PTT 80 × CM	111	258	576
PTT 80 × FM	150	275	506
PTT 80 × UR	173	269	562
F-test			
พันธุ์ข้าว	**	**	*
ชนิดของปุ๋ย	**	**	**
พันธุ์ข้าว × ชนิดของปุ๋ย	ns	ns	ns
C.V. (%)	11.13	8.73	8.69

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 อิทธิพลปุ๋ยอินทรีย์ต่อองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง

ตารางที่ 4.22 แสดงผลการวิเคราะห์จำนวนรวงต่อกอของข้าว พบว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีจำนวนรวงต่อกอแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับพันธุ์ปทุมธานี 80 โดยมีค่าเท่ากับ 15.5 และ 12.6 รวงต่อกอ ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดในอัตราที่เท่ากัน พบว่ามีอิทธิพลต่อการให้จำนวนรวงของข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองให้จำนวนรวงต่อกอสูงสุดเท่ากับ 16.9 รวงต่อกอ รองลงมาคือปุ๋ยหมัก ปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยคอก มีค่าเท่ากับ 14.6, 14.4 และ 13.1 รวงต่อกอ ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยมีค่าน้อยสุดเท่ากับ 11.0 รวงต่อกอ และผลการศึกษาไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับชนิดของปุ๋ยที่ใส่ต่อค่าจำนวนรวงต่อกอของข้าว

ตารางที่ 4.22 แสดงผลการศึกษาพบว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 และชัยนาท 1 ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 203 และ 200 กก./ไร่ ตามลำดับ สำหรับการเปรียบเทียบอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดในอัตราที่เท่ากัน พบว่ามีผลทำให้ข้าวมีผลผลิตเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยการใส่ปุ๋ยยูเรียจะให้ผลผลิตของข้าวสูงสุดเท่ากับ 245 กก./ไร่ และไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองที่มีค่าเท่ากับ 233 กก./ไร่ แต่จะแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยคอก ที่มีค่าเท่ากับ 201 และ 179 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตต่ำที่สุดเท่ากับ 151 กก./ไร่ แม้ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่าเกิดปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และการใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ แต่มีแนวโน้มว่าข้าวทั้งสองพันธุ์ มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยยูเรียและการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองมากกว่าปุ๋ยชนิดอื่น ๆ โดยพันธุ์ชัยนาท 1 ค่าเท่ากับ 258 และ 222 กก./ไร่ ในขณะที่พันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่าเท่ากับ 231 และ 245 กก./ไร่ ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวเมื่อได้รับปุ๋ยต่างชนิดกัน พบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของพันธุ์ปทุมธานี 80 และชัยนาท 1 เท่ากับ 0.27 และ 0.26 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิด พบว่าความแตกต่างกันอย่างยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยยูเรียจะทำให้ข้าวมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงที่สุด เท่ากับ 0.31 รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง การใส่ปุ๋ยหมัก และกรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.29, 0.28 และ 0.24 ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยคอกมูลวัวมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.23 เมื่อพิจารณาการตอบสนองของข้าวต่อการใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ แม้ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์เกิดขึ้น แต่มีแนวโน้มว่า ข้าวทั้งสองพันธุ์มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง และปุ๋ยหมัก ดีกว่าการใช้ปุ๋ยคอกมูลวัว **(ตารางที่ 4.22)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 แสดงองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง เมื่อได้รับปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	จำนวนรวงต่อกอ[1/]	น้ำหนักเมล็ด (กก./ไร่)[1/]	ดัชนีเก็บเกี่ยว[1/]	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)[1/]
พันธุ์ข้าว				
ชัยนาท 1 (CN 1)	15.5[a]	400	0.27	21.4[a]
ปทุมธานี 80 (PTT 80)	12.6[b]	406	0.26	17.1[b]
ชนิดของปุ๋ย				
ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	11.0[c]	302[c]	0.24[ab]	16.2[e]
ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	16.9[a]	466[a]	0.29[ab]	19.9[c]
ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	13.1[bc]	358[b]	0.23[b]	21.7[a]
ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	14.6[ab]	402[b]	0.28[ab]	17.6[d]
ปุ๋ยยูเรีย (UR)	14.4[ab]	490[a]	0.31[a]	20.9[b]
พันธุ์ข้าว × ชนิดของปุ๋ย				
CN 1 × Non-fertilizer	10.8	298	0.26	20.2
CN 1 × GM 20 กก.N/ไร่	19.3	444	0.28	21.3
CN 1 × CM 20 กก.N/ไร่	15.5	352	0.24	21.5
CN 1 × FM 20 กก.N/ไร่	16.5	392	0.28	20.0
CN 1 × UR 20 กก.N/ไร่	15.3	516	0.32	24.0
PTT 80 × Non-fertilizer	11.3	306	0.22	12.2
PTT 80 × GM 20 กก.N/ไร่	14.5	490	0.29	18.5
PTT 80 × CM 20 กก.N/ไร่	10.8	364	0.22	22.0
PTT 80 × FM 20 กก.N/ไร่	12.8	410	0.29	15.2
PTT 80 × UR 20 กก.N/ไร่	13.5	462	0.29	17.7
F-test				
พันธุ์ข้าว	**	ns	ns	**
ชนิดของปุ๋ย	**	**	**	**
พันธุ์ข้าว × ชนิดของปุ๋ย	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	14.57	8.62	14.94	16.38

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 แสดงผลน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวเมื่อได้รับการใส่ปุ๋ยต่างชนิดกัน พบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีน้ำหนักเมล็ดแตกต่างกันอย่างยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เท่ากับ 21.4 กรัม ส่วนพันธุ์ปทุมธานี 80 เท่ากับ 17.1 กรัม เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของการใส่ปุ๋ย พบว่าข้าวมีค่าน้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่แตกต่างกันอย่างยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยกรรมวิธีการปุ๋ยคอกทำให้ข้าวมีน้ำหนัก 1,000 กรัม สูงที่สุดเท่ากับ 21.7 กรัม และกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 16.2 กรัม ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างชนิดของปุ๋ยกับพันธุ์ข้าวสำหรับค่าน้ำหนัก 1,000 ของข้าว แต่มีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทุกชนิดดีกว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่ตอบสนองดีเฉพาะการใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว

ตารางที่ 4.23 แสดงเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเมล็ดลีบของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ผลการวิเคราะห์พบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเมล็ดลีบไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 77.1 และ 76.9 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพันธุ์ปทุมธานี 80 และ ชัยนาท 1 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิด พบว่าทำให้ข้าวมีค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเมล็ดลีบแตกต่างกันอย่างยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) การใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ จะทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงกว่ากรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ย (71.04 เปอร์เซ็นต์) โดยการใส่ปุ๋ยยูเรียทำให้ข้าวมีค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงที่สุด เท่ากับ 81.2 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง การใส่ปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว มีค่าเท่ากับ 80.0, 78.8 และ 74.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบก็บ่งชี้ว่าการใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ จะทำให้ข้าวมีเมล็ดลีบลดลง และในกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยยูเรียพบว่ามีค่าน้อยที่สุดเพียง 18.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 20.0-26.0 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงถึง 29.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และการใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ พบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 แสดงเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ ของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง เมื่อได้รับปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี [1/]	เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ [1/]
พันธุ์ข้าว		
ชัยนาท 1 (CN 1)	76.9	23.1
ปทุมธานี 80 (PTT 80)	77.1	22.9
ชนิดของปุ๋ย		
ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	71.0[b]	29.0[c]
ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	80.0[ab]	20.0[ab]
ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	74.0[ab]	26.0[ab]
ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	78.8[ab]	21.2[ab]
ปุ๋ยยูเรีย (UR)	81.2[a]	18.8[a]
พันธุ์ข้าว × ชนิดของปุ๋ย		
CN 1 × Non-fertilizer	72.1	27.9
CN 1 × GM 20 กก.N/ไร่	78.8	21.2
CN 1 × CM 20 กก.N/ไร่	72.5	27.5
CN 1 × FM 20 กก.N/ไร่	77.3	22.7
CN 1 × UR 20 กก.N/ไร่	84.1	16.0
PTT 80 × Non-fertilizer	70.0	30.0
PTT 80 × GM 20 กก.N/ไร่	81.3	18.8
PTT 80 × CM 20 กก.N/ไร่	75.5	24.5
PTT 80 × FM 20 กก.N/ไร่	80.4	19.6
PTT 80 × UR 20 กก.N/ไร่	78.3	21.7
F-test		
พันธุ์ข้าว	ns	ns
ชนิดของปุ๋ย	**	**
พันธุ์ข้าว × ชนิดของปุ๋ย	ns	ns
C.V. (%)	7.85	26.30

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการประเมินระยะพัฒนาการ การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยแบบจำลอง CSM-CERES-Rice

ตารางที่ 4.24 แสดงจากผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองและการสังเกตของวันกำเนิดช่องรวงของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ เมื่อได้รับการใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ในอัตรา 20 กก.N/ไร่ เท่ากัน พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินวันกำเนิดช่อรวงของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ได้ดีมาก โดยมีค่าสังเกตเท่ากับ 66 วัน และค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 73 วัน มีผลต่างของค่าสังเกตและค่าจำลอง เท่ากับ +7 วัน เท่ากับ 0.99 และค่า RMSEn เท่ากับ 7.5 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันในทุกทรีตเม้นต์ แสดงว่าแบบจำลองประเมินได้ดีมาก สำหรับพันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่าสังเกตวันกำเนิดช่อรวงเท่ากับ 66 วัน และค่าจากแบบจำลอง เท่ากับ 65 วัน มีผลต่างของค่าสังเกตและค่าจำลอง เท่ากับ -1 วัน และค่า RMSEn เท่ากับ 1.1 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันในทุกทรีตเม้นต์ แสดงว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้ดีมากเช่นกัน

ตารางที่ 4.24 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของวันกำเนิดช่อรวง (Panicle initiation day) ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน

พันธุ์ข้าว	ชนิดของปุ๋ยที่แตกต่างกัน	วันกำเนิดช่อรวง (Panicle initiation day)			
		ค่าสังเกต (O)	ค่าจำลอง (S)	ผลต่างของ S - O	RMSEn (%)
ชัยนาท 1	ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	66	73	+7	7.5
	ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	66	73	+7	7.5
	ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	66	73	+7	7.5
	ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	66	73	+7	7.5
	ปุ๋ยยูเรีย (UR)	66	73	+7	7.5
ปทุมธานี 80	ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	66	65	-1	1.1
	ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	66	65	-1	1.1
	ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	66	65	-1	1.1
	ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	66	65	-1	1.1
	ปุ๋ยยูเรีย (UR)	66	65	-1	1.1

D-stat = Agreement index

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.25 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองและการสังเกตของวันผสมเกสรของข้าวทั้งสองพันธุ์เมื่อได้รับการใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ในอัตรา 20 กก. N/ไร่ เท่ากัน พบว่าแบบจำสองสามารถประเมินค่าได้ดีมากทั้งสองพันธุ์ โดยข้าวพันธุ์ชัยนาท มีค่าสังเกต เท่ากับ 88 วัน และค่าจากแบบจำลอง เท่ากับ 87 วัน มีค่าผลต่างของค่าสังเกตและค่าจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ -1 วัน และค่า RMSEn เท่ากับ 0.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่าสังเกตเท่ากับ 88 วัน และค่าจากแบบจำลอง เท่ากับ 77 วัน มีผลต่างของค่าสังเกตและค่าจำลอง เท่ากับ -11 วัน และค่า RMSEn เท่ากับ 8.8 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันในทุกทรีตเม้นต์

ตารางที่ 4.25 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของวันผสมเกสร (Anthesis day) ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน

พันธุ์ข้าว	ชนิดของปุ๋ยที่แตกต่างกัน	วันผสมเกสร (Anthesis day)			
		ค่าสังเกต (O)	ค่าจำลอง (S)	ผลต่างของ S - O	RMSEn (%)
ชัยนาท 1	ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	88	87	-1	0.8
	ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	88	87	-1	0.8
	ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	88	87	-1	0.8
	ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	88	87	-1	0.8
	ปุ๋ยยูเรีย (UR)	88	87	-1	0.8
ปทุมธานี 80	ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	88	77	-11	8.8
	ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	88	77	-11	8.8
	ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	88	77	-11	8.8
	ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	88	77	-11	8.8
	ปุ๋ยยูเรีย (UR)	88	77	-11	8.8

D-stat = Agreement index

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.26 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองและการสังเกตของวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เมื่อได้รับการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิด ในอัตรา 20 กก.N/ไร่ พบว่ามีค่าสังเกตวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาเท่ากับ 118 วัน ค่าจากแบบจำลอง เท่ากับ 116 วัน มีผลต่างของค่าสังเกตและค่าจำลอง เท่ากับ -2 วัน และค่า RMSEn เท่ากับ 1.2 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันในทุกทรีตเม้นต์ แสดงว่าแบบจำลองประเมินได้ดีมาก ส่วนผลการประเมินวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 แม้ว่าจะมีความแตกต่างระหว่างมีค่าสังเกต (120 วัน) และค่าจากแบบจำลอง (108 วัน) มากกว่าเมื่อเทียบกับพันธุ์ชัยนาท 1 แต่เมื่อพิจารณาค่าความสอดคล้องจากผลต่างของค่าสังเกตและค่าจำลอง มีค่าเท่ากับ -12 วัน และค่า RMSEn เท่ากับ 10.0 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันในทุกทรีตเม้นต์ ก็ยังถือว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity day) ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน

พันธุ์ข้าว	ชนิดของปุ๋ยที่แตกต่างกัน	วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity day)			
		ค่าสังเกต (O)	ค่าจำลอง (S)	ผลต่างของ S - O	RMSEn (%)
ชัยนาท 1	ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	118	116	-2	1.2
	ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	118	116	-2	1.2
	ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	118	116	-2	1.2
	ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	118	116	-2	1.2
	ปุ๋ยยูเรีย (UR)	118	116	-2	1.2
ปทุมธานี 80	ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	120	108	-12	10.0
	ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	120	108	-12	10.0
	ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	120	108	-12	10.0
	ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	120	108	-12	10.0
	ปุ๋ยยูเรีย (UR)	120	108	-12	10.0

D-stat = Agreement index

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.27 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลอง และการสังเกตสำหรับค่าดัชนีพื้นที่ใบของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ เมื่อได้รับแต่ละปุ๋ยชนิด ในอัตราที่ 20 กก.N/ไร่ พบว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าสังเกตของดัชนีพื้นที่ใบอยู่ระหว่าง 1.37-1.80 ในขณะที่แบบจำลองประเมินค่าได้สูงกว่าค่าสังเกตประมาณ 1 เท่าตัว โดยค่าจำลองอยู่ระหว่าง 2.36-3.23 มีค่า D-stat ระหว่าง 0.80-0.86 และค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 51.1-71.2 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าแบบจำลองประเมินได้ไม่ดี ในทำนองเดียวกันกับผลการประเมินของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 แม้ว่าจะมีความแตกต่างระหว่างค่าสังเกต (1.39-2.07) และค่าจากแบบจำลอง (2.32-2.37) น้อยกว่าเมื่อเทียบกับพันธุ์ชัยนาท 1 แต่เมื่อพิจารณาความสอดคล้องจากค่า D-stat ที่มีค่าเท่ากับ 0.90-0.99) และค่า RMSEn เท่ากับ 10.3-48.1 เปอร์เซ็นต์ ก็ถือว่าแบบจำลองประเมินได้ไม่ดีเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของดัชนีพื้นที่ใบ ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน

พันธุ์ข้าว	ชนิดของปุ๋ยที่แตกต่างกัน	ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)			
		ค่าสังเกต	ค่าจำลอง	D-stat	RMSEn (%)
ชัยนาท 1	ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	1.37	2.36	0.88	51.1
	ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	1.61	3.23	0.80	71.2
	ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	1.69	3.23	0.83	64.4
	ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	1.74	3.23	0.85	60.6
	ปุ๋ยยูเรีย (UR)	1.80	3.23	0.86	56.2
ปทุมธานี 80	ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	1.39	2.32	0.90	47.3
	ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	1.62	2.37	0.95	32.7
	ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	2.07	2.37	0.99	10.3
	ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	1.41	2.37	0.90	48.1
	ปุ๋ยยูเรีย (UR)	1.63	2.37	0.95	32.1

D-stat = Agreement index

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.28 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลอง และการสังเกตสำหรับน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดในอัตราที่ 20 กก.N/ไร่ พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินความสอดคล้องค่าน้ำหนักแห้งรวมส่วนเหนือดินของพันธุ์ชัยนาท 1 ได้ดีมากในทุกทรีตเม้นต์ โดยเมื่อข้าวได้รับปุ๋ยชนิดต่าง ๆ จะมีค่าสังเกตของน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินอยู่ระหว่าง 1,058-1,296 กก./ไร่ แบบจำลองประเมินค่าได้เท่ากับ 1,178 กก./ไร่ และมีค่า D-stat เท่ากับ 0.99 เท่ากันในทุกทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ย และค่า RMSEn มีค่าระหว่าง 3.4-8.0 เปอร์เซ็นต์ แต่สำหรับกรรมวิธีควบคุมพบว่าแบบจำลองประเมินได้ดี โดยมีค่าสังเกตเท่ากับ 778 และค่าจำลอง เท่ากับ 930 กก./ไร่ ค่า D-stat เท่ากับ 0.99 และค่า RMSEn เท่ากับ 13.8 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลการประเมินความสอดคล้องกันระหว่างค่าสังเกตและค่าจากแบบจำลองของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินค่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินได้ดีมากในทรีตเม้นต์ ไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยยูเรีย โดยมีค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 1,011-1,258 กก./ไร่ และค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 964-1,134 กก./ไร่ มีค่า D-stat เท่ากับ 0.99 และค่า RMSEn เท่ากับ 1.5-7.0 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้ดี มีค่าสังเกต เท่ากับ 1,332 กก./ไร่ ค่าจากแบบจำลองมีค่าอยู่เท่ากับ 1,134 กก./ไร่ มีค่า D-stat เท่ากับ 0.99 และ ค่า RMSEn เท่ากับ 10.6 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.28 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน

พันธุ์ข้าว	ชนิดของปุ๋ยที่แตกต่างกัน	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กก./ไร่)			
		ค่าสังเกต	ค่าจำลอง	D-stat	RMSEn (%)
ชัยนาท 1	ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	778	930	0.99	13.8
	ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	1,245	1,178	0.99	3.8
	ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	1,058	1,178	0.99	8.0
	ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	1,123	1,178	0.99	3.4
	ปุ๋ยยูเรีย (UR)	1,296	1,178	0.99	6.4
ปทุมธานี 80	ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	1,011	964	0.99	3.29
	ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	1,332	1,134	0.99	10.6
	ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	1,220	1,134	0.99	5.0
	ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	1,158	1,134	0.99	1.5
	ปุ๋ยยูเรีย (UR)	1,258	1,134	0.99	7.0

D-stat = Agreement index

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.29 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลอง และการสังเกตสำหรับค่าผลผลิตของข้าว ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดในอัตรา 20 กก.N/ไร่ พบว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เมื่อได้รับการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิด มีค่าสังเกตผลผลิตอยู่ระหว่าง 285-472 กก./ไร่ ค่าจากแบบจำลองประเมินได้ คือ 329-557 กก./ไร่ มีค่า D-stat คือ 0.90-0.99 และค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 10.9-48.3 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าแบบจำลองประเมินได้ในระดับไม่ดี เช่นเดียวกันกับผลการประเมินของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินค่าผลผลิตในทรีตเม้นที่มีการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดได้อยู่ในระดับที่ไม่ดี โดยมีค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 315-502 กก./ไร่ และค่าจากแบบจำลองประเมินได้ คือ 365-687 กก./ไร่ มีค่า D-stat ระหว่าง 0.85-0.99 และค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 11.2-59.5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.29 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าจำลองของผลผลิต ของข้าวไม่ไวแสง 2 พันธุ์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยชนิดที่แตกต่างกัน

พันธุ์ข้าว	ชนิดของปุ๋ยที่แตกต่างกัน	ผลผลิต (กก./ไร่)			
		ค่าสังเกต	ค่าจำลอง	D-stat	RMSEn (%)
ชัยนาท 1	ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	285	329	0.99	10.9
	ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	413	557	0.97	24.2
	ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	331	557	0.90	48.3
	ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	395	557	0.96	29.0
	ปุ๋ยยูเรีย (UR)	472	557	0.99	12.7
ปทุมธานี 80	ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	315	365	0.99	11.2
	ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	502	687	0.97	26.1
	ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	373	687	0.85	59.5
	ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	408	687	0.90	48.4
	ปุ๋ยยูเรีย (UR)	472	687	0.95	32.2

D-stat = Agreement index

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.30 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลอง และการสังเกตสำหรับค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวของข้าว ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดในอัตราที่ 20 กก.N/ไร่ พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินความสอดคล้องของค่าดัชนีเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ทุกทรีตเม้นต์อยู่ในระดับดีถึงดีมาก โดยมีค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 0.32-0.38 ค่าจากแบบจำลองอยู่ระหว่าง 0.33-0.40 มีค่า D-stat ระหว่าง 0.98-0.99 และค่า RMSEn ระหว่าง 3.7-17.7 เปอร์เซ็นต์ แต่สำหรับผลการประเมินในพันธุ์ปทุมธานี 80 พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินค่าดัชนีเก็บเกี่ยวได้ดีถึงดีมากในทรีตเม้นต์ ไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยยูเรีย โดยมีค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 0.29-0.37 ค่าจากแบบจำลองประเมินได้เท่ากัน คือ 0.38-0.39 มีค่า D-stat เท่ากันคือ 0.99 และค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 3.8-13.3 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมูลวัวแบบจำลองสามารถประเมินได้ในระดับค่อนข้างดีมีค่า D-stat เท่ากับ 0.97 และ ค่า RMSEn เท่ากับ 24.4 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.30 ความสอดคล้องข้อมูลที่ได้จากการประเมิน และการสังเกตของ ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว

พันธุ์ข้าว	อัตราปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง	ดัชนีการเก็บเกี่ยว			
		ค่าสังเกต	ค่าจำลอง	D-stat	RMSEn(%)
ชัยนาท 1	ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	0.36	0.33	0.99	5.9
	ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	0.35	0.40	0.99	10.1
	ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	0.32	0.40	0.98	17.7
	ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	0.36	0.40	0.99	7.9
	ปุ๋ยยูเรีย (UR)	0.38	0.40	0.99	3.7
ปทุมธานี 80	ไม่ใส่ปุ๋ย (Non-fertilizer)	0.32	0.38	0.99	13.3
	ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง (GM)	0.36	0.39	0.99	8.1
	ปุ๋ยคอกมูลวัว (CM)	0.29	0.39	0.97	24.4
	ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว (FM)	0.36	0.39	0.99	5.9
	ปุ๋ยยูเรีย (UR)	0.37	0.39	0.99	3.8

D-stat = Agreement index

RMSEn = Normalized root mean square error

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การศึกษาอิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice

จากผลการศึกษาอิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว พบว่าเมื่อมีการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราตั้งแต่ 5 ถึง 15 กก.N/ไร่ จะทำให้ข้าวมีแนวโน้มการแตกกอดีกว่ากรรมวิธีควบคุมแม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อใส่ในอัตราที่สูงขึ้นถึง 20 กก.N/ไร่ ข้าวจะมีการแตกกอน้อยลง แต่กลับพบว่าที่ระยะเก็บเกี่ยวข้าวมีค่าดัชนีพื้นที่ใบ และค่าพื้นที่ใบเฉพาะสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่น ๆ ซึ่งค่าดัชนีพื้นที่ใบเป็นค่าที่บ่งบอกพื้นที่ในการรับแสงของพืชต่อหน่วยพื้นที่ปลูก ส่วนลักษณะพื้นที่ใบเฉพาะเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความหนาหรือความบางของใบต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งสามารถใช้บ่งชี้ถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบทางอ้อม ดังนั้นแสดงว่าที่ระยะเก็บเกี่ยวข้าวยังมีใบส่วนที่เป็นสีเขียวและมีรงควัตถุสังเคราะห์แสงที่สำคัญอย่างคลอโรฟิลล์ซึ่งทำหน้าที่ในการดูดกลืนแสงมาใช้ในการสังเคราะห์อาหารเพื่อนำไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของลำต้น นอกจากนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ยังสามารถบ่งชี้ทางอ้อมได้โดยอาศัยค่า SCMR และผลการศึกษาพบว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ยังคงมีค่า SCMR ที่ระยะเก็บเกี่ยวสูงที่สุดเมื่อได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตรา 20 กก.N/ไร่ แสดงว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองได้ดีกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 จึงทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดี เมื่อพิจารณาค่าอัตราการเจริญเติบโตพบว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีในช่วงระยะแรก คือ ตั้งแต่ปักดำถึง 30 วันหลังปักดำ โดยมีค่าเฉลี่ยจากทุกทรีตเม้นต์เท่ากับ 10.6 g m^{-2} d^{-1} ในขณะที่พันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่าเฉลี่ยเพียง 3.65 g m^{-2} d^{-1} แต่ภายหลังข้าวออกดอกคือตั้งแต่ระยะ 45 วันหลังปักดำถึงเก็บเกี่ยวกลับพบว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีอัตราการเจริญเติบโตลดลงเหลือเพียง 5.60 g m^{-2} d^{-1} ส่วนพันธุ์ปทุมธานี 80 มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเป็น 11.20 g m^{-2} d^{-1} โดย Horie et al. (2003) อธิบายไว้ว่าค่าอัตราการเจริญเติบโตมีความเกี่ยวข้องกับการสะสมน้ำหนักแห้ง และความสามารถในการสะสมน้ำหนักแห้งในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของข้าวและจะส่งผลต่อความแตกต่างของระดับผลผลิต สอดคล้องกับการศึกษาของ พรเพ็ญ สมจิตร์ และนิตยา ผกามาศ (2555) รายงานว่าข้าวจะให้ผลผลิตสูงหากมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีในช่วงระยะ 45 วันหลังปักดำถึงเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นระยะที่มีความเกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตของข้าวไม่ไวแสงสูงถึง 47.94 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ อัตราการเจริญเติบโตในช่วงระยะ 30 วันหลังปักดำ และระยะ 30 วันถึง 45 วันหลังปักดำคิดเป็นสัดส่วน 25.55 และ 7.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามผลการศึกษาครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้แม้จะพบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ชัยนาท 1 เล็กน้อย โดยมีค่าเท่ากับ 368 และ 339 กก./ไร่ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแม้ว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 จะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีในช่วงปลายระยะสืบพันธุ์ แต่มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวที่บ่งบอกถึงความสามารถในการถ่ายเทสารอาหารไปยังเมล็ดไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์ชัยนาท 1 โดยมีค่าเท่ากับ 0.24 และ 0.23 ตามลำดับ ส่งผลทำให้ข้าวทั้งสองพันธุ์มีขนาดเมล็ดไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีขนาดเมล็ดค่อนข้างเล็กกว่าปกติ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเพียง 18.2 และ 18.6 กรัม ตามลำดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลระหว่างอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว พบว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราต่าง ๆ แม้จะไม่มีผลทำให้ข้าวมีระดับผลผลิตแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ข้าวมีผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยการใส่ในอัตรา 15–20 กก.N/ไร่ ข้าวจะมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงและมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำกว่าการใส่ในอัตราที่น้อยกว่านี้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับผลการศึกษาของกิตติพงศ์ ก่อการ และคณะ (2563) รายงานว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 จะให้ผลผลิตสูงเมื่อได้รับการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราตั้งแต่ 15–20 กก.N/ไร่ ข้อสังเกตหนึ่งที่ได้จากผลการศึกษาในครั้งนี้คือ ข้าวทั้งสองพันธุ์มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ต่ำกว่าปกติ ซึ่งหากปลูกข้าวในสภาพที่มีการจัดการและดูแลอย่างดีข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และ พันธุ์ปทุมธานี 80 จะมีค่าหนักหนัก 1,000 เมล็ด เท่ากับ 22.4 และ 24.1 กรัม (พรเพ็ญ สมจิตร์, 2555) ในการศึกษานี้แม้ว่าใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองจะทำให้ข้าวมีน้ำหนักเมล็ดสูงกว่ากรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยในอัตรา 5-10 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีน้ำหนักเมล็ดประมาณ 18.1-18.9 กรัม แต่หากเพิ่มอัตราปุ๋ยขึ้นเป็น 15-20 กก.N/ไร่ จะทำให้ข้าวมีขนาดเมล็ดเพิ่มขึ้นเป็น 19.0-19.2 กรัม ประเด็นนี้สันนิษฐานว่าการที่ข้าวมีขนาดเมล็ดเล็กเป็นเพราะปริมาณไนโตรเจนอาจจะไม่เพียงพอต่อความต้องการ เนื่องจากข้าวเป็นพืชที่มีความต้องการไนโตรเจนปริมาณที่สูง ซึ่งในการศึกษานี้ได้มีการคำนวนปุ๋ยไนโตรเจนจากค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ organic – nitrogen หรือ total ammonia nitrogen และมีปริมาณไนโตรเจนในรูปของอินทรีย์ไนโตรเจนเพียง 10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที (Abbasi et al., 2015) จึงอาจจะทำให้มีไนโตรเจนที่อยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้น้อยเกินไปไม่เพียงพอต่อความต้องการ สอดคล้องกับรายงานของ จักรชัยวัฒน์ กาวีวงศ์ (2563) พบว่าการใส่ไนโตรเจนน้อยเกินไปจะทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโตที่ช้า และปริมาณผลผลิตที่ได้จะลดลง นอกจากนี้ช่วงระยะออกดอกของข้าวที่ทำการทดลองได้รับปริมาณน้ำที่ลดลงโดยปกติจะควบคุมน้ำตลอดฤดูปลูกให้อยู่ที่ระดับ 10 เซนติเมตร ในช่วงข้าวออกดอกน้ำระเหยเร็วขึ้น เนื่องจากกระถางมีพื้นที่น้อย และหลังข้าวออกดอกข้าวมีการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น โดย Charyulu (2019) รายงานว่าที่ระยะออกดอกจนถึงระยะออกรวง ข้าวมีความต้องการใช้น้ำมากถึง 420 มิลลิเมตร หากข้าวเกิดการขาดน้ำจะส่งผลต่อการสร้างและการผสมละอองเกสรตัวผู้ ปริมาณของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนเมล็ดจึงลดลงไปด้วย สอดคล้องกับ Rang et al. (2011) รายงานว่าการขาดน้ำในช่วงระยะออกดอก ทำให้ปริมาณของเกสรตัวผู้มีจำนวนที่ลดลงและมีความผิดปกติ จึงทำให้มีจำนวนเกสรตัวผู้ที่สมบูรณ์สำหรับผสมกับไข่ของตัวเมียน้อยลง มีการสร้างอะไมโลพลาสต์ และเซลล์เอนโดสเปิร์มลดลง จึงทำให้มีเมล็ดลีบมากและมีจำนวนเมล็ดลดลงไปด้วย นอกจากนี้เมื่อดินอยู่ในสภาพขาดน้ำก็จะทำให้เกิดการสูญเสียของไนโตรเจนได้ โดย Mikkelsen and De Datta (1979) รายงานว่าในดินสภาพขาดน้ำจะทำให้เกิดไนโตรเจนในรูปของ NO^-_3 ได้มาก ซึ่งเป็นรูปที่เกิดกระบวนการ Denitrification leaching และ NH_3 (Volatilization) ได้อย่างรวดเร็ว โดยกระบวนการเหล่านี้เป็นผลให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนไปจากดินนาเป็นส่วนมาก

สำหรับการประเมินอิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโดยแบบจำลอง CSM-CERES-Rice ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า แบบจำลองสามารถประเมินความสอดคล้องของระยะพัฒนาการ เช่น วันกำเนิดช่อรวง วันผสมเกสร และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวทั้งสองพันธุ์ได้ดีมาก โดยมีค่า D-stat เท่ากับ 0.99 และมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 0.0-2.1 เปอร์เซ็นต์ สำหรับลักษณะการเจริญเติบโต พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้ดีเฉพาะค่าดัชนีพื้นที่ใบ ส่วนน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ผลผลิต และดัชนีการเก็บเกี่ยว ประเมินได้ไม่ค่อยดี แต่มีข้อน่าสังเกตคือแบบจำลองสามารถประเมินผลผลิต และค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ได้ดีกว่าพันธุ์ปทุมธานี 80 โดยเฉพาะหากมีการใส่ปุ๋ยในอัตรา 5 - 15 กก.N/ไร่ โดยการประเมินผลผลิตข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่า D-stat อยู่ระหว่าง 0.95 - 0.97 ค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 24.6 - 33.7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าดัชนีเก็บเกี่ยวมีค่า D-stat เท่ากับ 0.99 ค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 24.6-33.7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พันธุ์ปทุมธานี 80 การประเมินผลผลิต มีค่า D-stat อยู่ระหว่าง 0.80 - 0.89 ค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 48.3 – 69.6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าดัชนีเก็บเกี่ยวมีค่า D-stat อยู่ระหว่าง 0.88 – 0.97 ค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 24.5 – 53.1 เปอร์เซ็นต์ ข้อสันนิษฐานหนึ่งที่คาดว่าน่าจะส่งผลต่อความสามารถในการประเมินผลผลิตระหว่างข้าวทั้งสองพันธุ์อาจจะเป็นเพราะค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมหรือค่า GCs ที่นำมาใช้ในการศึกษานี้ไม่ได้มาจากแหล่งเดียวกัน โดยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ใช้ค่า GCs ฐานข้อมูลของ DSSAT version 4.7.5 (default) ส่วนพันธุ์ปทุมธานี 80 ใช้ค่าสัมประสิทธิ์จากการประเมินของพรเพ็ญ สมจิตร์ (2555) เนื่องจากงานวิจัยของพรเพ็ญได้ทำงานทดลองและเก็บบันทึกข้อมูลในเขตพื้นที่ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นบริเวณเดียวกันกับการทำงานทดลองครั้งนี้

สำหรับผลการประเมินลักษณะการเจริญเติบโตซึ่งแบบจำลองประเมินได้ไม่ค่อยดีอาจเพราะเป็นลักษณะทางปริมาณ ดังนั้นปัจจัยสภาพแวดล้อมต่าง ๆ จึงมีผลกระทบมาก โดยเฉพาะปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น สภาพอากาศโรคและแมลง ตลอดปัญหาเรื่องน้ำ ซึ่งการทำงานทดลองครั้งนี้ประสบกับปัญหาน้ำในคลองชลประทานที่สูบมาใส่กระถางขาดน้ำในบางช่วง การรักษาระดับน้ำในกระถางทดลองจึงไม่ค่อยไม่สม่ำเสมอ ซึ่งรายงานวิจัยส่วนใหญ่ที่มีการนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองมาประยุกต์ใช้ในการประเมินการเจริญเติบโตของพืช มักพบว่าแบบจำลองจะสามารถประเมินลักษณะการเจริญเติบโตได้แม่นยำน้อยกว่าระยะพัฒนาการ เช่น งานวิจัยของพรเพ็ญ สมจิตร์ และ นิตยา ผกามาศ (2556) พบว่าแบบจำลองประเมินผลผลิตของข้าวได้ไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น สภาพอากาศในช่วงที่ข้าวกำลังให้ผลผลิตมีความแตกต่างกันของอุณหภูมิ การเข้าทำลายของโรคและแมลงก็เป็นอีกสาเหตุ ที่สามารถส่งผลต่อผลผลิตของข้าวได้ ซึ่งงานทดลองนี้แบบจำลองประเมินค่าดัชนีเก็บเกี่ยว ผลผลิตได้สูงกว่าแปลงทดลอง สอดคล้องกับ Tongyai (1994) รายงานว่า ค่าผลผลิตเมล็ดที่แบบจำลอง CERES-Rice ทำนายได้มีค่าสูงกว่าแปลงปลูกทดลองประมาณ 0.2-0.4 ตันต่อเฮกตาร์ และนอกจากนี้แบบจำลองยังประเมินค่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินมากกว่าแปลงทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าว เช่น โรค และแมลงศัตรูข้าว เนื่องจากงานทดลองครั้งนี้ไม่ได้ใช้ยากำจัดศัตรูข้าว เพราะเน้นเรื่องการปลูกแบบอินทรีย์เป็นหลัก ซึ่งชิษณุชา และคณะ(2554) รายงานว่าเนื่องจากในแปลงปลูกในสภาพจริง อาจมีอิทธิพลของปัจจัยอื่นๆ เช่น การเข้าทำลายของศัตรูพืชอาทิ โรค แมลง และสัตว์ศัตรูข้าว เช่น นก หรือ หนู และแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชยังมีข้อจำกัดในประเด็นนี้อยู่ คือ ยังไม่สามารถประเมินเรื่องการเข้าทำลายของศัตรูพืชได้ จึงอาจเป็นสาเหตุของความแตกต่างระหว่างค่าสังเกต และค่าที่ได้จากการจำลอง

5.2 การประเมินอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice

การศึกษาอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยยูเรีย ในอัตราที่เท่ากัน คือ 20 กก.N/ไร่ ก่อนปลูกเพียงครั้งเดียว โดยไม่มีการใส่ปุ๋ยเพิ่มเติมในช่วงที่ข้าวมีการเจริญเติบโต ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยเพียงครั้งเดียวก่อนปลูกมีผลต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของข้าวได้ แต่ข้าวจะให้ผลผลิตอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำ โดยมีผลผลิตอยู่ระหว่าง 358 - 490 กก./ไร่ โดยกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยยูเรียจะมีผลทำให้ข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะ 45 วันหลังปักดำถึงเก็บเกี่ยวที่ดี จึงทำให้ข้าวมีความสามารถในการสะสมน้ำหนักแห้งได้สูง แต่ก็ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองและการใส่ปุ๋ยคอก สำหรับการให้ผลผลิตพบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยยูเรียทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 490 กก./ไร่ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) เป็นปุ๋ยไนโตรเจนที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ง่าย และมีอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารเร็วกว่าปุ๋ยอินทรีย์ สามารถละลายออกมาให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช พืชจึงสามารถดูดใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ยยูเรียได้ทันที ในขณะที่อัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์จะเป็นไปอย่างช้า ๆ เนื่องจากธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ ต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดินเสียก่อน จึงจะปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาให้อยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์ ที่พืชจะสามารถดูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปใช้ได้ทำให้อัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์เกิดขึ้นช้ากว่าปุ๋ยเคมี (อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, 2548) แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาได้มากกว่าปุ๋ยอินทรีย์ และประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีที่ใส่ในอัตรา 20 กก.N/ไร่ ข้าวยังสามารถให้ผลผลิตได้แม้จะใส่เพียงครั้งเดียวก่อนปลูก

อย่างไรก็ตามพบว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองทำให้ข้าวมีผลผลิตเท่ากับ 466 กก./ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยยูเรีย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะก่อนการปลูกข้าวได้มีการหมักปอเทืองก่อนปลูกทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 14 วัน เพื่อให้ปอเทืองปลอดปล่อยธาตุไนโตรเจนในรูปที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ และเป็นระยะเวลาการปลดปล่อยที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ตามรายงานการศึกษาของภาสินี สืบสวน (2562) เปรียบเทียบศักยภาพการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์ไนโตรเจน 3 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด ทำการบ่มดินในห้องปฏิบัติการเป็นระยะเวลา 120 วัน พบว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดปอเทืองทำให้ดินมีปริมาณการสะสมไนโตรเจนและมีศักยภาพการย่อยสลายไนโตรเจนได้สูงกว่าการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมัก และจากการศึกษาของ Espinal et al. (2016) พบว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองทำให้ข้าวมีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน การเจริญเติบโต และให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดจากข้าวฟ่าง และการใช้ปุ๋ยคอก แสดงให้เห็นว่าปอเทืองสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในการผลิตข้าวได้ ซึ่งข้อดี คือ เป็นพืชที่ปลูกง่าย มีอายุออกดอกสั้น เกษตรกรสามารถเก็บเมล็ดไว้ใช้เองได้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550) และที่สำคัญมีรายงานว่าปอเทืองที่ระยะออกดอกมีปริมาณธาตุไนไตรเจนเป็นองค์ประกอบสูงถึง 3.66 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (สโรชา โพธิ์ไพจิตร์ และนิตยา ผกามาศ, 2565) ส่วนปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองที่นำมาให้ในการศึกษาครั้งนี้ ที่ระยะออกดอกมีปริมาณธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบเท่ากับ 2.30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ดังนั้นหากใช้ปุ๋ยพืชสดในอัตรา 20 กก.N/ไร่ หรือจะเทียบเท่ากับการใช้ปอเทืองประมาณเท่ากับ 869 กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่ หรือคิดเป็นน้ำหนักสดประมาณ 2,174 กก./ไร่

อย่างไรก็ตามแม้ว่าข้าวจะมีระดับผลผลิตที่ไม่สูงมาก แต่หากคิดในแง่ของต้นทุนและการจัดการการใส่ปอเทืองเพียงครั้งเดียวจะทำให้สามารถจัดการได้ง่ายเพียงแค่ไถกลบและหมักทิ้งไว้ในดิน และการใช้ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองจะก่อให้เกิดประโยชน์ระยะยาว เนื่องจากเมื่อปุ๋ยพืชสดมีการย่อยสลายจะก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ที่จะเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอนิค และจะส่งผลต่อการละลายของธาตุอาหารต่างๆ ให้ดียิ่งขึ้น ทำให้ได้สารอินทรีย์ซึ่งสามารถจับตัวกับจุลธาตุที่อยู่ในรูปคีเลต คงความเป็นประโยชน์ได้เป็นเวลานาน จากนั้นจะก่อให้เกิดสารอินทรีย์ คือ สารโพลีแซคคาไรด์ เป็นสารที่มีลักษณะเหนียว สามารถช่วยประสานเม็ดดิน ช่วยส่งเสริมการสร้างเม็ดดิน และก้อนดิน ภายหลังการไถกลบ ปริมาณไนโตรเจนที่สูงจะถูกปลดปล่อยมาจากพืชตระกูลถั่ว ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อโครงสร้างดินทำให้มีความร่วนซุยมากขึ้น เช่น ตัวอย่างงานวิจัยของ Gao et al. (2018) ใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ปลูกสลับกับการปลูกข้าวในระยะยาว ทำการทดลองในประเทศจีน พบว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดจะมีผลดีต่อโครงสร้างของดินและการละลายอินทรียวัตถุในดินเหนียวสีแดง ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Becker et al. (1995) รายงานว่าปุ๋ยพืชสดที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตข้าวส่วนใหญ่จะเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีการสะสมธาตุไนโตรเจนประมาณ 80-100 กก.N /เฮกตาร์ หากใช้ประโยชน์ที่อายุประมาณ 45-60 วันหลังปลูก และธาตุไนโตรเจนในพืชตระกูลถั่วส่วนใหญ่ตรึงได้จากอากาศ

สำหรับการประเมินอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า แบบจำลองสามารถประเมินความสอดคล้องของระยะพัฒนาการ เช่น วันกำเนิดช่อรวง วันผสมเกสร และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวทั้งสองพันธุ์ได้ดีมาก โดยมีค่า D-stat เท่ากับ 0.99 และมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 0.8-10.0 เปอร์เซ็นต์ สำหรับลักษณะการเจริญเติบโตพบว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้ดีเฉพาะน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินและค่าดัชนีเก็บเกี่ยว โดยให้ผลการประเมินในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว ได้ดีกว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว ส่วนค่าดัชนีพื้นที่ใบและผลผลิตพบว่าแบบจำลองประเมินได้ไม่ดีในทุกกรรมวิธี ซึ่งหากเปรียบเทียบระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกต พบว่าข้าวมีค่าสังเกตของน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินและผลผลิตน้อยกว่าค่าที่ได้จากแบบจำลอง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว มีการปลดปล่อยแอมโมเนียมออกมาในปริมาณที่สูงในช่วงแรก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี และคณะ(2553) รายงานว่าการปลดปล่อยแอมโมเนียมของมูลโคในสภาพดินน้ำขังนั้นจะสูงในช่วงสัปดาห์แรก หลังจากนั้นในสัปดาห์ต่อมาจะพบว่าจะมีไนเตรทเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในสัปดาห์แรกจะเกิดกระบวนการแปรสภาพอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนียม โดยจะผ่านกระบวนการที่เรียกว่าแอมโมนิฟิเคชั่น (Ammonification) จึงอาจเป็นสาเหตุของความแตกต่างระหว่างผลการประเมิน นอกจากนี้ในระหว่างดำเนินการทดลองมีสภาพอากาศเปลี่ยนแปลงบ่อย โดยมีอุณหภูมิลดลงอย่างกระทันหันในช่วงที่ข้าวมีการออกดอกถึงระยะสุกแก่เก็บเกี่ยว โดยอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 22.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 37 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 32.9 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับการศึกษาของ Gunawardena et al. (2003) รายงานว่าข้าวจะมีเมล็ดลีบเพิ่มขึ้นเมื่อข้าวได้รับอุณหภูมิช่วงประมาณ 32-40 องศาเซลเซียส และมีผลทำให้ข้าวมีจำนวนเมล็ดต่อรวงลดลง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลาสุกแก่ของข้าวจะส่งผลทำให้ผลผลิตข้าวลดลงได้เช่นกัน ส่วน Hardacre and Turnbull (1986) ระบุว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและระยะเวลาการได้รับแสงมีผลต่อระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช และการสะสมน้ำหนักแห้งของพืช ในขณะที่ Stevenson and Goodman (1972) รายงานว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเกิดจำนวนใบสุดท้ายของข้าว และการพัฒนาของเมล็ด ดังนั้นสันนิษฐานว่าการที่ข้าวมีค่าสังเกตผลผลิตจากงานทดลองจริงค่อนข้างต่ำอาจเนื่องมาจากอิทธิพลของปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

6.1.1 การศึกษาอิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice

ผลการศึกษาสรุปได้ว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราต่าง ๆ มีผลทำให้ข้าวมีดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ และดัชนีเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับค่าน้ำหนักแห้งรวมและผลผลิตแม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดจากในอัตราที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งรวมส่วนเหนือดินและผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยการใส่ในอัตรา 15 - 20 กก.N/ไร่ จะทำให้ข้าวเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงกว่าการใส่ในอัตราอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราต่าง ๆ ดีกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 สำหรับผลการประเมินโดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice สรุปได้ว่าแบบจำลองสามารถประเมิน วันกำเนิดช่อรวง วันผสมเกสร วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา ดัชนีพื้นที่ใบ และดัชนีเก็บเกี่ยวได้ดี ส่วนค่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และผลผลิต แบบจำลองประเมินได้ไม่ดี

6.1.2 การประเมินอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง โดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice

ผลการศึกษาสรุปได้ว่าการใส่ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยยูเรีย ในอัตราที่เท่ากัน คือ 20 กก.N/ไร่ มีผลทำให้ข้าวมีค่าดัชนีพื้นที่ใบ พื้นที่ใบเฉพาะ อัตราการเจริญเติบโตที่ระยะ 45 วันหลังปักดำถึงเก็บเกี่ยว น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน จำนวนรวงต่อกอ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ ดัชนีเก็บเกี่ยว และผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยยูเรียทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงที่สุด ซึ่งไม่ต่างจากการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง แต่จะแตกต่างกับการใส่ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ และข้าวทั้งสองพันธุ์มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แบบจำลอง CSM-CERES-Rice สามารถประเมินความสอดคล้องของวันกำเนิดช่อรวง วันผสมเกสร และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวทั้งสองพันธุ์ได้ดีมาก สำหรับน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และค่าดัชนีเก็บเกี่ยวแบบจำลองประเมินได้ดีในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง ปุ๋ยหมักมูลวัวและฟางข้าว ได้ดีกว่าการใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว สำหรับค่าดัชนีพื้นที่ใบและผลผลิตพบว่าแบบจำลองประเมินได้ไม่ดีในทุกกรรมวิธีที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กิตติพงศ์ ก่อการ, สิรวิชญ์ จำปาเงิน และนิตยา ผกามาศ. 2563. ผลของการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองในอัตราไนโตรเจนที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1. *แก่นเกษตร* 48(ฉบับพิเศษ 1): 541-546.

กรรณิกา นากลาง และ สว่าง โรจนกุศล. 2548. “การใส่ปุ๋ยคอก ฟางข้าว และปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวนาหว่านข้าวแห้งในเขตทุ่งกุลาร้องไห้”. ใน *การประชุมวิชาการ ข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2548*. น.64 - 69 . กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยข้าว.

กองวิจัยและพัฒนาข้าว. 2561ก. การขาดธาตุไนโตรเจนในข้าว. กรมการข้าว. http://www.ricethailand.go.th/rkb/Fact%20Sheet/Fertilizer/Fertilizer_006.pdf/ (10 พฤษภาคม 2561)

กองวิจัยและพัฒนาข้าว. 2561ข. พันธุ์ข้าว. กรมการข้าว. http://brrd.ricethailand.go.th/rkb2/varieties/index.php-file=content.php&id=65.html/ (10 พฤษภาคม 2561)

กรมวิชาการเกษตร. 2548ก. *คู่มือปุ๋ยอินทรีย์ ฉบับเกษตรกร*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 1 : ตุลาคม 2548. กรุงเทพฯ. สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

กรมวิชาการเกษตร. 2548ข. *ปุ๋ยอินทรีย์ การผลิต การใช้ มาตรฐาน และคุณภาพ*. พิมพ์ครั้งที่ : 1 ตุลาคม 2548. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2550. *พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2)*. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2550. *การใช้ปุ๋ยพืชสดเพื่อปรับปรุงบำรุงดิน*. กรุงเทพฯ: สำนักนิเทศและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จักรชัยวัฒน์ กาวีวงศ์. 2563. การจัดการไนโตรเจนเพื่อนการผลิตข้าวหอมนิลในชุดดินแม่ทะ. *แก่นเกษตร* 48(1): 189-200.

ชิษณุชา บุดดาบุญ, อรรถชัย จินตะเวช และเกอร์ริต ฮูเกนบูม. 2554. การปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวโดยใช้ GENCALC และ GLUE. ใน *การประชุมวิชาการระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 7*. น. 219-226. คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหารสารคาม, มหาสารคาม.

ธงชัย มาลา. 2550. *ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ : เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นรีลักษณ์ ชูวรเวช. 2548. เอกสารวิชาการ เรื่องควรรู้เกี่ยวกับปุ๋ยอินทรีย์. สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นิตยา ผกามาศ. 2553. การพัฒนาแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชเพื่องานวิจัยทางการเกษตร. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า* 28(3): 107-113.

บัญชา รัตนีทู และ ศิราณี วงศ์กระจ่าง. 2556. คุณค่าของปุ๋ยหมักในการเกษตร. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ฉบับพิเศษ 5(4)* : 174-183.

ประชา นาคะประเวศ และ เจ้าหน้าที่ศูนย์พัฒนาที่ดินขอนแก่น. 2525. *ศึกษาอัตราปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมในชุดดินต่างๆ เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว*. งานวิจัยการจัดการอินทรียวัตถุ. งานวิจัยเผยแพร่. สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน.

ปรีดี ดีรักษา, สุภาพร จันรุ่งเรือง และ สุพัณณา ชูพากเพียร. 2527. *รายงานประจำปี 2527.* กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กองอนุรักษ์ดินและน้ำ.

พรรณธิภา ณ เชียงใหม่. 2561. การผลิตปุ๋ยหมักเพื่อปรับปรุงดินสำหรับปลูกข้าวไร่ ในพื้นที่บ้านป่าละอู จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. *วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่ ปีที่ 10 (2)*: 88-103.

พิธาน แสนภักดี และ นฤพล อ่อนวิมล. 2564. “ต้นทุนและผลตอบแทนในการลงทุนปลูกข้าวหอมมะลิของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี.” *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์ 7(1)*: 128-129.

พรเพ็ญ สมจิตร์. 2555. ลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตและการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของพืช. ในวิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พรเพ็ญ สมจิตร์ และนิตยา ผกามาศ. 2555. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CERES-Rice สำหรับการประเมินอัตราการเจริญเติบโตของข้าว. ใน *เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50: สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์, สาขาพืช*. น. 248-254. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาสินี สืบสวน. 2562. อิทธิพลของชนิดและช่วงเวลาในการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของข้าวและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินที่ใช้ปลูกข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2551. *ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วนิดา วัฒนพายัพกุล. 2558. ผลของน้ำส้มควันไม้และปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิ. *วารสารเกษตร 31(3)*: 269-279.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศิริวรรณ ทิพรักษ์, ดรุณี โชติษฐยางกูร และอนันต์ พลธานี. 2550. ผลของน้ำส้มควันไม้ และปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105. *แก่นเกษตร35(ฉบับพิเศษ)* : 9-16.

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี, สมฤทัย ตันเจริญ, ภาวนา ลิกขนานนท์ และสุปรานี มั่นหมาย. 2553. ศึกษาการสลายตัวและพฤติกรรมการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยผสมอินทรีย์เคมี ภายใต้สภาพความชื้นสนาม: การทดลองย่อย ศึกษาการสลายตัวและพฤติกรรมการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยหมัก. ใน*ผลการปฏิบัติงาน ประจำปีงบประมาณ 2553 เล่มที่ 1*. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. น. 333-343.

สถานีพัฒนาที่ดินสุพรรณบุรี. 2565. พืชปุ๋ยสด “การสร้างโรงงานปุ๋ยไว้ในไร่นา. กรมพัฒนาที่ดิน. https://www.opsmoac.go.th/kamphaengphet-manual-files-421091791801. (10 กุมภาพันธ์ 65)

สถาบันวิจัยข้าว. 2547. *คำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีในนาข้าวตามค่าวิเคราะห์ดิน*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยข้าว.

สโรชา โพธิ์ไพจิตร และนิตยา ผกามาศ. 2565. ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสดปอเทืองในระยะแตกกอของข้าว. *วารสารแก่นเกษตร* 50(1): 457-462.

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดกำแพงเพชร. 2565. *การใช้ปุ๋ยพืชสดเป็นปุ๋ยบำรุงดิน*. กำแพงเพชร: กลุ่มสารสนเทศการเกษตร สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดกำแพงเพชร.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สถิติการส่งออกข้าว (รวม) ตั้งแต่ปี 2562 ถึง 2563. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.http://impexp.oae.go.th/service/export.php?S_YEAR=2562&E_YEAR=2563&PRODUCT_GROUP=5250&wf_search=&WF_SEARCH=Y. (10 พฤษภาคม 2561)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. ตารางราคาปุ๋ยเคมีสูตรที่สำคัญ ณ ระดับราคาขายส่งกรุงเทพฯ และราคาขายปลีกท้องถิ่นรายเดือน ปี 2563-2564. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. https://www.oae.go.th/view/1/ปัจจัยการผลิต/TH-TH. (10 พฤษภาคม 2565)

สุรพล จัตุพร. 2538. อิทธิพลของปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี และสารชะลอการเจริญเติบโตที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกบนนาดินทราย. ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

สมจิตร แสงแจ่ม. 2553. ผลของการใช้ปุ๋ยคอกอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยยูเรียที่มีผลผลิตของข้าวหอมนิล. วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

สมพร ดำยศ. 2552. อิทธิพลของปัจจัยปรับปรุงดินที่มีต่อผลผลิตมวลชีวภาพและปริมาณไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดและผลของการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมพร ดำยศ. 2556. ผลของอัตราเมล็ดปอเทืองที่มีต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และปริมาณไนโตรเจนของข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ปลูกในดินนาชุดดินพัทลุง. ใน *เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51* น. 214-221. กรุงเทพฯ.

อัญชลี พัดมีเทศ. 2565. การใช้ปุ๋ยพืชสด. กองเกษตรสัมพันธ์ กรมส่งเสริมการเกษตร. http://eto.ku.ac.th/neweto/e-book. (10 กุมภาพันธ์ 2565)

อรกช เก็จพิรุฬห์. 2555. การสร้างแรงจูงใจในการปลูกข้าวอินทรีย์ด้วยการวิจัย. *วารสารการวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชน (มหาวิทยาลัยนเรศวร)* 5(1): 113-124.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2548. *ปุ๋ยกับการเกษตรและสิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Abbasi, M., Tahir, M., Sabir, N., and Khurshid, M. 2015. Impact of the addition of different plant residues on nitrogen mineralization-immobilization turnover and carbon content of a soil incubated under laboratory conditions. *Solid Earth* 6(2): 197-205.

Ahmad, S., Ahmad, A., Soler, C. M. T., Ali, H., Zia-Ul-Haq, M., Anothai, J., and Hasanuzza man, M. 2012. Application of the CSM-CERES-Rice model for evaluation of plant density and nitrogen management of fine transplanted rice for an irrigated semiarid environment. *Precision agriculture* 13(2): 200-218.

AOAC. 2006. In Official methods of analysis of AOAC international. Maryland.

Baruni, B. and Olsen, S.R. 1979. Effect of manure on solubility of phosphorus in calcareous soils. *Soil science* 128(4): 219-225.

Basso, B., Ritchie, J. T., Grace, P. R., and Sartori, L. 2011. Simulation of tillage systems impact on soil biophysical properties using the SALUS model. *The Italian Journal of Agronomy* 1(4): 677–688.

Becker, M., J. K. Ladha and Ali, M. 1995. Green manure technology : potential, usage, and limitations. A case study for lowland rice. *Plant and Soil* (174): 181–194.

Bhardwaj, K. K. R. and Datt, N. 1995. Effect of legume green-manuring on nitrogen mineralization and some microbiological properties in an acid rice soil. *Biology and Fertility of Soils* 19(1): 19-21.

Bloom, P. R. 1981. In chemistry in the soil environment. America : Soil Science Society of America.

Brady, N. C. and Weil, R. R.,. 2002. *The Nature and Properties of Soils*. Prentice Hall, New Jersey.

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

Brisson, N., Gary, C., Justes, E., Roche, R., Mary, B., Ripoche, D., Zimmer, D., et al. 2003. An overview of the crop model STICS. *European Journal of Agronomy* 18(3-4): 309–332.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Charyulu, D. K. 2019. Pyawt Yaw Pump Irrigation Project Irrigation and Nutrient Management of major crops in PYPIP Technical Bulletin. In *PYPIP Technical Bulletin*. International Crops Research Institute for Semi Arid Tropics. pp. 1-16. Myanmar.

Chauhan, Y. S., Solomon, K. F., and Rodriguez, D. 2013. Characterization of north-eastern Australian environments using APSIM for increasing rainfed maize production. *Field Crops Reserch* 144: 245-255.

Espinal, F. S. C., Silva, E. C. D., Muraoka, T., Franzini, V. I., Trivelin, P. C. O., Teixeira, M. B. and Sakadevan, K. 2016. Utilization of nitrogen (15N) from urea and green manures by rice as affected by nitrogen fertilizer rate. *African Journal of Agricultural Research* 11(13): 1171-1180.

Fry, J., Guber, A. K., Ladoni, M., Munoz, J. D., and Kravchenko, A. N. 2017. The effect of up-scaling soil properties and model parameters on predictive accuracy of DSSAT crop simulation model under variable weather conditions. *Geoderma* 287: 105-115.

Gao, S., Gao, J., Cao, W., Zou, C., Huang, J., Bai, J., and Dou, F. 2018. Effects of long-term green manure application on the content and structure of dissolved organic matter in red paddy soil. *Journal of Integrative Agriculture* 17(8) : 1852–1860.

Graves, A. R., T. Hess, R. B. Matthews., W. Stephens., and Middleton. T. 2002. Crop simulation model as tools in computer laboratory and classroom-based education. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education* 54(1): 48-54.

Gunawardena, T., Fukai, S., and Blamey, F. P. C. 2003. Low temperature induced spikelet sterility in rice. I. Nitrogen fertilisation and sensitive reproductive period. *Australian Journal of Agricultural Research* 54(10): 937-946.

Hardacre, A. K., and Turnbull, H. I. 1986. The growth and development of maize (*Zea mays* L.) at five temperatures. *Annuals of Botany* 58(6): 779–787.

Hasegawa, H., D. C. Bryant and Denison, R. F. 2000. Testing CERES model predictions of crop growth and N dynamics, in cropping systems with leguminous green manures in a Mediterranean climate. *Field Crops Research* 67(3): 239-255.

Hasegawa, H., Furakawa, Y., and Kimura, S. D. 2005. On-farm assessment of organic amendments effects on nutrient status and nutrient use efficiency of organic rice fields in Northeastern Japan. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 108(4): 350–362.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

He, Z., X. Yang, B. A. Kahn, P. J. Stoffella and Calvert, D. V. 2001. *In compost utilization in Agricultural Cropping Systems*. Plant nutrition benefits of phosphorus, potassium, calcium, magnesium, and micronutrients from compost utilization. New York: Lewis Publishers.

Hoogenboom, G., C.H. Porter, K.J. Boote, V. Shelia, P.W. Wilkens, U. Singh, J.W. White, S. Asseng, J.I. Lizaso, L.P. Moreno, W. Pavan, R. Ogoshi, L.A. Hunt, G.Y. Tsuji, and J.W. Jones. 2019. The DSSAT crop modeling ecosystem. In *Advances in Crop Modeling for a Sustainable Agriculture*. K. J. Bootep. pp.173-216. Cambridge: Publishing.

Horie, T., l. Lubis, T. Takai, A. Ohsumi, K. Kuwasaki, K. Katsura and A. Nii. 2003. Physiological traits associated with high yield potential in rice. *Rice Science: lnnovations and lmpact for Livelihood.* Los Banos: The lnternational Rice Research Institute.

Iwasaki, S., Endo, Y., and Hatano, R. 2017. The effect of organic matter application on carbon sequestration and soil fertility in upland fields of different types of Andosols. *Soil science and plant nutrition* 63(2): 200-220.

Jintrawet, A. 1995. A decision support system for rapid assessment of lowland rice-based cropping alternatives in Thailand. *Agricultural Systems* 47(2): 245-258.

Jones, C. A. and Kiniry, J. R., 1986. *CERES-Maize: A Simulation Model of Maize Growth and Development.* Texas. Texas A&M University Press, College Station.

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: 3-4.

Lamsal, A., Amgai, L., and Giri, A. 2013. Modeling the sensitivity of CERES-Rice model: An experience of Nepal. *Agronomy Journal of Nepal* 3: 11-22.

Mikkelsen, D.S.., and De Datta, S.K. 1979. Ammonia volatilization form wetland rice soil. In *nitrogen and rice*. IRRI. pp. 135-156. Philippines: Los Banos.

Oteng-Darko, P., Kyei-Baffour, N., and Ofori, E. 2012. Simulating rice yields under climate change scenarios using the CERES-Rice model. *African Crop Science Journal* 20(2): 401-408.

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 Forestry Meteorology* 180: 182-193.

Phakamas, N. 2015. Performance of the CSM-CERES-Rice model in evaluating growth and yield of rice in the farm level. *Journal of Agricultural Technology* 11(5): 1285-1295.

Rang, Z. W., Jagadish, S. V. K., Zhou, Q. M., Craufurd, P. Q. and Heuer, S. 2011. Effect of high

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

temperature and water stress on pollen germination and spikelet fertility in rice. *Environmental and Experimental Botany* 70(1): 58-65.

Rinaldi, M., N. Losavio and Flagella, Z. 2003. Evaluation and application of the OILCROP-SUN model for sunflower in southern Italy. *Agricultural Systems* 78(1): 17-30.

Sharma, A. R. and Mittra, B. N. 1988. Effect of green manuring and mineral fertilizer on growth and yield of crops in rice-based cropping on acid lateritic soil. *The Journal of Agricultural Science* 110(3): 605-608.

Singh, P., Singh, K., Bhan, S., Baxla, A., Singh, S., Rathore, L., and Gupta, A. 2017. Impact of projected climate change on rice (*Oryza sativa* L.) yield using CERES-rice model in different agroclimatic zones of India. *Current Science* 112(1): 108.

Spitters, C. J. T. 1990. Crop growth models-their usefulness and limitations. *Acta Horticulturae* 267: 349–368.

Stevenson, J. C., and Goodman, M. M. 1972. Ecology of exotic races of maize: 1. Leaf number and tillering of 16 races under four temperatures and two photoperiods. *Crop Science* 12(6): 864–868.

Stöckle, C.O., Donatelli, M., and Nelson, R. 2003. CropSyst, a cropping systems simulation model. *European Journal of Agronomy* 18: 289–307.

Tadesse, T., Dechassa, N., Bayu, W., and Gebeyehu, S. 2013. Effects of farmyard manure and inorganic fertilizer application on soil physico-chemical properties and nutrient balance in rain-fed lowland rice ecosystem. *American Journal of Plant Sciences* 4(2): 309.

Timsina, J., and Humphreys, E. 2006. Performance of CERES-Rice and CERES-Wheat models in rice–wheat systems: A review. *Agricultural System* 90: 5-31.

Tongyai, C. 1994. Impact of climate change on simulated rice production in Thailand. *American Economic Review* 99(2): 205-210.

Tsuji, G. Y., Hoogenboom, G., and Thornton, P.K. 2013. *Understanding options for agricultural production*. Michigan State: Springer.

Vilayvong, S., Banterng, P., Patanothai, A., and Pannangpetch, K. 2012. Evaluation of CSM-CERES-Rice in simulating the response of lowland rice cultivars to nitrogen application. *Australian journal of crop science* 6(11): 1534-1541.

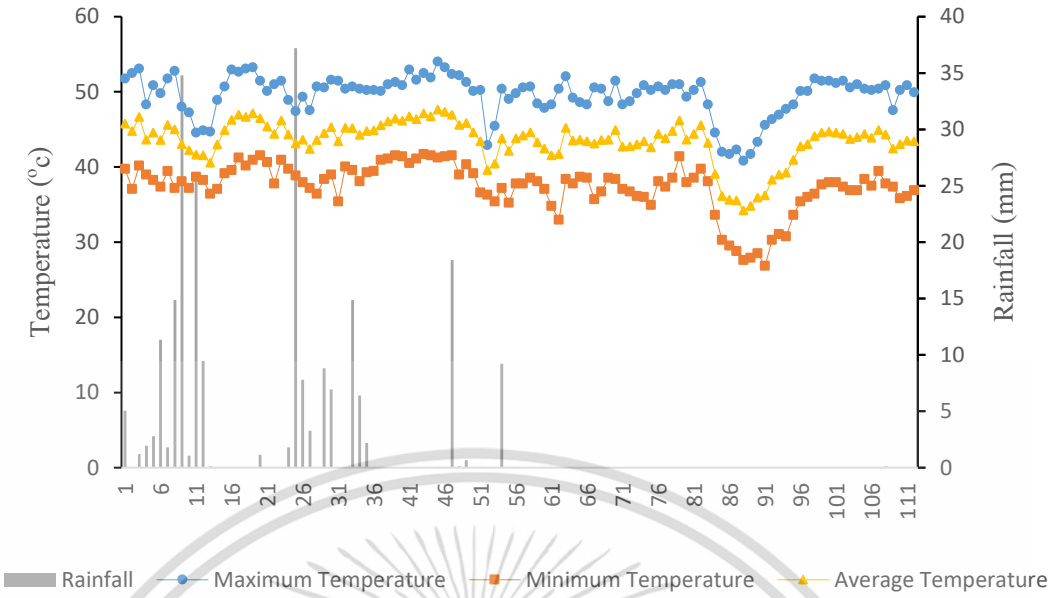
Vilayvong, S., Banterng, P., Patanothai, A., and Pannangpetch, K. 2015. CSM-CERES-Rice model to determine management strategies for lowland rice production. *Scientia Agricola* 72(3): 229-236.

Williams, J.R., Jones, C.A., Kiniry, J.R., and Spanel, D.A. 1989. The EPIC crop growth model. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 32(2): 497–511.

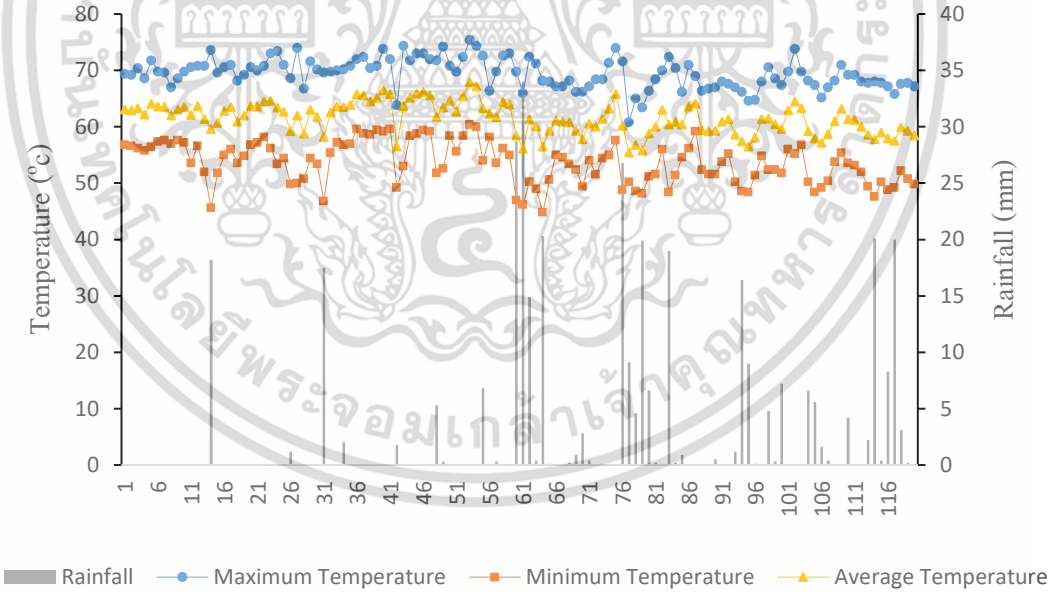
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ 1 แสดงปริมาณน้ำฝน ค่าอุณหภูมิสูงสุด ค่าอุณหภูมิต่ำสุด และค่าอุณหภูมิเฉลี่ยงานทดลองในส่วนที่ 1 โดยคิดเป็นรายวันโดยเริ่มตั้งแต่วันปลูก (วันที่ 11 กันยายน 2561) ถึงวันเก็บเกี่ยว (วันที่ 31 ธันวาคม 2561)



ภาพภาคผนวกที่ 2 แสดงปริมาณน้ำฝน ค่าอุณหภูมิสูงสุด ค่าอุณหภูมิต่ำสุด และค่าอุณหภูมิเฉลี่ยงานทดลองในส่วนที่ 2 โดยคิดเป็นรายวันโดยเริ่มตั้งแต่วันปลูก (วันที่ 31 มีนาคม 2562) ถึงวันเก็บเกี่ยว (วันที่ 27 กรกฎาคม 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

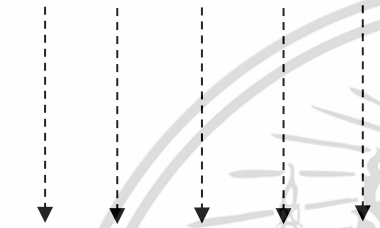
ตารางผนวกที่ 1 ตัวอย่างไฟล์ข้อมูลดิน

```
*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  SLSI  SLCF  SLNI  SLHW  SLHB  SCEC  SADC
     5   -99  .049  .079  .129     1  2.59  1.42  1.52    20    10    70  0.13   5.6   -99   -99   -99
    10   -99  .049  .079  .129     1  2.59  1.42  1.52    20    10    70  0.13   5.6   -99   -99   -99
    15   -99  .049  .079  .129     1  2.59  1.42  1.52    20    10    70  0.13   5.6   -99   -99   -99
.
.
.
*10KMITL120  KMITL       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  SLSI  SLCF  SLNI  SLHW  SLHB  SCEC  SADC
     5   -99  .049  .079  .129     1  2.59  1.42  1.52    20    10    70   .13   5.6   -99   -99   -99
    10   -99  .049  .079  .129     1  2.59  1.42  1.52    20    10    70   .13   5.6   -99   -99   -99
    15   -99  .049  .079  .129     1  2.59  1.42  1.52    20    10    70   .13   5.6   -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 RD 80      . IB0001 765.6 171.3 396.4  10.6  61.3 .0210  0.86  0.99  83.0    1.0
TR0007 CHAINAT 1  . IB0001 890.8 169.9 486.7  11.4  54.6 .0220  0.99  0.90  83.0    1.0
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 ไฟล์ข้อมูลการจัดการ (File X)

```
*EXP.DETAILS: CPSM2101RI CPSM2001RI CPSM1911RI CPSM1911RI CHNT1901RI ORGANIC FER. O
*GENERAL
@PEOPLE
Sirawit jumpangern
@ADDRESS
KMITL
@SITE
KMITL
@ PAREA  PRNO  PLEN  PLDR  PLSP  PLAY HAREA  HRNO  HLEN  HARM.........
    -99    16     1   -99   100   -99   -99     4    .8  hand

*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 CH1+CON                    1  1  0  0  1  1  0  1  0  0  0  1  1
 2 1 1 0 CH1+20 GM kg N/ha          1  2  0  0  1  1  0  2  0  0  0  1  1
 3 1 1 0 CH1+20 CM kg N/ha          1  3  0  0  1  1  0  3  0  0  0  1  1
 4 1 1 0 CH1+20 FM kg N/ha          1  4  0  0  1  1  0  4  0  0  0  1  1
 5 1 1 0 CH1+20 UR kg N/ha          1  5  0  0  1  1  1  0  0  0  0  1  1
 6 1 1 0 RD31+con                   2  6  0  0  1  1  0  1  0  0  0  2  1
 7 1 1 0 RD31+20 GM kg N/ha         2  7  0  0  1  1  0  2  0  0  0  2  1
 8 1 1 0 RD31+20 CM kg N/ha         2  8  0  0  1  1  0  3  0  0  0  2  1
 9 1 1 0 RD31+20 FM kg N/ha         2  9  0  0  1  1  0  4  0  0  0  2  1
10 1 1 0 RD31+20 UR kg N/ha         2 10  0  0  1  1  1  0  0  0  0  2  1

*CULTIVARS
@C CR INGENO CNAME
 1 RI TR0007 CHAINAT 1
 2 RI TR0006 RD 8011

*FIELDS
@L ID_FIELD WSTA....  FLSA  FLOB  FLDT  FLDD  FLDS  FLST SLTX  SLDP  ID_SOIL    FLNAME
 1 XXXXXXX1 BANG       -99   -99   -99   -99   -99   -99 CL     -99  1KMITL111  plot1
 2 XXXXXXX2 BANG       -99   -99   -99   -99   -99   -99 CL     -99  2KMITL112  plot2
 3 XXXXXXX3 BANG       -99   -99   -99   -99   -99   -99 CL     -99  3KMITL113  plot3
 4 XXXXXXX4 BANG       -99   -99   -99   -99   -99   -99 CL     -99  4KMITL114  plot4
 5 XXXXXXX5 BANG       -99   -99   -99   -99   -99   -99 CL     -99  5KMITL115  plot5
 6 XXXXXXX6 BANG       -99   -99   -99   -99   -99   -99 CL     -99  6KMITL116  plot6
 7 XXXXXXX7 BANG       -99   -99   -99   -99   -99   -99 CL     -99  7KMITL117  plot7
 8 XXXXXXX8 BANG       -99   -99   -99   -99   -99   -99 CL     -99  8KMITL118  plot8
 9 XXXXXXX9 BANG       -99   -99   -99   -99   -99   -99 CL     -99  9KMITL119  plot9
10 XXXXXX10 BANG       -99   -99   -99   -99   -99   -99 CL     -99  10KMITL120 plot10
@L ...........XCRD ...........YCRD .....ELEV ............AREA .SLEN .FLWR .SLAS FLHST FHDUR
 1                      -99                -99                -99   -99   -99   -99   -99   -99
 2                      -99                -99                -99   -99   -99   -99   -99   -99
 3                      -99                -99                -99   -99   -99   -99   -99   -99
 4                      -99                -99                -99   -99   -99   -99   -99   -99
 5                      -99                -99                -99   -99   -99   -99   -99   -99
 6                      -99                -99                -99   -99   -99   -99   -99   -99
 7                      -99                -99                -99   -99   -99   -99   -99   -99
 8                      -99                -99                -99   -99   -99   -99   -99   -99
 9                      -99                -99                -99   -99   -99   -99   -99   -99
10                      -99                -99                -99   -99   -99   -99   -99   -99

*SOIL ANALYSIS
@A SADAT  SMHB  SMPX  SMKE  SANAME
 1 20077   -99   -99   -99 -99
@A  SABL  SADM  SAOC  SANI SAPHW SAPHB  SAPX  SAKE  SASC
 1    15   -99   -99   -99     5   -99   -99   -99   -99

*INITIAL CONDITIONS
@C   PCR ICDAT  ICRT  ICND  ICRN  ICRE  ICWD ICRES ICREN ICREP ICRIP ICRID ICNAME
 1   -99 20077   -99   -99     1     1   -99   -99   .13   -99   -99   -99 -99
@C  ICBL  SH2O  SNH4  SNO3
 1     5  .079  29.1   262
 1    10  .079  29.1   262
 1    15  .079  29.1   262
@C   PCR ICDAT  ICRT  ICND  ICRN  ICRE  ICWD ICRES ICREN ICREP ICRIP ICRID ICNAME
 2   -99 20077   -99   -99     1     1   -99   -99   .13   -99   -99   -99 -99
@C  ICBL  SH2O  SNH4  SNO3
 2     5  .079  63.7   573
 2    10  .079  63.7   573
 2    15  .079  63.7   573
@C   PCR ICDAT  ICRT  ICND  ICRN  ICRE  ICWD ICRES ICREN ICREP ICRIP ICRID ICNAME
 3   -99 20077   -99   -99     1     1   -99   -99   .13   -99   -99   -99 -99
@C  ICBL  SH2O  SNH4  SNO3
 3     5  .079 127.6  1148
 3    10  .079 127.6  1148
 3    15  .079 127.6  1148
@C   PCR ICDAT  ICRT  ICND  ICRN  ICRE  ICWD ICRES ICREN ICREP ICRIP ICRID ICNAME
 4   -99 20077   -99   -99     1     1   -99   -99   .13   -99   -99   -99 -99
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
@C  ICBL  SH2O  SNH4  SNO3
 4     5  .079 191.4 722.3
 4    10  .079 191.4 722.3
 4    15  .079 191.4 722.3
@C   PCR ICDAT  ICRT  ICND  ICRN  ICRE  ICWD ICRES ICREN ICREP ICRIP ICRID ICNAME
 5   -99 20077   -99   -99     1     1   -99   -99   .13   -99   -99   -99 -99
@C  ICBL  SH2O  SNH4  SNO3
 5     5  .079 250.9 258.5
 5    10  .079 250.9 258.5
 5    15  .079 250.9 258.5
@C   PCR ICDAT  ICRT  ICND  ICRN  ICRE  ICWD ICRES ICREN ICREP ICRIP ICRID ICNAME
 6   -99 20077   -99   -99     1     1   -99   -99   .13   -99   -99   -99 -99
@C  ICBL  SH2O  SNH4  SNO3
 6     5  .079  29.1   262
 6    10  .079  29.1   262
 6    15  .079  29.1   262
@C   PCR ICDAT  ICRT  ICND  ICRN  ICRE  ICWD ICRES ICREN ICREP ICRIP ICRID ICNAME
 7   -99 20077   -99   -99     1     1   -99   -99   .13   -99   -99   -99 -99
@C  ICBL  SH2O  SNH4  SNO3
 7     5  .079  63.7   573
 7    10  .079  63.7   573
 7    15  .079  63.7   573
@C   PCR ICDAT  ICRT  ICND  ICRN  ICRE  ICWD ICRES ICREN ICREP ICRIP ICRID ICNAME
 8   -99 20077   -99   -99     1     1   -99   -99   .13   -99   -99   -99 -99
@C  ICBL  SH2O  SNH4  SNO3
 8     5  .079 127.6  1148
 8    10  .079 127.6  1148
 8    15  .079 127.6  1148
@C   PCR ICDAT  ICRT  ICND  ICRN  ICRE  ICWD ICRES ICREN ICREP ICRIP ICRID ICNAME
 9   -99 20077   -99   -99     1     1   -99   -99   .13   -99   -99   -99 -99
@C  ICBL  SH2O  SNH4  SNO3
 9     5  .079 191.4 722.3
 9    10  .079 191.4 722.3
 9    15  .079 191.4 722.3
@C   PCR ICDAT  ICRT  ICND  ICRN  ICRE  ICWD ICRES ICREN ICREP ICRIP ICRID ICNAME
10   -99 20077   -99   -99     1     1   -99   -99   .13   -99   -99   -99 -99
@C  ICBL  SH2O  SNH4  SNO3
10     5  .079 250.9 258.5
10    10  .079 250.9 258.5
10    15  .079 250.9 258.5

*PLANTING DETAILS
@P PDATE EDATE  PPOP  PPOE  PLME  PLDS  PLRS  PLRD  PLDP  PLWT  PAGE  PENV  PLPH  SPRL
PLNAME
 1 20091   -99    17   -99     T     H    25   -99     5   -99    20    33   -99   -99
-99

*IRRIGATION AND WATER MANAGEMENT
@I  EFIR  IDEP  ITHR  IEPT  IOFF  IAME  IAMT IRNAME
 1     1    30    50   100 GS000 IR001    10 -99
@I IDATE  IROP IRVAL
 1 20091 IR010    10
 1 20094 IR003    10
 1 20097 IR003    10
 1 20100 IR003    10
 1 20103 IR003    50
 1 20106 IR003    50
 1 20109 IR003    50
 1 20112 IR003    50
 1 20115 IR003    50
 1 20118 IR003    50
 1 20121 IR003   100
 1 20124 IR003   100
 1 20127 IR003   100
 1 20130 IR003   100
 1 20133 IR003   100
 1 20136 IR003   100
 1 20139 IR003   100
 1 20142 IR003   100
 1 20145 IR003   100
 1 20148 IR003   100
 1 20151 IR003   100
 1 20154 IR003   100
 1 20157 IR003   100
 1 20160 IR003   100
 1 20163 IR003   100
 1 20166 IR003   100
 1 20169 IR003   100
 1 20172 IR003   100
 1 20175 IR003   100
 1 20178 IR003   100
 1 20181 IR003   100
 1 20184 IR003   100
 1 20187 IR003   100
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
*FERTILIZERS (INORGANIC)
@F FDATE  FMCD  FACD  FDEP  FAMN  FAMP  FAMK  FAMC  FAMO  FOCD FERNAME
 1 20254 FE005 AP002    10   272   -99   -99   -99   -99   -99 -99

*RESIDUES AND ORGANIC FERTILIZER
@R RDATE  RCOD  RAMT  RESN  RESP  RESK  RINP  RDEP  RMET RENAME
 1 20077 RE002   620   2.3   -99   -99    10    15 AP002 0
 2 20238 RE002  5435   2.3   -99   -99    10    15 AP002 5435
 3 20238 RE005  7353   1.7   -99   -99    10    15 AP002 7352.93
 4 20238 RE005  6579   1.9   -99   -99    10    15 AP002 6578.94
 5 20238 RE002   272    46   -99   -99    10    15 AP002 271.73

*CHEMICAL APPLICATIONS
@C CDATE CHCOD CHAMT  CHME CHDEP   CHT..CHNAME
 1 19001   -99   -99   -99   -99   -99  -99

*TILLAGE AND ROTATIONS
@T TDATE TIMPL  TDEP TNAME
 1 19001   -99   -99 -99

*ENVIRONMENT MODIFICATIONS
@E ODATE EDAY  ERAD  EMAX  EMIN  ERAIN ECO2  EDEW  EWIND ENVNAME
 1 19001 A   0 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 20209 GS000     H     A   -99   -99 CH1
 2 20210 GS006     H     A   -99   -99 RD31

*SIMULATION CONTROLS
@N GENERAL     NYERS NREPS START SDATE RSEED SNAME.................... SMODEL
 1 GE              1     1     S 20001  2150 DEFAULT SIMULATION CONTR  RICER
@N OPTIONS     WATER NITRO SYMBI PHOSP POTAS DISES  CHEM  TILL   CO2
 1 OP              Y     N     Y     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     R     R     1     G     S     2
@N MANAGEMENT  PLANT IRRIG FERTI RESID HARVS
 1 MA              R     R     R     R     R
@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     A     N     N     A

@  AUTOMATIC MANAGEMENT
@N PLANTING    PFRST PLAST PH2OL PH2OU PH2OD PSTMX PSTMN
 1 PL          00001 00001    40   100    30    40    10
@N IRRIGATION  IMDEP ITHRL ITHRU IROFF IMETH IRAMT IREFF
 1 IR             50    10   100 GS000 IR006    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 00001   100     0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 ไฟล์ข้อมูลงานทดลอง (File T)

```
*EXP. DATA (T): CPSM1801RI CHNT1801RI ORGANIC FER. ON GROWTH AND Y. CH1 AND RD31
@TRNO   DATE  LAID  CWAD  HIAD  T#AD  GWAD  GN%M  CN%D
     1 20091
     1 20129  0.55  1875          96
     1 20179  2.32  3931         103
     1 20209  1.23  8777  0.38         1784
     1 20210  0.91  9228  0.36         1784
     1 20211  1.75  9888  0.33         1751
     1 20212  0.78  8926  0.37   198   1751  1.39  1.04
     2 20091
     2 20129  0.76  2756          96
     2 20179  2.46  5356         118
     2 20209  1.61 15235  0.32         2584
     2 20210  0.95 12366  0.36         2368
     2 20211  1.23 15454  0.34         2851
     2 20212  1.90 13130  0.39   207   2751  1.27  0.91
     3 20091
     3 20129  0.73  2338          88
     3 20179  2.46  4963         110
     3 20209  1.89 12541  0.31         2068
     3 20210  1.90 10117  0.39         2118
     3 20211  2.19 13043  0.30         2084
     3 20212  2.24 13637  0.29   207   2101  1.50  0.73
     4 20091
     4 20129  0.72  2725          100
     4 20179  2.42  5206          122
     4 20209  2.08 13125  0.35         2468
     4 20210  1.48  9764  0.38         2001
     4 20211  1.47 10768  0.38         2184
     4 20212  1.82 15245  0.32   209   2651  1.56  0.87
     5 20091
     5 20129  1.06  3069          80
     5 20179  2.66  6131         102
     5 20209  1.67 15094  0.36         2951
     5 20210  1.53 13835  0.36         2701
     5 20211  1.85 15644  0.40         3318
     5 20212  3.53 15383  0.40   181   3301  1.68  0.88
     6 20091
     6 20129  0.52  2113          67
     6 20179  2.39  5056          89
     6 20210  1.26 11782  0.31         1968
     6 20211  0.90 10022  0.34         1834
     6 20212  1.80 11358  0.27         1667
     6 20213  1.04  9562  0.35   163   1817  1.69  0.71
     7 20091
     7 20129  0.80  3613          64
     7 20179  2.28  6119          86
     7 20210  1.78 15251  0.38         3135
     7 20211  1.18 14458  0.41         3185
     7 20212  1.85 17247  0.29         2685
     7 20213  1.43 14318  0.34   170   2618  1.73  0.83
     8 20091
     8 20129  0.76  2469          86
     8 20179  2.67  5706         103
     8 20210  2.77 14705  0.30         2334
     8 20211  1.94 14534  0.28         2184
     8 20212  2.79 15679  0.24         2018
     8 20213  1.66 11936  0.33   179   2118  1.65  0.79
     9 20091
     9 20129  0.69  3319          67
     9 20179  2.47  6081          88
     9 20210  1.08 12317  0.39         2551
     9 20211  1.45 11565  0.42         2618
     9 20212  2.21 12666  0.32         2201
     9 20213  1.99 13692  0.32   170   2384  1.56  0.82
    10 20091
    10 20129  0.91  3825          69
    10 20179  2.62  5950          91
    10 20210  1.37 13808  0.40         2951
    10 20211  1.14 12314  0.40         2618
    10 20212  1.87 15878  0.28         2418
    10 20213  1.98 13916  0.40   172   2985  1.46  0.89
```

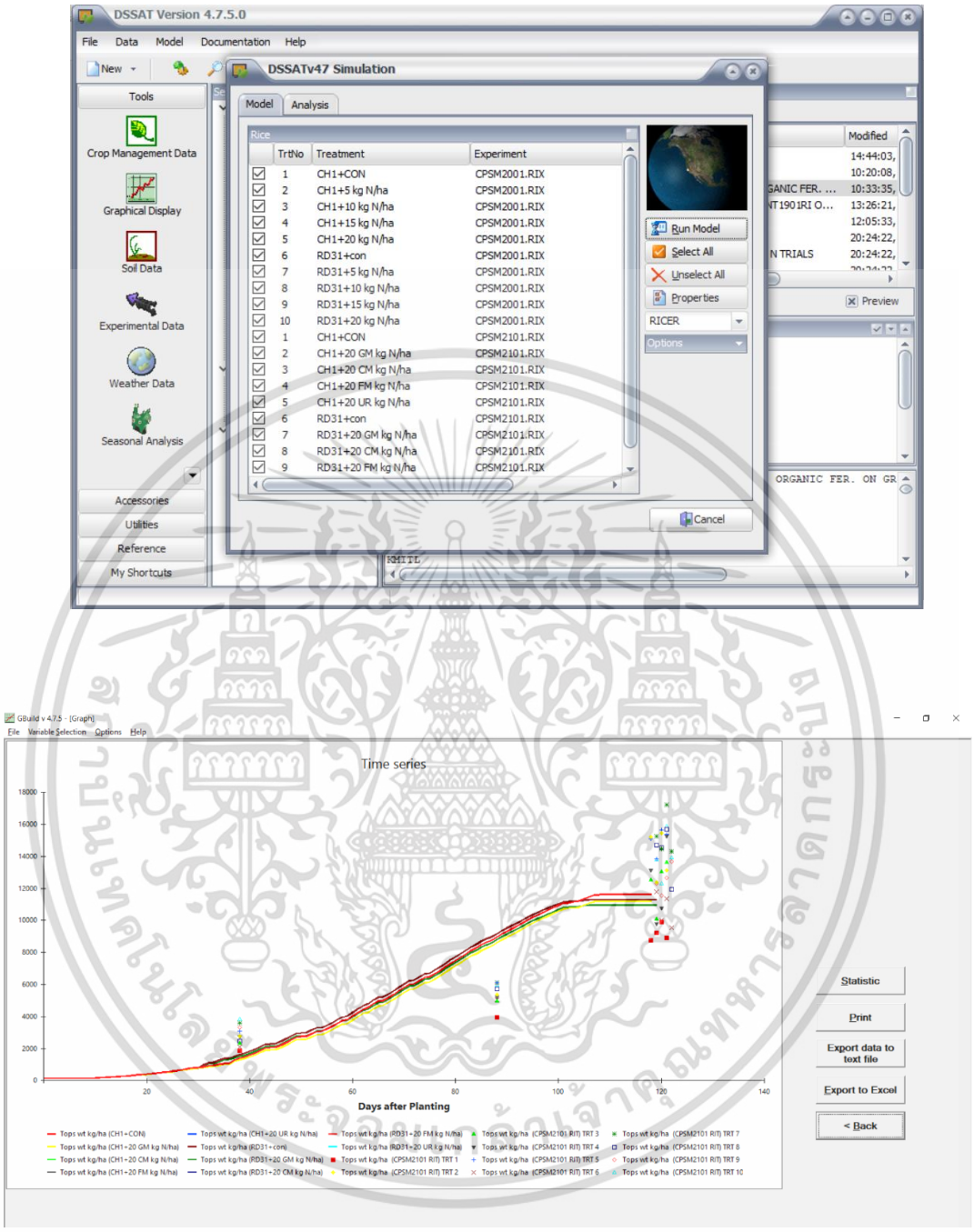
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 ไฟล์ข้อมูลงานทดลอง (File A)

*EXP. DATA (A): CPSM1801RI CHNT1801RI ORGANIC FER. ON GROWTH AND Y. CH1 AND RD31

@TRNO	IDAT	ADAT	MDAT	CWAM	HWAM	HIAM	GN%M
1	20157	20179	20209	9205	3297	0.36	1.39
2	20157	20179	20209	14046	4922	0.35	1.27
3	20157	20179	20209	12334	3904	0.32	1.50
4	20157	20179	20209	12226	4339	0.36	1.56
5	20157	20179	20209	14989	5723	0.38	1.68
6	20157	20179	20211	10681	3398	0.32	1.69
7	20157	20179	20211	15319	5420	0.36	1.73
8	20157	20179	20211	14214	4036	0.29	1.65
9	20157	20179	20211	12560	4549	0.36	1.56
10	20157	20179	20211	13979	5117	0.37	1.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 3 การประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโดยใช้แบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	**: นายสิรวิชญ์ จำปาเงิน**
วันเดือนปีเกิด	: 9 มีนาคม 2538
ภูมิลำเนา	: 24/2 ม.1 ต.พิหารแดง อ.เมืองสุพรรณบุรี จ.สุพรรณบุรี
การศึกษา	: พ.ศ. 2549-2554 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย สุพรรณบุรี
	: พ.ศ. 2554-2560 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต(เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
	พ.ศ. 2560-2565 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
งานตีพิมพ์	สิรวิชญ์ จำปาเงิน และนิตยา ผกามาศ. 2563. อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยยูเรีย ต่อผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง. แก่นเกษตร 48 (ฉบับพิเศษ) 1: 567-572.
	Jumpangern, S. and Phakamas, N. 2019. Responses to green manure from Sunn hemp from growth parameters of Non-photoperiod sensitive rice. pp. 47-57. In *The proceeding of 3rd International Symposium on Agricultural Technology (ISAT 2019)*. July, 2-5, 2019 at Krabi Resort, Krabi province, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้