การประเมินอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นโดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice

ASSESSING THE INFLUENCE OF PLANTING DATES AND SOURCES OF NITROGEN FERTILIZER ON YIELD OF JAPONICA RICE BY USING THE CSM-CERES-RICE MODEL

จุไรรัตน์ เข็มทอง

JURAIRAT KHEMTONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2566

KMITL-2023- AG-M-065-406

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ASSESSING THE INFLUENCE OF PLANTING DATES AND SOURCES OF NITROGEN FERTILIZER ON YIELD OF JAPONICA RICE BY USING THE CSM-CERES-RICE MODEL

JURAIRAT KHEMTONG

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

2023

KMITL-2023-AG-M-065-406

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2023
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นโดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice
นักศึกษา	นางสาวจุไรรัตน์ เข็มทอง
รหัสประจำตัว	63604021
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2566
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.นิตยา ผกามาศ

บทคัดย่อ

การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยการศึกษาส่วนที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ก.วก.1 วางแผนการทดลองแบบ 2x4 Factorial experiment in CRD จำนวน 4 ซ้ำ มี 2 ปัจจัย โดยปัจจัยที่ 1 คือวันปลูก ได้แก่ วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65) และ วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65) ปัจจัยที่ 2 คือ แหล่งของปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย (กรรมวิธีควบคุม) 2) ใส่ปุ๋ยปอเทือง 24 กก.N/ไร่ 3) ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 24 กก.N/ไร่ และ 4) ใส่ปุ๋ยปอเทืองอัตรา 12 กก.N/ไร่ + ปุ๋ยเคมีอัตรา 12 กก.N/ไร่ เก็บบันทึกข้อมูลอากาศ คุณสมบัติของดิน ระยะพัฒนาการ การเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต การดูดใช้ไนโตรเจนและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าว จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธีโดยวิธี DMRT ผลการศึกษาพบว่าวันปลูกมีผลทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโตและผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยวันปลูกที่ 2 ข้าวมีอายุเก็บเกี่ยวยาวกว่าวันปลูกที่ 1 ประมาณ 14 วัน สำหรับข้อมูลการเจริญเติบโตพบว่าวันปลูกที่ 2 ข้าวมีความสูงต้น จำนวนหน่อต่อกอ น้ำหนักแห้ง ผลผลิต ดัชนีเก็บเกี่ยว เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี การดูดใช้ไนโตรเจนและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนสูงกว่าวันปลูกที่ 1 แหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้ข้าวมีจำนวนหน่อต่อกอ ดัชนีพื้นที่ใบ อัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง ผลผลิต การดูดใช้ไนโตรเจนและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยปอเทือง แต่จะแตกต่างจากกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยปอเทืองและกรรมวิธีควบคุม ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจน พบว่าข้าวมีการตอบสนองต่อวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับอัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง ผลผลิต การดูดใช้ไนโตรเจนและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน

การศึกษาส่วนที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ประเมินอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวญี่ปุ่น โดย อาศัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลดิน ข้อมูลอากาศ และข้อมูลการจัดการ จากการศึกษาส่วนที่ 1 สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ก.วก.1 ใช้ข้อมูล default ที่อยู่ในโปรแกรม DSSAT จากนั้นนำมาป้อนให้กับแบบจำลองเพื่อประเมินระยะพัฒนาการ การเจริญเติบโต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ด พิจารณาความสอดคล้องระหว่างค่าทำนายและค่าสังเกตโดยค่า RMSEn พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินอิทธิพลของวันปลูกต่อระยะพัฒนาการได้ดีถึงดีมากทั้งสองวันปลูก มีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 0.96 - 18.60% แบบจำลองประเมินดัชนีพื้นที่ใบ พื้นที่ใบเฉพาะ ดัชนีเก็บเกี่ยว และน้ำหนักแห้งรวมส่วนเหนือดินของวันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65) ได้ดีถึงดีมากมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 3.10 - 11.0% ส่วนการประเมินผลผลิตพบว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้ดีถึงดีมากในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย มีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 5.7 - 11.9% สำหรับอิทธิพลของแหล่งปุ๋ยไนโตรเจนต่อพื้นที่ใบเฉพาะ ดัชนีเก็บเกี่ยว และผลผลิต พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้ค่อนข้างดีถึงดีมากในทุกกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ย โดยมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 11.0 - 29.6%, 3.1 - 14.9% และ 5.5 - 11.9% ตามลำดับ จากการใช้แบบจำลองทำนายผลผลผลิตข้าวทุก ๆ วันที่ 5 และ 16 ของเดือนตลอดระยะเวลา 1 ปี (มกราคม - ธันวาคม 2565) พบว่าวันที่ 5 พ.ย. 2565 คือวันปลูกที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 785 กก./ไร่ เมื่อนำมาทำนายโดยการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกัน (0, 18, 20, 24, 28, 30 และ 40 กก.N/ไร่) พบว่าการใส่ปุ๋ยในอัตรา 24 กก.N/ไร่ ข้าวมีผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 921 กก./ไร่ เมื่อได้วันปลูกและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมแล้ว จากนั้นนำไปทำนายผลผลิตในพื้นที่เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายล่วงหน้าเป็นระยะเวลา 10 ปี (พ.ศ. 2565 - 2574) พบว่าผลผลิตจะมีความแปรปรวนในแต่ละปี โดยในจังหวัดกรุงเทพมหานครและจังหวัดเชียงรายมีผลผลิตอยู่ระหว่าง 516 - 1,285 และ 457 - 1,436 กก./ไร่ ตามลำดับ

จากผลการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถนำมาประเมินอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นได้ โดยสามารถนำข้าวญี่ปุ่นมาปลูกในพื้นที่ภาคกลางได้แต่ควรปลูกในช่วงต้นเดือนพฤศจิกายน และควรมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 24 กก.N/ไร่

คำสำคัญ: ลักษณะทางสรีรวิทยา ข้าวจาปอนิกา แบบจำลอง CERES-Rice วันปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Assessing the influence of planting dates and sources of nitrogen fertilizer on yield of japonica rice by using the CSM-CERES-Rice model
Student Name	Miss Jurairat Khemtong
Student ID	63604021
Degree	Master of Science
Program	Agriculture
Year	2023
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Nittaya Phakamas

Abstract

This study was divided into two parts. The objective of part 1 was to assess the influence of planting date and source of nitrogen on growth and yield of japonica rice, variety DOA1. A 2x4 Factorial experiment in CRD with 4 replications and 2 factors was laid out. The first factor had two planting dates consisting of planting date 1 (April 16, 2022) and planting date 2 (December 5, 2022). The second factor had four sources of nitrogen fertilizer including 1) unfertilized control, 2) Sunn hemp green manure at the rate of 24 kg N/Rai, 3) chemical fertilizer (46-0-0) at the rate of 24 kg N/Rai and 4) Sunn hemp green manure at a rate of 12 kg N/Rai plus chemical fertilizer at the rate of 12 kg N/Rai. Data were recorded for weather data, soil properties, development stages, growth, yield, yield components, nitrogen uptake and nitrogen use efficiency of rice. Analysis of variance was performed for all data, and comparison among treatment means was carried out by DMRT method. Planting dates were significantly different ($P<0.05$) for growth and yield of rice. Planting date 2 has about 14 days to harvest longer than that of planting date 1. For growth data, planting date 2 had higher plant height, tiller number per plant, dry weight, yield, harvest index, percentage of filled grain, nitrogen uptake and nitrogen use efficiency than planting date 1. Sources of nitrogen were significantly different ($P<0.05$) for tiller number per plant, leaf area index, crop growth rate, dry weight, yield, nitrogen uptake and nitrogen use efficiency. Chemical fertilizer alone and Sunn hemp alone were not significantly different for growthy and rice yield, but they were significantly different from Sunn hemp plus chemical fertilizer and unfertilized control. The interactions between planting date and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

source of nitrogen were significant ($P<0.05$) for crop growth rate, dry weight, yield, nitrogen uptake and nitrogen use efficiency.

The objective of the second part was to apply the CSM-CERES-Rice model to evaluate the influence of planting date and source of nitrogen fertilizer on growth and yield of japonica rice. Soil data, weather data and management data of the first part were used. Genetic coefficients of DOA1 were used from default data in the DSSAT program. All data were entered into the model to evaluate phenology, growth yield and percentage of nitrogen in grain. The simulated values were compared with their corresponding observed data by using normalized root mean square error (RMSEn). The model was able to assess well to very well the effects of planting date on development stages in both planting dates with RMSEn values ranging from 0.96 - 18.60%. The model evaluated well to very well leaf area index, specific leaf area, harvest index and biomass well to very well with RMSEn values ranging from 3.10 - 11.0% for the first planting date (16 April 2022). For grain yield, the model was able to predict well to very well for chemical fertilizer treatment with RMSEn values ranging from 5.7 -11.9%. For the influences of nitrogen fertilizer sources on specific leaf area, harvest index, and yield, the model was able to evaluate very well for all fertilizer treatments with RMSEn values ranging from 11.0 - 29.6%, 3.1 - 14.9% and 5.5 -11.9%, respectively. For application of the model to predict grain yield in every 5^{th} and 16^{th} of the month through a period of 1 year (January to December, 2022), planting on 5 November 2022 had the highest yield of 785 kg/Rai. Prediction of the effects of nitrogen fertilizer rates (0, 18, 20, 24, 28, 30 and 40 kg N/Rai) indicated that application of nitrogen fertilizer at the rate of 24 kg N/Rai had the highest mean grain yield of 921 kg/Rai. The appropriate planting date and the rate of nitrogen fertilizer were obtained to predict grain yields in Ladkrabang, Bangkok and Phan District, Chiang Rai in advance for 10 years (2022 - 2031). Grain yields varied from year to year in Bangkok and Chiang Rai ranging from 516 - 1,285 and 457 - 1,436 kg/Rai, respectively.

The results of the aforementioned study indicated that the model can be used to evaluate the effects of planting date and nitrogen fertilizer source on the yield of rice. Japonica rice can be planted in the central region but should be planted in the early November, and nitrogen fertilizer at the rate of 24 kg N/Rai should be applied.

Keywords: Physiological traits, Japonica rice, CSM-CERES-Rice model, Planting date

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาโท มีความสำคัญยิ่งในการทำให้นักศึกษาได้รับการเรียนรู้ ฝึกฝน การแก้ไขปัญหาในการทำงาน และประสบการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ทั้งยังสามารถนำความรู้ และประสบการณ์ไปใช้ในอนาคตได้

ขอขอบคุณทุนยกเว้นค่าธรรมเนียมการศึกษา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนค่าธรรมเนียมการศึกษาตลอดหลักสูตร

ขอขอบคุณทุนโครงการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 รหัสโครงการ 2565-02-04-008 ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำงานของการศึกษาส่วนที่ 1

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.นิตยา ผกามาศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่เสียสละเวลาเพื่อคอยอบรมสั่งสอน ถ่ายทอดความรู้ต่าง ๆ และให้คำแนะนำทั้งในด้านการเรียน การทำงาน และในด้านประสบการณ์ชีวิต จนกระทั่งการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.สุกัญญา แย้มประชา และนักศึกษาปริญญาโท ประจำห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา สำหรับความช่วยเหลือและอนุเคราะห์อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน และวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในพืช

ขอขอบคุณประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณพี่ ๆ น้อง ๆ นักศึกษาปริญญาโท และปริญญาตรีเกษตรเจ้าคุณทหารรุ่นที่ 47 และ 48 ที่คอยช่วยเหลือในทุก ๆ เรื่อง ทั้งช่วยเหลือในเรื่องกำลังใจและกำลังกายในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วง

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัวที่เป็นกำลังใจ แรงผลักดัน และสนับสนุนในทุก ๆ เรื่อง

นางสาวจุไรรัตน์ เข็มทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ	XI
สารบัญภาคผนวก	XII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	3
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ข้าวญี่ปุ่น	4
2.1.1 พันธุ์ข้าวญี่ปุ่น ก.วก.1 (DOA1)	4
2.2 ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น	5
2.2.1 วันปลูก	5
2.2.2 ปุ๋ยไนโตรเจน	6
2.2.3 การจัดการ	8
2.3 แบบจำลองการเจริญเติบโตพืช (Crop simulation model)	9
2.3.1 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ในการผลิตข้าว	10
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	12
3.1 สถานที่ทำการทดลอง	12
3.2 ระยะเวลาทำการทดลอง	12
3.3 วิธีการดำเนินการ	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 21

4.1 การศึกษาส่วนที่ 1 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น 21

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกทั้งสองวันปลูก 21

4.1.2 ปริมาณแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ในดินหลังหมักปอเทือง 21

4.1.3 อุณหภูมิตลอดฤดูปลูก 24

4.1.4 อุณหภูมิสะสม (Growing degree days) 25

4.1.5 ระยะพัฒนาการ (Phenology) 25

4.1.6 การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น 26

4.2 การศึกษาส่วนที่ 2 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ประเมินอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวญี่ปุ่น 48

4.2.1 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายระยะพัฒนาการของข้าวญี่ปุ่น 48

4.2.2 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น 51

4.2.3 การทำนายผลผลิตในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 59

4.2.4 การประเมินหาวันปลูกและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อผลผลิตข้าวญี่ปุ่น 63

4.2.5 การทำนายผลผลิตข้าวญี่ปุ่นล่วงหน้า 10 ปี (พ.ศ. 2565 - 2574) 67

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 70

เอกสารอ้างอิง 72

ภาคผนวก 79

ประวัติผู้เขียน 92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 ผลการวิเคราะห์ดินก่อนการปลูกข้าวของทั้งสองวันปลูก 23

4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ในดินหลังหมักปอเทือง 14 วัน 23

4.3 อุณหภูมิสะสมในแต่ละระยะพัฒนาการของข้าวญี่ปุ่น 25

4.4 ระยะพัฒนาการวันกำเนิดช่อรวง วันออกดอก และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวญี่ปุ่น ... 26

4.5 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าความสูงที่ระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น..... 27

4.6 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อจำนวนหน่อต่อกอที่ระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น 29

4.7 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น 31

4.8 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าพื้นที่ใบเฉพาะที่ระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น 33

4.9 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น 36

4.10 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าน้ำหนักแห้งรวมที่ระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น 38

4.11 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวญี่ปุ่น..... 41

4.12 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวญี่ปุ่น..... 43

4.13 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนที่ระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น..... 45

4.14 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อการดูดใช้ไนโตรเจนที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวญี่ปุ่น 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.15 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายวันกำเนิดช่อรวงของข้าวญี่ปุ่น..... 48

4.16 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายวันออกดอกของข้าวญี่ปุ่น 49

4.17 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวญี่ปุ่น..... 51

4.18 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายจำนวนหน่อต่อตารางเมตรของข้าวญี่ปุ่น 52

4.19 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายดัชนีพื้นที่ใบของข้าวญี่ปุ่น..... 53

4.20 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายพื้นที่ใบเฉพาะของข้าวญี่ปุ่น..... 54

4.21 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายน้ำหนักแห้งรวมของข้าวญี่ปุ่น..... 55

4.22 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายผลผลิตข้าวญี่ปุ่น..... 56

4.23 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายดัชนีเก็บเกี่ยวข้าวญี่ปุ่น 57

4.24 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ดข้าวญี่ปุ่น... 58

4.25 การเปรียบเทียบผลการทำนายวันกำเนิดช่อรวง (Panicle initiation day) ของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 59

4.26 การเปรียบเทียบผลการทำนายวันออกดอก (Anthesis day) ของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย..... 60

4.27 การเปรียบเทียบผลการทำนายวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity day) ของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย..... 61

4.28 การเปรียบเทียบผลการทำนายผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 61

4.29 การเปรียบเทียบผลการทำนายน้ำหนักแห้งรวมของข้าวญี่ปุ่น ที่ปลูกในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 62

4.30 การเปรียบเทียบผลการทำนายดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น ที่ปลูกในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 63

4.31 การทำนายผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกทุกวันที่ 5 และ 16 ของเดือนตั้งแต่มกราคมถึงธันวาคม 2565..... 64

4.32 การทำนายผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในวันที่ 5 พ.ย. 65 และได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกัน 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.33 การทำนายน้ำหนักแห้งรวมของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในวันที่ 5 พ.ย. 65 และได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกัน 66

4.34 การทำนายดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในวันที่ 5 พ.ย. 65 และได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกัน 66

4.35 การทำนายระยะพัฒนาการของข้าวที่ปลูกทุกวันที่ 5 พ.ย. ของปีตั้งแต่พ.ศ. 2565 - 2574 ในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย..... 67

4.36 การทำนายผลผลิต น้ำหนักแห้ง และดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวที่ปลูกทุกวันที่ 5 พ.ย. ของปีตั้งแต่พ.ศ. 2565 - 2574 ในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย..... 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

3.1 แผนผังขั้นตอนการทำนายผลผลิตในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 19

3.2 แผนผังขั้นตอนการประเมินหาวันปลูกและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อผลผลิตข้าวญี่ปุ่น และการทำนายผลผลิตล่วงหน้า 10 ปี (พ.ศ.2565 - 2574) 20

4.1 อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และรังสีดวงอาทิตย์ สำหรับ a) วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65) และ b) วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65) 24

4.2 อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และรังสีดวงอาทิตย์ สำหรับ a) เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และ b) อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ตั้งแต่พ.ศ. 2565 - 2574..... 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางผนวกที่ **หน้า**

1 ตัวอย่างไฟล์ข้อมูลดิน 80

2 ตัวอย่างไฟล์ข้อมูลสภาพอากาศ 81

3 ตัวอย่างไฟล์ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว 82

4 ไฟล์ข้อมูลการจัดการ (File X) 83

5 ไฟล์ข้อมูลงานทดลอง (File T) 85

6 ไฟล์ข้อมูลงานทดลอง (File A) 86

7 การทำนายน้ำหนักแห้งรวมของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกทุกวันที่ 5 และ 16 ของเดือนตั้งแต่มกราคมถึงธันวาคม 2565 87

8 การทำนายดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกทุกวันที่ 5 และ 16 ของเดือนตั้งแต่มกราคมถึงธันวาคม 2565 88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวกที่	หน้า
1 การเตรียมปอเทือง (การปลูก ดูแล เก็บเกี่ยว และย่อยชีวมวลปอเทือง)	89
2 การเตียมดิน และการหมักปอเทือง	89
3 การเพาะกล้า และการปลูกดูแลรักษา	90
4 การเก็บตัวอย่างที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น	90
5 ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวญี่ปุ่น	91
6 เครื่องวัดพื้นที่ใบแบบตั้งโต๊ะ (รุ่น Li-3100 ยี่ห้อ Licor) และตู้อบลมร้อน	91
7 การเตรียมตัวอย่างพืชก่อนวิเคราะห์หาธาตุไนโตรเจนในข้าว	91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวเป็นธัญพืชที่สำคัญมากชนิดหนึ่ง แบ่งออกเป็นข้าวอินดิกา (Indica) ที่มักจะปลูกในเขตร้อนซึ่งเกษตรกรในประเทศไทยปลูกข้าวชนิดนี้เป็นหลัก และข้าวจาปอนิกา (Japonica) หรือที่เรียกกันว่า “ข้าวญี่ปุ่น” มีถิ่นกำเนิดและนิยมปลูกกันในเขตอบอุ่น (Cordero-Lara 2020) ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวญี่ปุ่นค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่อยู่ทางภาคเหนือตอนบนแถบจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ พะเยา ลำปาง ลำพูน และเริ่มมีการขยายพื้นที่ปลูกลงมาด้านล่างแถบจังหวัดสุโขทัย อุตรดิตถ์ และพิษณุโลก (Khaokhrueamuang 2021) แต่ผลผลิตข้าวญี่ปุ่นก็ยังมีไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ภายในประเทศ จึงจำเป็นต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศเพื่อใช้ในธุรกิจร้านอาหาร (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2563) ที่มีแนวโน้มการขยายตัวเพิ่มขึ้นในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา จากผลการสำรวจร้านอาหารญี่ปุ่นในประเทศไทยของ Jetro Bangkok (2022) รายงานว่าในปี 2565 ประเทศไทยมีร้านอาหารญี่ปุ่นทั้งหมดจำนวน 5,325 ร้าน โดยเพิ่มขึ้นจากปี 2564 จำนวน 955 ร้าน คิดเป็น 21.9 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเพื่อเป็นการรองรับความต้องการของกลุ่มธุรกิจร้านอาหาร จึงควรมีการขยายพื้นที่ปลูกข้าวญี่ปุ่นไปยังภูมิภาคอื่น เช่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หรือภาคกลางที่มีแหล่งน้ำชลประทาน เนื่องจากข้าวญี่ปุ่นจัดเป็นข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสงเกษตรกรจึงสามารถปลูกได้มากกว่าหนึ่งครั้งต่อปี อย่างไรก็ตามการปลูกในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน จะทำให้ข้าวเจอสภาพอากาศที่แตกต่างกันและอาจจะส่งผลต่อการให้ผลผลิตของข้าวได้

อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละสถานที่และฤดูปลูก ซึ่งหากช่วงเวลาที่ปลูกข้าวข้าวเจอกับสภาพที่มีอุณหภูมิสูงจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น การสร้างช่อดอก การผสมเกสร และการออกรวงของข้าวญี่ปุ่น (วิไล ปาละวิสุทธิ์ และคณะ. 2538) จากการศึกษาของ Nakwilai,P. et.al. (2020) เปรียบเทียบอิทธิพลของฤดูปลูกต่อข้อมูลลักษณะทางการเกษตรของข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ต่าง ๆ ในพื้นที่จังหวัดเชียงราย พบว่าข้าวที่ปลูกในฤดูแล้งจะออกดอกช้าและให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกในช่วงฤดูฝน และเมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของสถานที่ปลูกข้าวในช่วงฤดูเดียวกัน พบว่าข้าวที่ปลูกในภาคกลางจะออกดอกเร็วและให้ผลผลิตต่ำกว่าข้าวที่ปลูกในภาคเหนือ ซึ่งทั้งสองสถานที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันประมาณ 2 °C โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดระยะเวลาปลูกเท่ากับ 30.4 และ 28.3 °C ตามลำดับ ในปัจจุบันกรมการข้าวมีการแนะนำว่าข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.1 สามารถปลูกได้ทั้งในแถบภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง ส่วนพันธุ์ ก.วก.2 เหมาะสำหรับการปลูกในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (กรมการข้าว. 2549) จากการศึกษาของ Nakwilai,P. et.al. (2020) พบว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 เมื่อนำมาปลูกในภาคกลางช่วงฤดูฝนจะให้ผลผลิตต่ำกว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.2 ในขณะที่ Phopaijit,S. et.al. (2022) ทดสอบในภาคกลางช่วงฤดูแล้ง พบว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 กลับให้ผลผลิตสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่าพันธุ์ ก.วก.2 นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีและการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ข้าวญี่ปุ่นทั้งสองพันธุ์มีผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จะแตกต่างจากกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งโดยปกติข้าวญี่ปุ่นจะมีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงกว่าข้าวทั่วไป แต่หากใส่ปุ๋ยมากเกินไปอาจจะทำให้เกิดการเข้าทำลายของโรคและแมลงได้ง่าย รวมทั้งทำให้ต้นข้าวล้ม เป็นสาเหตุหนึ่งทำให้ผลผลิตลดลง (กรมการข้าว. 2549) ชี้ให้เห็นว่าการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมน่าจะสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นได้

โดยในระบบการผลิตข้าวหากมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนจากแหล่งและอัตราที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนและผลผลิตของข้าวได้ (Fageria,N.K. et.al. 2011) จากการศึกษาของภาสินี สืบสวน (2562) เปรียบเทียบศักยภาพการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์ไนโตรเจน 3 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด ทำการบ่มดินในห้องปฏิบัติการเป็นระยะเวลา 120 วัน พบว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดปอเทืองทำให้ดินมีปริมาณการสะสมไนโตรเจนและมีศักยภาพการย่อยสลายไนโตรเจนได้สูงกว่าการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมัก และจากการศึกษาของ Espinal,F.S.C. et.al. (2016) พบว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองทำให้ข้าวมีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน การเจริญเติบโต และให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดจากข้าวฟ่าง และการใช้ปุ๋ยคอก แสดงให้เห็นว่าปอเทืองสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในการผลิตข้าวได้ ซึ่งข้อดี คือ เป็นพืชที่ปลูกง่าย มีอายุออกดอกสั้น เกษตรกรสามารถเก็บเมล็ดไว้ใช้เองได้ (กรมพัฒนาที่ดิน. 2550) และที่สำคัญมีรายงานว่าปอเทืองที่ระยะออกดอกมีปริมาณธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูงถึง 3.66 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (สโรชา โพธิ์ไพจิตร์ และ นิตยา ผกามาศ. 2565)

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นชี้ให้เห็นว่าวันปลูกและแหล่งปุ๋ยไนโตรเจนนับว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการผลิตข้าวญี่ปุ่น และในปัจจุบันมีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียกว่า Decision Support System for Agrotechnology Transfer หรือ DSSAT (Jones,J.W. et.al. 2003) ซึ่งบรรจุแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชไว้หลายชนิดรวมทั้งแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว (CSM-CERES-Rice) โดยการนำแบบจำลองมาใช้จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลตัวป้อนซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลดิน ข้อมูลสภาพอากาศ ข้อมูลการจัดการ และข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมพืช (genetic coefficient; GCs) ซึ่งแบบจำลองสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการปรับเปลี่ยนวันปลูก และการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน เพื่อดูการตอบสนองของข้าว เช่น ระยะพัฒนาการ การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิต โดยที่ไม่จำเป็นต้องไปปลูกทดสอบจริง จากการศึกษา Wu,Y. et.al. (2020) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ในระบบการผลิตข้าวอินดิกาและจาปอนิกา โดยมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาระบบของแบบจำลองข้าวที่สามารถกำหนดวันที่หว่าน ย้ายปลูก และสามารถกำหนดวิธีการปลูกในหลายพื้นปลูกที่ได้ พบว่าแบบจำลองแสดงให้เห็นว่ามีประสิทธิภาพภายใต้การกำหนดสภาพอากาศ พันธุ์ และการจัดการที่แตกต่างกัน โดยแบบจำลองข้าวสามารถใช้เป็นแนวทางในการผลิตข้าวที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลผลิต และมีประสิทธิภาพในการผลิตสูงได้ และข้อมูลการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของปัจจัยดังกล่าวในข้าวญี่ปุ่นมีน้อย ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เพราะหากแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถประเมินอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการให้ผลิตของข้าวญี่ปุ่นได้ดี จะเป็นประโยชน์ต่อแนวทางการวางแผนการผลิตข้าวญี่ปุ่นในแถบภาคกลางของประเทศไทย

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น

1.2.2 เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ประเมินอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวญี่ปุ่น

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

การปลูกข้าวญี่ปุ่นสามารถนำมาปลูกในเขตพื้นที่ภาคกลางได้ แต่ต้องปลูกในช่วงที่มีสภาพอากาศเหมาะสม การกำหนดวันปลูกจึงมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนจากแหล่งต่าง ๆ อาจมีกระบวนการและระยะเวลาในการย่อยสลายแตกต่างกัน ดังนั้นการประเมินอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยเหล่านั้นได้ดีขึ้น ในปัจจุบันมีแบบจำลอง CSM-CERES-Rice ที่สามารถนำมาใช้ประเมินได้อย่างสะดวก จึงควรนำมาศึกษาซึ่งหากแบบจำลองสามารถประเมินได้ดี จะสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการกำหนดแนวทางในการวางแผนผลิตข้าวญี่ปุ่นในพื้นที่ปลูกภาคกลางได้

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อประเมินอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.1 โดยทำการปลูกข้าวในกระถางซีเมนต์ขนาด 30 x 100 x 30 ซม. ภายใต้สภาพโรงเรือนทดลองที่มีการควบคุมปริมาณน้ำแต่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ กำหนดช่วงวันปลูกที่แตกต่างกัน 2 วันปลูกที่มีสภาพอากาศที่แตกต่างกัน และใช้ปุ๋ยไนโตรเจนจากแหล่งที่ต่างกัน โดยเลือกใช้ในรูปของปุ๋ยเคมี (46-0-0) และปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง เนื่องจากเป็นพืชที่หาเมล็ดได้ง่าย และมีราคาที่ไม่แพงมาก โดยทำการหมักปอเทืองก่อนปลูกข้าวเป็นระยะเวลา 14 วัน ส่วนปุ๋ยเคมีแบ่งใส่ 2 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 20 และ 40 วันหลังย้ายปลูก จากนั้นทำการจำลองระยะพัฒนาการ การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นเหมือนกับในแปลงทดลองจริงโดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบและพิจารณาความสอดคล้องระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองและแปลงทดลองจริง โดยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าวญี่ปุ่น

ข้าวญี่ปุ่นเป็นข้าวที่จัดอยู่ในกลุ่มของข้าวจาปอนิกา (Japonica rice) ซึ่งนิยมปลูกมากในแถบเอเชียตะวันออก มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Oryza sativa* L. อยู่ในวงศ์ GRAMINEAE เป็นข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ชอบอากาศหนาวเย็นและเจริญเติบโตดีในช่วงอุณหภูมิ 18 - 25 ℃ ต้นมีลักษณะเตี้ย แตกกอปานกลางถึงแตกกอมาก ลำต้นแข็ง และเมล็ดมีขนาดป้อมสั้นค่อนข้างกลม เมื่อหุงสุกข้าวจะมีความนุ่มและเหนียวมากกว่าข้าวไทย โดยพันธุ์ข้าวญี่ปุ่นสามารถแบ่งตามลักษณะการบริโภคได้ 2 ประเภท คือ ข้าวที่นำมาบริโภคโดยตรง และข้าวที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหาร โดยจะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น แป้งโมจิ เหล้าสาเก เป็นต้น ในประเทศไทยกรมการข้าวได้ทำการวิจัยและพัฒนาข้าวญี่ปุ่นจนได้พันธุ์แนะนำที่รับรองแล้ว 2 พันธุ์ คือ ก.วก.1 และ ก.วก.2 เป็นพันธุ์ที่ทำให้ภาคเอกชนยอมรับว่าไทยสามารถปลูกข้าวญี่ปุ่นได้มีความใกล้เคียงกันกับข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในถิ่นกำเนิด ซึ่งลักษณะเด่นของข้าว 2 พันธุ์นี้ สามารถปรับตัวได้ดีในที่นาภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย มีความสามารถทนต่อสภาพอากาศร้อนได้ดีกว่าข้าวญี่ปุ่นพันธุ์อื่น ๆ โดยในปัจจุบันพื้นที่ปลูกของประเทศไทยสามารถปลูกข้าวญี่ปุ่นทั้งสองพันธุ์นี้ได้ทั้งในฤดูนาปี และฤดูนาปรัง ซึ่งข้าวทั้งสองพันธุ์จัดเป็นข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง (กรมการข้าว. 2549)

2.1.1 พันธุ์ข้าวญี่ปุ่น ก.วก.1 (DOA1)

ข้าวญี่ปุ่น ก.วก.1 หรือพันธุ์ซาซานิชิกิ (Sasanishiki) เป็นข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง มีลักษณะประจำพันธุ์คือ ต้นค่อนข้างแข็ง มีความสูงประมาณ 88 ซม. ลักษณะทรงกอตั้งตรง ใบแก่ข้ามีสีเขียวและมีขน กาบใบและปล้องมีสีเขียว ใบธงค่อนข้างตั้งตรง รวงแน่น ระแง้ถี่ และคอรวงสั้น เมล็ดของข้าวเปลือกมีสีฟาง ขนสั้น ยอดเมล็ดสีฟางและมีหางเล็กน้อย ท้องไข่ระดับปานกลาง ปริมาณอมิโลส 16.4% คุณภาพการสีดี 48% มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 120 วัน ให้ผลผลิตประมาณ 718 กก./ไร่ ซึ่งจะให้ผลผลิตสูงในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ คุณภาพการหุงต้ม และรับประทานดีตรงตามมาตรฐานของผู้บริโภคข้าวญี่ปุ่น มีความทนทานต่อสภาพอากาศที่ร้อนได้ดีกว่าข้าวญี่ปุ่นพันธุ์อื่น ๆ แต่ในสภาพที่มีอากาศร้อนและความชื้นสูงจะไม่ต้านทานโรคไหม้ จึงมีคำแนะนำให้ปลูกในเขตภาคเหนือตอนบน ภาคเหนือตอนล่าง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย (กรมการข้าว. 2564)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น

2.2.1 วันปลูก

ข้าวญี่ปุ่นเป็นพืชที่ปลูกในเขตอบอุ่นเมื่อเจอกับสภาพอากาศที่เป็นเขตร้อนของประเทศไทย วันปลูกอาจจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต จากรายงานของ วิไล ปาละวิสุทธ์ และคณะ (2538) ได้ศึกษาช่วงวันปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวญี่ปุ่น 2 พันธุ์ในเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทยในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน พบว่าข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ Akitakomachi ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกในช่วงต้นถึงกลางพฤศจิกายน และพันธุ์ Koshihikari ให้ผลผลิตสูงที่สุดเมื่อปลูกในช่วงกลางเดือนพฤศจิกายนถึงต้นเดือนธันวาคม โดยวันปลูกที่เหมาะสมจะทำให้ได้ผลผลิต เมล็ดมีความงอก ความแข็งแรง และอายุการเก็บรักษาสูงที่สุด วิชัย คำชมพู (2538) ศึกษาช่วงปลูกที่เหมาะสมของข้าวญี่ปุ่น 4 พันธุ์ พบว่าข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในเดือนพฤศจิกายน ธันวาคม และมกราคม ให้ผลผลิตข้าวสูงที่สุด มีอายุเก็บเกี่ยว 98 - 128 วัน แตกต่างกันตามพันธุ์และช่วงเดือนที่ปลูก จากข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นหากมีการปลูกข้าวในช่วงเวลาที่ต่างกัน สภาพอากาศอาจมีผลต่อระยะพัฒนาการ การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น โดยเฉพาะอุณหภูมิสูงจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น การสร้างช่อดอก การผสมเกสร และการออกรวงของข้าวญี่ปุ่น (วิไล ปาละวิสุทธ์ และคณะ. 2538)

อุณหภูมิเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวจาปอนิกา เนื่องจากเป็นข้าวที่มีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่น จึงมีความไวต่ออุณหภูมิของอากาศ เมื่อนำมาปลูกในประเทศไทยที่เป็นพื้นที่เขตร้อน มีอุณหภูมิแตกต่างกันไปตามฤดูกาลและในแต่ละภูมิภาค ตัวอย่างเช่น ในพื้นที่ภาคเหนือ มีอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝนเท่ากับ 23.4, 28.1 และ 27.3 ℃ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ภาคกลางมีอุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละฤดูเท่ากับ 26.2, 29.7 และ 28.3 ℃ ตามลำดับ (ซึ่งเป็นอุณหภูมิค่าเฉลี่ยในคาบ 30 ปีพ.ศ.2524 - 2553) (กรมอุตุนิยมวิทยา. 2566) จะเห็นได้ว่าในแต่ละฤดูและภูมิภาคของประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งในพื้นที่ภาคกลางมีอุณหภูมิเฉลี่ยทุกฤดูที่สูงกว่าบริเวณภาคเหนือ ซึ่งข้าวจาปอนิกาจัดว่าเป็นข้าวที่มีความไวต่ออุณหภูมิของอากาศ ซึ่ง Matsui,T. et.al. (2001) รายงานว่าในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง 37.5 ℃ จะทำให้ดอกข้าวเป็นหมันเนื่องจากมีการผสมเกสรไม่ดี และหากอุณหภูมิเพิ่มสูงถึง 40.0 ℃ จะส่งผลต่อกระบวนการงอกของละอองเกสรและยับยั้งการปฏิสนธิ Yoshida and Hara (1976) รายงานว่าช่วงอุณหภูมิเฉลี่ยเวลากลางวันระหว่าง 16 - 28 ℃ มีผลต่อความสามารถในการเติมเมล็ดของข้าวญี่ปุ่น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ข้าวมีอัตราการเติมเมล็ดเร็วส่งผลให้เมล็ดสุกแก่เร็วขึ้น (Yoshida and Hara. 1976) ซึ่งปกติข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสงจะต้องมีการสะสมอุณหภูมิ (Degree days) ในช่วงหนึ่งก่อนที่จะเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ โดยหากอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวันต่ำกว่า 20 ℃ จะกระทบต่อระยะพัฒนาการและการเจริญเติบโตของข้าวญี่ปุ่น (Yoshida 1981) แต่หากปลูกข้าวในสภาพอากาศที่ค่อนข้างร้อนจะทำให้มีการสะสมอุณหภูมิอย่างรวดเร็วในระยะเวลาอันสั้น ส่งผลทำให้ข้าวมีอายุการเก็บเกี่ยวที่สั้นลง ในทางกลับกันเมื่อปลูกในสภาพที่มีอากาศค่อนข้างหนาว ต้นข้าวจะมีการสะสมอุณหภูมิอย่างช้า ๆ มีช่วงการเจริญเติบโตนานขึ้น จึงส่งผลให้ข้าวมีอายุเก็บเกี่ยวยาว และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ผลผลิตมากขึ้น (กรมการข้าว. 2549) จากการศึกษาของ Nakwilai,P. et.al. (2020) เปรียบเทียบอิทธิพลของฤดูปลูกต่อข้อมูลลักษณะทางการเกษตรของข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ต่าง ๆ ในพื้นที่จังหวัดเชียงราย พบว่าข้าวที่ปลูกในฤดูแล้งจะออกดอกช้าและให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกในช่วงฤดูฝน เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของสถานที่ปลูกข้าวในช่วงฤดูเดียวกัน พบว่าข้าวที่ปลูกในภาคกลางจะออกดอกเร็วและให้ผลผลิตต่ำกว่าข้าวที่ปลูกในภาคเหนือ ซึ่งทั้งสองสถานที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันประมาณ 2 °C โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดระยะเวลาปลูกเท่ากับ 30.4 และ 28.3 °C ตามลำดับ นิทัศน์ สิทธิวงศ์ และคณะ (2541ก) รายงานว่าอุณหภูมิสะสมมีผลต่อระยะพัฒนาการของข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.1 ซึ่งมีช่วงระยะเวลาตั้งแต่ตกกล้าถึงสร้างรวงอ่อนไม่เกิน 40 วัน มีความต้องการอุณหภูมิสะสมเฉลี่ย (Growing degree days) 600 - 605 °C อย่างไรก็ตามในปัจจุบันกรมการข้าวได้มีการแนะนำข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.1 ว่าสามารถปลูกได้ทั้งในแถบภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง ส่วนพันธุ์ ก.วก.2 เหมาะสำหรับการปลูกในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (กรมการข้าว. 2549) และจากการศึกษาของ Nakwilai,P. et.al. (2020) พบว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 เมื่อนำมาปลูกในภาคกลางช่วงฤดูฝนจะให้ผลผลิตต่ำกว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.2 ในขณะที่ Phopaijit,S. et.al. (2022) ปลูกในพื้นที่ภาคกลางเช่นกันแต่เป็นช่วงฤดูแล้ง กลับพบว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ ก.วก.2 จากข้อมูลงานวิจัยข้างต้นชี้ให้เห็นว่าวันปลูกและสถานที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น

2.2.2 ปุ๋ยไนโตรเจน

ปุ๋ยไนโตรเจน นับว่าเป็นปัจจัยการผลิตข้าวที่สำคัญมากชนิดหนึ่ง เนื่องจากข้าวจะมีความต้องการธาตุไนโตรเจนในปริมาณที่ค่อนข้างสูง เพื่อนำไปใช้ตั้งแต่ระยะแรกของการเจริญเติบโต มีส่วนสำคัญต่อการแตกกอ การสร้างรวงและเมล็ด ช่วยเพิ่มพื้นที่ใบ มีส่วนช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของเมล็ด และส่งผลต่อการให้ผลผลิตข้าว (Tayefe,M. et.al. 2014) เนื่องจากไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน คลอโรฟิลล์ โปรตีน และสารประกอบในเซลล์ ซึ่งมีส่วนสำคัญมากในกระบวนการที่ใช้ในการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าว (ชุติวัฒน์ วรรณสาย. 2547) โดยไนโตรเจนที่ข้าวสามารถดูดใช้ได้อยู่ในรูปของ ammonia, nitrate, urea และ amino acid (Yoshida 1981) ในการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในระบบการผลิตข้าวจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาและวิธีการที่ใส่ ซึ่งปุ๋ยไนโตรเจนที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายคือปุ๋ยยูเรีย เนื่องจากเป็นปุ๋ยที่มีปริมาณไนโตรเจนสูง แต่ก็เป็นปุ๋ยที่มีการสูญเสียได้ง่ายในสภาพที่ดินมีการขังน้ำ อีกทั้งยังมีผลเป็นกรดตกค้าง หากใช้เป็นระยะเวลาที่นานติดต่อกันอาจทำให้ดินมีสภาพเป็นกรดได้ และเพื่อเป็นการรักษาไนโตรเจนในดินในระยะยาวจึงควรมีการจัดการอินทรียวัตถุของดินที่เหมาะสม เช่น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และปุ๋ยพืชสด เป็นต้น) เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณของอินทรียวัตถุในดินในระยะยาว (ชุติวัฒน์ วรรณสาย. 2547) โดยปกติปุ๋ยอินทรีย์จะมีสัดส่วนธาตุอาหารหลักต่ำมาก แต่สามารถให้ธาตุอาหารรองแก่พืชได้อย่างเพียงพอ ดังนั้นการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อาจเป็นวิธีการลดการใช้ปุ๋ยเคมี และการสูญเสียไนโตรเจนที่เป็นไปได้จากระบบนิเวศน์ (Kramer,A.W. et.al. 2002) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ๋ยเคมีจะช่วยเร่งการทำงานของจุลินทรีย์ทำให้ธาตุอาหารเพิ่มขึ้น และพืชสามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Chaudhary and Narwal. 2006) ช่วยเพิ่มความพร้อมของธาตุอาหาร ทำให้พืชดูดใช้ธาตุอาหารได้มากขึ้น ดินมีธาตุอาหารอยู่ในรูปแบบที่ใช้ได้ง่าย และยังช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินเป็นการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน (สถานีพัฒนาที่ดินสุพรรณบุรี. 2559) จากรายงานวิจัยของ นิทัศน์ สิทธิวงศ์ และคณะ (2541ข) ศึกษาการใช้ปุ๋ยพืชสดจากถั่วเขียวและโสนอัฟริกันร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีในข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.1 พบว่าการปลูกพืชตระกูลถั่วเป็นปุ๋ยพืชสดทำให้ข้าวจาปอนิกามีการสร้างรวงต่อกอเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน กรรมวิธีที่ใช้โสนอัฟริกันทำให้จำนวนเมล็ดต่อรวงเพิ่มขึ้น การใช้ปุ๋ยพืชสดจากถั่วเขียวและโสนอัฟริกันทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นร้อยละ 13 - 19 ตามลำดับ จากรายงานวิจัยของ Phopaijit,S. et.al. (2022) เปรียบเทียบอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยแบบต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.1 และ ก.วก.2 พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีและการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ข้าวทั้งสองพันธุ์ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จะแตกต่างจากกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งโดยปกติข้าวญี่ปุ่นจะมีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงกว่าข้าวทั่วไป แต่หากใส่ปุ๋ยมากเกินไปอาจจะทำให้เกิดการเข้าทำลายของโรคและแมลงได้ง่าย รวมทั้งทำให้ต้นข้าวล้ม เป็นสาเหตุหนึ่งทำให้ผลผลิตลดลง (กรมการข้าว. 2549) อย่างไรก็ตามปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดจะมีระยะเวลาและศักยภาพในการย่อยสลายแตกต่างกัน จากการศึกษาของภาสินี สืบสวน (2562) เปรียบเทียบศักยภาพการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์ไนโตรเจน 3 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด ทำการบ่มดินในห้องปฏิบัติการเป็นระยะเวลา 120 วัน พบว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดปอเทืองทำให้ดินมีปริมาณการสะสมไนโตรเจนและมีศักยภาพการย่อยสลายไนโตรเจนได้สูงกว่าการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมัก ในขณะที่สุทธิ์เดชา ขุนทอง และคณะ (2562) ศึกษากระบวนการมิเนอไลเซชันจากชิ้นส่วนของปอเทืองต่ออินทรียวัตถุและอินทรีย์ไนโตรเจนในดินต่อช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยเมื่อพิจารณาการบ่มปอเทืองในดินจากชิ้นส่วนต่าง ๆ ของปอเทือง โดยรวมพบว่ากระบวนการมิเนอไลเซชันจากต้นปอเทือง 5,000 กก./ไร่ ที่ระยะเวลาการบ่ม 60 วัน จะเทียบเท่ากับการใช้ปุ๋ยยูเรีย 45.37 กก./ไร่ เมื่อนำปอเทืองมาใช้เป็นปุ๋ยพืชสดจะสามารถเพิ่มปริมาณของอินทรียวัตถุในดินได้ และเนื่องจากปอเทืองเป็นพืชในตระกูลถั่ว จึงปลดปล่อยไนโตรเจนในปริมาณสูง โดยปอเทืองที่มีน้ำหนักสดประมาณ 1,500 - 5,000 กก./ไร่ จะให้ธาตุไนโตรเจนประมาณ 8.7 ถึง 28.9 กก.N/ไร่ (สถานีพัฒนาที่ดินสุพรรณบุรี. 2559) เกษตรกรสามารถปลูกได้ง่าย และยังเก็บเมล็ดไว้ใช้ได้ ในการนำมาใช้เป็นปุ๋ยพืชสดจะนำต้นปอเทืองที่มีอายุ 45 - 60 วันหรือในระยะออกดอก ที่สำคัญมีรายงานว่าปอเทืองที่ระยะออกดอกมีปริมาณธาตุไนไตรเจนเป็นองค์ประกอบสูงถึง 3.66 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (สโรชา โพธิ์ไพจิตร์ และ นิตยา ผกามาศ. 2565)

สำหรับข้าวจาปอนิกาจะมีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงกว่าข้าวอินดิกา เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เพิ่มขึ้น การตอบสนองของผลผลิตข้าวก็จะเพิ่มขึ้น แต่หากใส่ปุ๋ยในอัตราที่มากเกินไปจะส่งผลเสียต่อข้าว อาจทำให้โรคและแมลงเข้าทำลายข้าวได้ง่ายขึ้น รวมทั้งทำให้ต้นข้าวล้มอีกด้วย (กรมการข้าว. 2549) โดย Fageria,N.K. et.al. (2011) กล่าวว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งและอัตราที่ถูกต้องเหมาะสมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนและผลผลิตของข้าวได้ จากงานวิจัยของวลัยพร แสนวงษ์ และคณะ (2538) ศึกษาหาอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.1 และพันธุ์ Todoriki wase โดยเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 0, 6, 12, 18, 24 และ 30 กก.N/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 12 กก.P/ไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 6 กก.K/ไร่ พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 18, 24 และ 30 กก.N/ไร่ แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับฤดูปลูกด้วย สิริพร พูลเต็ม และคณะ (2560) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0 อัตรา 75 กก./ไร่ ที่อายุ 20 วันหลังปลูก ตามด้วยปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 45 กก./ไร่ ที่ 70 วันหลังปลูก จะทำให้ข้าวจาปอนิกามีจำนวนเมล็ดดีต่อรวง จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง และผลผลิตต่อไร่ สูงกว่าการใส่ปุ๋ยแบบอื่น ๆ ซึ่งจากข้อมูลงานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น จึงจำเป็นต้องมีการจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสม

2.2.3 การจัดการ

ระยะปลูกและความหนาแน่นเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว ซึ่งการจัดการระยะปลูกข้าวให้เหมาะสมจะสามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึง 25 - 40% เมื่อเปรียบเทียบกับระยะปลูกที่ไม่เหมาะสม และจะช่วยให้ข้าวใช้ปัจจัยสำหรับการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยกรมการข้าว (2549) แนะนำให้ปลูกข้าวญี่ปุ่นด้วยระยะปักดำประมาณ 20 x 20 ซม. ซึ่งความหนาแน่นของข้าวต่อพื้นที่ปลูกจะส่งผลโดยตรงต่อการแตกกอของข้าว และการแตกกอของข้าวจะขึ้นกับจำนวนต้นต่อพื้นที่ โดยการปลูกข้าวที่มีระยะห่างที่เหมาะสมจะทำให้ข้าวมีการแตกกอได้ดีกว่าการปลูกในระยะแคบ (Krishna,A. et.al. 2009) และระยะการปลูกที่ห่างยังช่วยหลีกเลี่ยงอิทธิพลการบดบังของแสงระหว่างกอข้าว ช่วยให้ต้นข้าวได้รับแสงได้อย่างเต็มที่ (Mishra and Salokhe. 2011) เมื่อมีระยะปลูกและความหนาแน่นที่เหมาะสมแล้ว จะทำให้ข้าวได้รับแสงอย่างเพียงพอส่งผลให้มีการสะสมอาหารเพื่อนำไปใช้ในการสร้างรวงและเมล็ดที่สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังส่งผลทำให้ข้าวแตกกอดีและมีจำนวนรวงต่อกอสูง จึงส่งผลให้มีผลผลิตสูง (ประภาส วีระแพทย์. 2531)

ข้าวจาปอนิกามีอัตราการเจริญเติบโตทางลำต้นสูงกว่าข้าวชนิดอื่น ๆ ทำให้มีความสามารถในการแข่งขันกับวัชพืชได้ดี แต่ก็ยังจำเป็นที่ต้องควบคุมวัชพืชอยู่เพื่อช่วยลดการสูญเสียผลผลิตข้าวที่มีสาเหตุมาจากการแข่งขันกันกับวัชพืช ก่อนการใส่ปุ๋ยรองพื้นในการปลูกทุกครั้งต้องทำการสำรวจปริมาณของวัชพืชที่ขึ้นอยู่ก่อน ซึ่งหากมีวัชพืชจำนวนมากควรกำจัดวัชพืชทิ้งก่อนที่ทำการใส่ปุ๋ย เพราะปุ๋ยที่ใส่ไปอาจถูกวัชพืชดูดใช้ได้ เนื่องจากความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารของวัชพืชมีมากกว่าข้าว ซึ่งอาจทำให้ผลผลิตข้าวลดลงได้ (กรมการข้าว. 2549)

จากรายงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นชี้ให้เห็นว่าปัจจัยต่าง ๆ ล้วนมีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น โดยเฉพาะวันปลูกและการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน จึงควรมีการศึกษาข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มเติมเนื่องจากในระบบการผลิตข้าวญี่ปุ่นของไทยส่วนใหญ่อยู่ทางภาคเหนือในเขตพื้นที่อื่น ๆ มีข้อมูลการศึกษาน้อยมาก

2.3 แบบจำลองการเจริญเติบโตพืช (Crop simulation model)

แบบจำลองการเจริญเติบของพืช คือ แบบจำลองที่สามารถนำมาใช้ในการทำนายการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยสนับสนุนการตัดสินใจ เนื่องจากสามารถจำลองสถานการณ์การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชภายใต้ปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงระบบการเจริญเติบโต ระยะพัฒนาการตลอดจนการทำนายผลผลิตของพืช โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชมาใช้คำนวณในรูปของสมการต่อเนื่องทางคณิตศาสตร์ และจะแสดงผลลัพธ์ (output) ในรูปของตัวเลขโดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Penning de Vries,F.W.T. et.al. 1989) โดยโปรแกรม Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) หรือระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร เป็นโปรแกรมซอฟต์แวร์แอปพลิเคชันที่ปัจจุบันประกอบด้วยแบบจำลองการปลูกพืช 42 ชนิด (DSSAT version 4.8) (Hoogenboom,G. et.al. 2021) เช่น แบบจำลองการเจริญเติบโตถั่วลิสง (CSM-CROPGRO-peanut) แบบจำลองการเจริญเติบโตหญ้า (CSM-CROPGRO-PFM) แบบจำลองการเจริญเติบโตข้าว (CSM-CERES-Maize) รวมทั้งแบบจำลองการเจริญเติบโตข้าว (CSM-CERES-Rice) เป็นต้น ซึ่งแบบจำลองจะทำงานได้ต้องอาศัยข้อมูลตัวป้อน (input) 4 ชนิด ประกอบด้วย

1. ข้อมูลการจัดการ (Management data) ประกอบด้วย วันปลูก การใส่ปุ๋ย การให้น้ำ จำนวนประชากร และการจัดการอื่น ๆ

2. ข้อมูลดิน (Soil data) เป็นข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ประกอบด้วย สีของดิน ความสามารถในการระบายน้ำ ความหนาแน่นของดิน (bulk density) คุณลักษณะของเนื้อดิน (% sand, silt และ clay) ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และ CEC (Cation exchange capacity) ของดิน เป็นต้น

3. ข้อมูลอากาศ (Weather data) ประกอบด้วย ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ (เมกาจูล/ตร.ม./วัน) อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด (°C) ปริมาณน้ำฝน (มม.) ซึ่งเป็นข้อมูลรายวันที่เก็บรวบรวมบริเวณแปลงทดลอง หรือถ้าไม่มีสามารถนำข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ใกล้เคียงกับแหล่งปลูกมากที่สุดมาใช้ได้

4. ข้อมูลสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (Genetic coefficient; GCs) จะประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของระยะพัฒนาการ (Development coefficients) ซึ่งเป็นตัวแปรที่กำหนดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืช เช่น การออกดอก การสุกแก่ทางสรีรวิทยา เป็นต้น และค่าสัมประสิทธิ์ของการเจริญเติบโต (Growth coefficients) ที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณหรือการสร้างผลผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ในการผลิตข้าว

แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ได้รับการพัฒนาในขั้นต้นโดยทีมนักวิทยาศาสตร์สหวิทยาการจากมหาวิทยาลัยแห่งรัฐมิชิแกน (MSU) ศูนย์พัฒนาปุ๋ยนานาชาติ (IFDC) และมหาวิทยาลัยฮาวาย (Hoogenboom,G. et.al. 2021) ซึ่งในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้แบบจำลองข้าวทางด้านการเกษตรที่หลากหลาย เช่น ศึกษาอิทธิพลของสภาพอากาศ โดย Islam and Hasan (2021) ประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ของข้าวไร่ภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกันจำนวน 5 สายพันธุ์ พบว่าในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน (28, 30 และ 32 °C) ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการแสดงออกของข้าวไร่ทั้ง 5 สายพันธุ์ ซึ่งให้ผลผลิตเมล็ด น้ำหนักสูงสุด ดัชนีการเก็บเกี่ยว วันออกดอกและวันสุกแก่ในเวลาเดียวกัน ส่วนลักษณะของระยะพัฒนาการทั้งหมดมีความแปรผันอย่างมากในแต่ละพันธุ์ ผลของแบบจำลองระบุว่าการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่มีอยู่ในแบบจำลองสามารถจำลองผลได้ดี แสดงให้เห็นว่าสามารถนำแบบจำลองพืชมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยสำหรับการตรวจสอบ การจัดการฟาร์ม หรือการตัดสินใจในการปลูกพืชต่อไปในอนาคต ในขณะที่ Hossain,M.B. et.al. (2021) ประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่สูงขึ้นต่อผลผลิตและความต้องการน้ำของข้าวพันธุ์ BRRI dhan28 ในพื้นที่บังคลาเทศ 15 แห่งที่แตกต่างกัน พบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลต่ออายุข้าวและผลผลิต ทำให้ระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าวมีอายุสั้นลง และทำให้ข้าวมีความต้องการน้ำที่ลดลง ผลของแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าสามารถนำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ Zhou,Z. et.al. (2021) ได้ศึกษาผลกระทบแนวโน้มของอุณหภูมิและความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ต่อผลผลิตข้าวจาปอนิกาภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในอนาคตของประเทศจีนโดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ร่วมกับ Three general circulation model (GCMs) พบว่าแนวโน้มของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีผลกระทบที่สำคัญที่สุดต่อการเจริญเติบโต ทำให้ระยะพัฒนาการและการเติมเมล็ดของข้าวสั้นลง ซึ่งอาจส่งผลให้ข้าวมีผลผลิตลดลง ในขณะที่ CO_2 มีปริมาณมากขึ้นจะมีแนวโน้มที่เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมากขึ้น ส่วน Wu,Y. et.al. (2020) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ในระบบการผลิตข้าวอินดิกาและจาปอนิกา โดยมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาระบบของแบบจำลองข้าวที่สามารถกำหนดวันที่หว่าน ย้ายปลูก และสามารถกำหนดวิธีการปลูกในหลายพื้นปลูกที่ได้ ผลการศึกษาพบว่าการใช้แบบจำลองแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีประสิทธิภาพภายใต้การกำหนดสภาพอากาศ พันธุ์ และการจัดการที่แตกต่างกัน โดยระบบของแบบจำลองข้าวที่พัฒนาขึ้นใหม่สามารถใช้เป็นแนวทางในการผลิตข้าวที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลผลิต และมีประสิทธิภาพในการผลิตสูง

ด้านการจัดการปุ๋ย เช่น การศึกษาของ Prasad and Mailapalli (2018) ใช้โปรแกรม DSSAT โดยนำแบบจำลอง CSM-CERES-Rice มาประเมินรูปแบบการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อเพิ่มผลผลิตเมล็ด และประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในข้าว โดย ประเมินการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแบบเรขาคณิต เช่น แบบเส้น พาราโบลา และไซน์ เพื่อศึกษาหารูปแบบการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ดีที่สุด พบว่าการใส่ปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรเจนในรูปแบบพาราโบลาให้ผลดีที่สุด กล่าวได้ว่าการพัฒนารูปแบบการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในพื้นที่ที่ต้องการศึกษาสามารถใช้แบบจำลองพืชเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Sailaja,B. et.al. (2014) ประยุกต์ใช้แบบจำลองข้าวในการศึกษาระบบนิเวศชลประทานของข้าว 2 พันธุ์ AJAYA และ BPT 5204 และมีปัจจัยการใช้ไนโตรเจน 3 ระดับ (0, 100 และ 200 กก./เฮกตาร์) ที่ประเทศอินเดีย โดยผลของแบบจำลองตั้งแต่วันปลูกจนถึงวันเมล็ดงอก วันออกดอก วันสุกแก่ และผลผลิตของข้าว พบว่าแบบจำลองทำงานได้ดีที่ไนโตรเจนทั้ง 3 ระดับ และที่ระดับไนโตรเจน 200 กก./เฮกตาร์ เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าที่สังเกตได้มีค่าต่ำกว่า 10% (AJAYA - 1% & BPT 5204 - 9%) ประสิทธิภาพของแบบจำลองนี้ได้รับการประเมินโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ (R^2, D-index และ NOF) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้แบบจำลองในการทำนายการเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจในการจัดการภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันได้ต่อไปในอนาคต

จากรายงานวิจัยดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าแบบจำลอง CSM-CERES-Rice สามารถนำมาใช้ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลจากเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของข้าวได้ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้กับข้าวญี่ปุ่น เพราะหากแบบจำลองสามารถประเมินอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการให้ผลิตของข้าวญี่ปุ่นได้ดี จะเป็นประโยชน์ต่อแนวทางการวางแผนการผลิตข้าวญี่ปุ่นในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สถานที่ทำการทดลอง

3.1.1 โรงเรือนทดลองภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.1.2 ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2 ระยะเวลาทำการทดลอง

3.2.1 การศึกษาส่วนที่ 1 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น ดำเนินการทดลองระหว่างเดือน มีนาคม 2565 - มีนาคม 2566

3.2.2 การศึกษาส่วนที่ 2 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice เพื่อประเมินอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวญี่ปุ่น ดำเนินการระหว่างเดือน มีนาคม - พฤษภาคม 2566

3.3 วิธีการดำเนินการ

การศึกษานี้ประกอบด้วย 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 เป็นการศึกษาอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น และส่วนที่ 2 เป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CERES Rice เพื่อประเมินอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวญี่ปุ่น โดยมีการนำข้อมูลของแปลงทดลองจริงจากการศึกษาส่วนที่ 1 ป้อนเข้าสู่แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชเพื่อใช้ประเมินอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 การศึกษาส่วนที่ 1 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น

การวางแผนการทดลอง

งานทดลองนี้ใช้ข้าวพันธุ์ ก.วก.1 ในการศึกษา โดยมีการจัดสิ่งทดลองแบบ 2x4 Factorial experiment in CRD จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยที่ใช้ในการทดลองมี 2 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัยที่ 1 คือ วันปลูก ได้แก่

1. วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)
2. วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)

ปัจจัยที่ 2 คือ แหล่งของปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่

1. ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)
2. ใส่ปุ๋ยปอเทือง อัตรา 24 กก.N/ไร่
3. ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 24 กก.N/ไร่
4. ใส่ปุ๋ยปอเทือง อัตรา 12 กก.N/ไร่ + ปุ๋ยเคมีอัตรา 12 กก.N/ไร่

การเตรียมดิน

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกเพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย คุณลักษณะของเนื้อดิน (% sand, silt และ clay) ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter : OM) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) วิเคราะห์สภาพการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical conductivity : EC) วิเคราะห์คาร์บอน (C) และไนโตรเจน (N) ทั้งหมด ด้วยวิธี dry combustion โดยเครื่อง CNS Analyzer (LECO Corporation, 2016) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) โดยใช้น้ำยาสกัด Bray II โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer วิเคราะห์โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K, Ca และ Mg) วิเคราะห์เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn) และทองแดง (Cu) ที่สกัดได้ (Excretable Fe, Zn และ Mn และ Cu) ด้วยวิธี Wet oxidation โดยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission spectroscopy (ICP-OES) จากนั้นเตรียมดินที่ใช้ปลูกโดยการนำมาผึ่งลมทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ โดยระหว่างนั้นทำการพลิกดินด้านบนและล่างสลับกันเพื่อให้ดินมีความแห้งสม่ำเสมอ แล้วทำการย่อยดินให้ละเอียด และนำมาใส่ในกระถางซีเมนต์ที่มีขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 30 x 100 x 30 ซม.

การหมักปอเทือง

ทำการหมักปุ๋ยปอเทืองในกรรมวิธีที่ 2 และ 4 เป็นระยะเวลา 14 วัน โดยใช้ปอเทืองที่มีอายุเก็บเกี่ยวอายุ 50 วัน หรือในระยะออกดอก นำมาผึ่งให้แห้ง และย่อยมวลชีวภาพใส่ลงในกระถางตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราที่แต่ละกรรมวิธีกำหนดไว้ โดยปอเทืองมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) 3.38% ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) 2.52% และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K) 22.82% นำปริมาณปอเทืองที่ได้จากการคำนวณมาใส่ลงกระถางที่ระดับความลึก 10 ซม. (สมพร ดำยศ. 2556) เมื่อครบระยะเวลาหมักจะทำการเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์ดูปริมาณไนโตรเจนก่อนปลูก ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินในแต่ละกระถางที่ระดับความลึก 0 - 15 ซม. เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในดินโดยการวิเคราะห์แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) โดยการใช้ดินสดนำมาสกัดด้วย 2*N* KCl แล้วนำไปกลั่น (Kjeldhal distillation) (จำเป็น อ่อนทอง และ จักรกฤษณ์ พูนภักดี. 2565)

การปลูกและการดูแลรักษา

ทำการเพาะเมล็ดข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.1 โดยนำเมล็ดมาแช่น้ำไว้ 1 คืน แล้วนำไปผึ่งในที่ร่มเพื่อบ่มเป็นระยะเวลา 3 วัน จากนั้นนำมาเพาะในกระถางเป็นเวลา 25 วัน ทำการย้ายต้นกล้าปักดำลงในกระถางที่เตรียมดินไว้ โดยแต่ละกระถางจะปักกล้าข้าวจำนวน 4 กอต่อกระถาง (กอละ 3 ต้น) มีการใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่กำหนด ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (N) ตามกรรมวิธีที่กำหนด ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (Control) กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยปอเทือง ในอัตรา 24 กก.N/ไร่ โดยก่อนปลูกข้าวทำการหมักปอเทืองทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 14 วัน กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 24 กก.N/ไร่ ซึ่งจะแบ่งใส่สองครั้งในอัตราที่เท่ากันเมื่อข้าวมีอายุที่ 20 และ 40 วันหลังปัก และกรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยปอเทือง ในอัตรา 12 กก.N/ไร่ โดยก่อนปลูกข้าวหมักปอเทืองทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 14 วัน จากนั้นใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) ในอัตรา 12 กก.N/ไร่ ซึ่งกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนทำการแบ่งใส่สองครั้งเมื่อข้าวมีอายุที่ 20 และ 40 วันหลังปักดำ เมื่อทำการปักดำแล้วเติมน้ำให้อยู่ที่ประมาณ 10 ซม. และรักษาระดับน้ำให้คงที่ จนกระทั่งถึงระยะก่อนการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์

การเก็บบันทึกข้อมูล

โดยทำการเก็บบันทึกข้อมูล 3 ส่วน ประกอบด้วย 1) ข้อมูลสภาพอากาศ 2) ข้อมูลระยะพัฒนาการ และ 3) ข้อมูลการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน และการดูดใช้ไนโตรเจน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ข้อมูลสภาพอากาศ โดยนำข้อมูลสภาพอากาศมาจาก The Prediction of Worldwide Energy Resources (POWER) project (NASA Langley Research Center 2022) ประกอบด้วยข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลค่ารังสีดวงอาทิตย์ และข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายวันโดยนำข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดมาคำนวณหาค่าอุณหภูมิสะสม (Growing degree day: GDD) โดยคำนวณได้จากสมการของ Russelle,M.P. et.al. (1984) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$GDD = \left[\frac{(T_{max}+T_{min})}{2}\right] - T_{base}$$

โดย T_{max} = อุณหภูมิสูงสุดประจำวัน (°C)

T_{min} = อุณหภูมิต่ำสุดประจำวัน (°C)

T_{base} = อุณหภูมิต่ำสุดที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ (°C)

(T_{base} ของข้าวญี่ปุ่น = 10 °C)

2) ระยะพัฒนาการ (Phenology) ทำการเก็บบันทึกข้อมูลวันที่มีระยะพัฒนาการของข้าวญี่ปุ่น โดยบันทึกข้อมูลวันเมื่อถึงแต่ละระยะพัฒนาการเกิน 50% ของจำนวนประชากรทั้งหมด ประกอบด้วย วันกำเนิดช่อรวง (Panicle initiation date) วันออกดอก (Anthesis date) และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity date)

3) การเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน และการดูดใช้ไนโตรเจน

สุ่มเก็บตัวอย่างข้าวจำนวน 3 ครั้ง ได้แก่ 1) ระยะแตกกอสูงสุด 2) ระยะออกดอก และระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา โดยการสุ่มตัวอย่างครั้งที่ 1-2 จะสุ่มเก็บกระถางละ 1 กอ ทำการเก็บบันทึกข้อมูลจำนวนหน่อต่อกอ วัดความสูงต้น จากนั้นนำตัวอย่างที่เก็บมาล้างทำความสะอาด แล้วทำการแยกส่วนของต้น และใบ ชั่งน้ำหนักสด นำใบข้าวที่แยกไว้ไปวัดพื้นที่ใบ (Leaf area; LA) โดยใช้เครื่องวัดพื้นที่ใบแบบตั้งโต๊ะ (รุ่น Li-3100 ยี่ห้อ Licor) เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index; LAI) และพื้นที่ใบเฉพาะ (Specific leaf area; SLA) แล้วนำตัวอย่างที่แยกไว้แล้วทั้งหมดไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 - 65 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่ จากนั้นนำออกจากตู้อบเพื่อชั่งน้ำหนักแห้ง จากนั้นคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตในแต่ละระยะ และในการเก็บตัวอย่างที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาทำการเก็บบันทึกข้อมูลเหมือนกับการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2 และเก็บบันทึกข้อมูลน้ำหนักของเมล็ด จากนั้นนำเมล็ดไปแยกหา น้ำหนักเมล็ดดี และน้ำหนักเมล็ดเสีย เพื่อใช้คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดดีและเมล็ดลีบ ทำการสุ่มเมล็ดดีเพื่อนำไปคำนวณหาน้ำหนัก 1,000 เมล็ด จากนั้นคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต (Crop growth rate; CGR) และค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvest index; HI) โดยสูตรการคำนวณหาผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต มีดังนี้

การคำนวณหาดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index; LAI) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{Leaf area index} = \frac{LA}{GA}$$

เมื่อ LA = พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)

GA = พื้นที่ดิน (ตร.ซม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาพื้นที่ใบเฉพาะ (Specific leaf area; SLA) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{Specific leaf area} = \frac{LA}{LW}$$

เมื่อ LA = พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)
LW = น้ำหนักแห้งใบ (กรัม)

การคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต (Crop growth rate; CGR) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{Crop growth rate} = \frac{1}{GA} \times \left[\frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1}\right]$$

เมื่อ GA = พื้นที่ดิน (ตร.ม)
W1 = น้ำหนักแห้งทั้งหมดที่ระยะเวลา T1 (กรัม)
W2 = น้ำหนักแห้งทั้งหมดที่ระยะเวลา T2 (กรัม)
T1 = ระยะเวลาการวัดน้ำหนักแห้งทั้งหมดครั้งที่ 1 (วัน)
T2 = ระยะเวลาการวัดน้ำหนักแห้งทั้งหมดครั้งที่ 2 (วัน)

การคำนวณหาดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvest index; HI) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{Harvest Index} = \frac{\text{Economic yield}}{\text{Biological yield}}$$

เมื่อ Economic yield = น้ำหนักเมล็ดดี
Biological yield = น้ำหนักแห้งรวมส่วนเหนือดิน

โดยในการสุ่มเก็บตัวอย่างที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาจะนำตัวอย่างที่อบแล้วของต้นและใบมาบดรวมกัน และตัวอย่างเมล็ดมาบดให้ละเอียด แล้วนำมากรองผ่านตะแกรง (Sieve) ขนาด 2 มม. นำไปวิเคราะห์หาไนโตรเจนทั้งหมดในต้นพืชและเมล็ด ด้วยวิธี Kjeldahl method (Bryson and Mills. 2015) เพื่อใช้คำนวณหาประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (Nitrogen use efficiency; NUE) และการดูดใช้ไนโตรเจน (N-uptake) ซึ่งสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน และการดูดใช้ไนโตรเจนได้จากสูตร (Dobermann 2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (Nitrogen use efficiency; NUE) คำนวณได้จากสูตร

$$NUE = \frac{\text{ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)}}{\text{ปริมาณไนโตรเจนที่ใส่ (กก./ไร่)}}$$

การคำนวณหาการดูดใช้ไนโตรเจน (N-uptake) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{N-uptake} = \frac{\left(\text{ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)} \times \text{ปริมาณไนโตรเจนในต้นพืช (\%)}\right)}{100}$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลด้านการเจริญเติบโต ผลผลิต ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน และการดูดใช้ไนโตรเจนที่เก็บบันทึกได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธีโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้ โปรแกรม M-STATC ของ Michigan State University (Bricker 1989)

3.3.2 การศึกษาส่วนที่ 2 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ประเมินอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวญี่ปุ่น

การเตรียมข้อมูลตัวป้อน

นำข้อมูลตัวป้อนเข้าแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว ดังนี้

1) ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (Genetic coefficient; GCs) ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมข้าวญี่ปุ่นที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ ข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.1 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมอยู่ในแบบจำลอง โดยข้อมูลเฉพาะพันธุ์ข้าวนี้ได้อธิบายไว้ในไฟล์สัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม RICER047.CUL ของแบบจำลอง CSM-CERES-Rice (Hoogenboom,G. et.al. 2021)

2) ข้อมูลดิน (xxxx.SOL) ข้อมูลดินที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือข้อมูลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างดินก่อนการปลูกจากการศึกษาส่วนที่ 1 โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์คุณสมบัติดินจากห้องปฏิบัติการ เช่น ความเป็นกรด-ด่างของดิน เนื้อดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ และไนโตรเจนทั้งหมดในดิน

3) ข้อมูลภูมิอากาศรายวัน (xxxxXXXX.WTH) เก็บบันทึกข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด (°C) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันในการศึกษาส่วนที่ 1 ตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยใช้ข้อมูลย้อนหลังจาก The Prediction of Worldwide Energy Resources (POWER) project (NASA Langley

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Center 2022) และข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ (MJ/m²/day) คำนวณได้จากการใช้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดโดยคำนวณจากการปรับค่าของ Phakamas,N. et.al. (2013) ในโปรแกรม weather data

4) ข้อมูลการจัดการ (xxxxXXXX.RIX) ข้อมูลการจัดการประกอบด้วยวันที่ปลูก วิธีการปลูก ระยะปลูก จำนวนประชากร การใส่ปุ๋ย การให้น้ำ การจัดการอินทรียวัตถุ โดยใช้ข้อมูลเหมือนกันกับการศึกษาในส่วนที่ 1 เช่น การใส่ปุ๋ยจากแหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกัน โดยมีการใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยปอเทือง และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยปอเทือง เป็นต้น

การประเมินความสอดคล้องของผลผลิตข้าวญี่ปุ่นระหว่างค่าสังเกตกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง

นำข้อมูลทั้ง 4 ชนิด ที่กล่าวไว้ข้างต้นป้อนเข้าสู่แบบจำลอง CSM-CERES-Rice เพื่อให้แบบจำลองทำการประเมินข้อมูลการเจริญเติบโต ระยะพัฒนาการ และผลผลิต โดยใช้ข้อมูลวันปลูกและการจัดการที่เหมือนกันกับการศึกษาส่วนที่ 1 ทำการจดบันทึกข้อมูลดังต่อไปนี้ วันกำเนิดช่อรวง (Panicle initiation date) วันออกดอก (Anthesis date) วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity date) จำนวนหน่อต่อตารางเมตร (Tiller number) ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index) พื้นที่ใบเฉพาะ (Specific leaf area) น้ำหนักแห้งทั้งหมด (Tops dry weight) น้ำหนักเมล็ด (Grain weight) ดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvest index) และเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ด (Nitrogen in grain)

จากนั้นวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตจากแปลงทดลองจริง และค่าที่ได้จากแบบจำลอง โดยพิจารณาจากค่า Normalized root mean square error (RMSEn) โดยหากค่า RMSEn น้อยกว่า 10% แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ดีมาก เมื่อค่าอยู่ระหว่าง 10 - 20% แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ดี เมื่อค่าอยู่ระหว่าง 20 - 30% แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ค่อนข้างดี และหากมีค่ามากกว่า 30% แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี (Rinaldi,M. et.al. 2003) ซึ่งมีสูตรในการคำนวณดังนี้

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

เมื่อ n = จำนวนของค่าสังเกต

S_i = ค่าที่ได้จากการจำลองของการวัดครั้งที่ i

O_i = ค่าที่ได้จากการสังเกตของการวัดครั้งที่ i

$$\mathrm{RMSE}n = \frac{(\mathrm{RMSE} \times 100)}{\bar{O}}$$

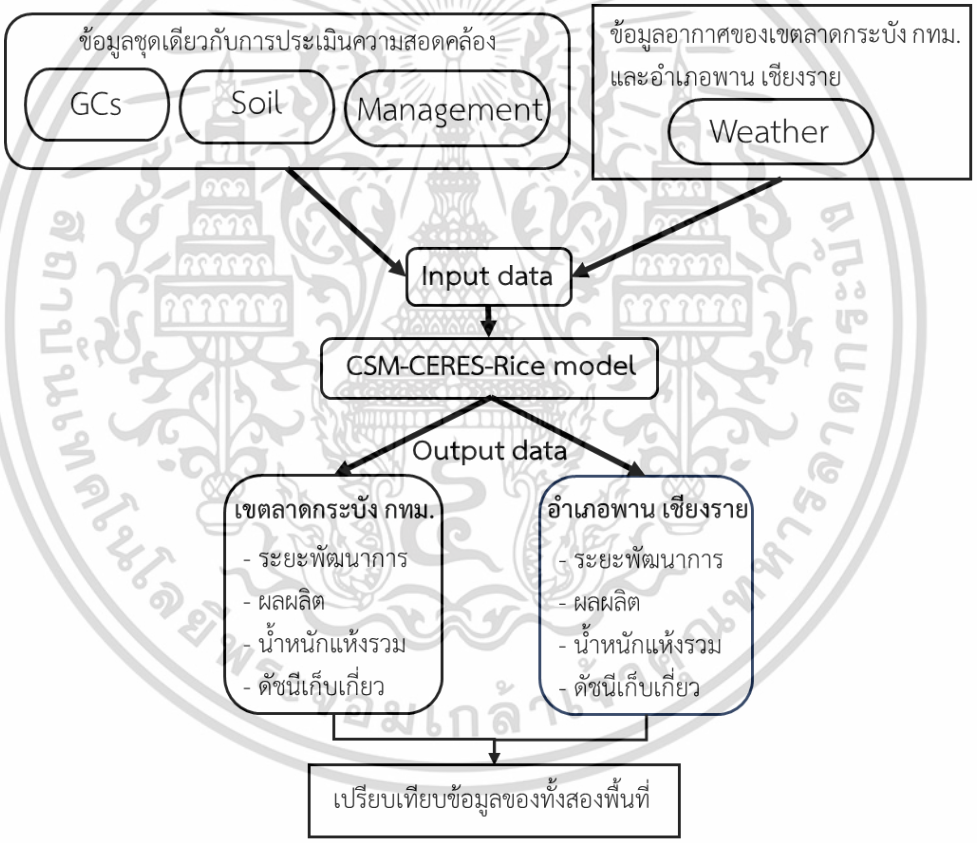
เมื่อ RMSE = ค่า Root mean square error

$\bar{O}$ = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำนายผลผลิตในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

นำข้อมูลตัวป้อนชุดเดียวกับที่ใช้ประเมินความสอดคล้องของผลผลิตข้าวญี่ปุ่นระหว่างค่าสังเกตกับค่าจากแบบจำลอง แต่จะเปลี่ยนไปใช้ข้อมูลอากาศของอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย มาทำนายวันกำเนิดช่อรวง (Panicle initiation date) วันออกดอก (Anthesis date) วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity date) น้ำหนักแห้งรวม ผลผลิต และดัชนีเก็บเกี่ยว เนื่องจากในพื้นที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย เป็นแหล่งปลูกที่สำคัญ และยังเป็นพื้นที่แนะนำที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวญี่ปุ่น (กรมการข้าว. 2564) จึงเลือกทำการทำนายผลผลิตระหว่างเขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย เพื่อดูอิทธิพลของสภาพอากาศที่แตกต่างกันของทั้งสองพื้นที่ปลูก



ภาพที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการทำนายผลผลิตในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

การประเมินหาวันปลูกและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อผลผลิตข้าวญี่ปุ่น

นำเข้าข้อมูลชุดเดียวกับที่ใช้ในการประเมินความสอดคล้องของผลผลิตข้าวญี่ปุ่นระหว่างค่าสังเกตกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง เข้าสู่แบบจำลอง CSM-CERES-Rice เพื่อประเมินหาวันปลูกและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสม ตามขั้นตอนต่อไปนี้

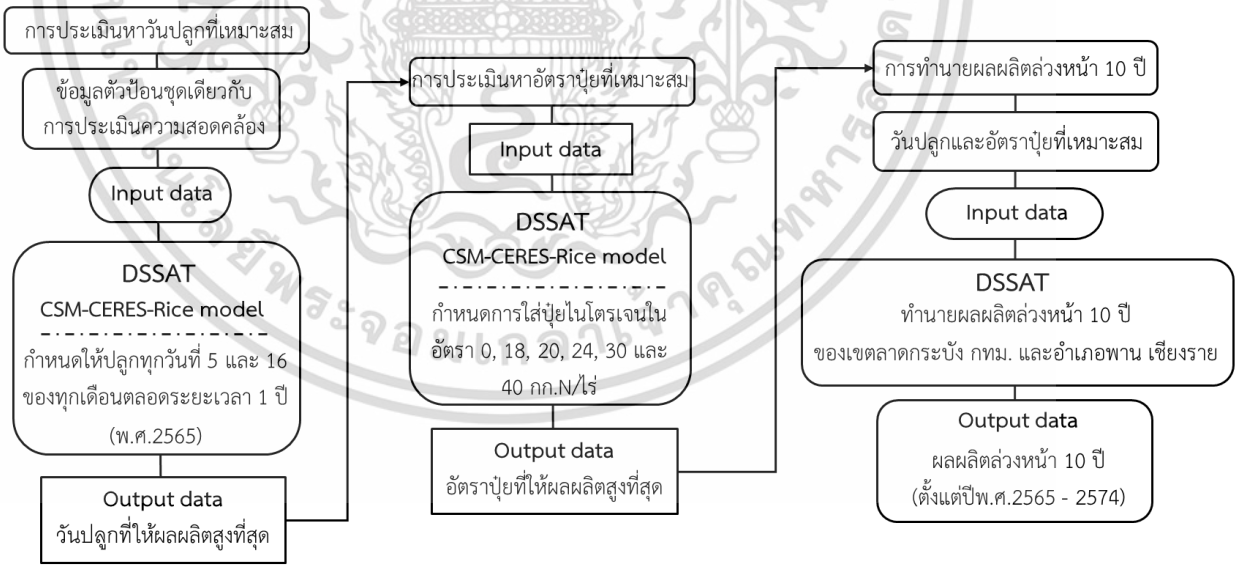
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) เปลี่ยนแปลงข้อมูลวันปลูก โดยกำหนดให้ปลูกวันที่ 5 และ 16 ของแต่ละเดือนตลอดระยะเวลา 1 ปี (มกราคม - ธันวาคม 65) เพื่อหาวันปลูกที่ทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงที่สุด

2) เมื่อได้วันปลูกที่เหมาะสมแล้ว นำมาศึกษาหาอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสม โดยกำหนดการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 0, 18, 20, 24, 30 และ 40 กก.N/ไร่ เพื่อหาอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงที่สุด

การทำนายผลผลิตข้าวญี่ปุ่นล่วงหน้า 10 ปี (พ.ศ. 2565 - 2574)

นำเข้าข้อมูลชุดที่ได้จากการประเมินหาวันปลูกและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อผลผลิตข้าวญี่ปุ่นมาทำนายผลผลิตล่วงหน้า 10 ปี ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2565 - 2574 โดยนำข้อมูลไฟล์อากาศล่วงหน้าที่ได้จาก SEACLID / CORDEX Southeast Asia output for DSSAT Models (Ramkhamhaeng University, Center of Regional Climate Change ana Renewable Energy [RU-CORE] 2018) โดยใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจำลองแบบ RCP4.5 แสดงผลการคาดประมาณการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเปรียบเทียบกับช่วงปีฐาน โดยแสดงผลค่าตัวแปรภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณฝน อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน ในรูปแบบกริดขนาด 25 x 25 กิโลเมตร จากนั้นทำนายผลผลิตข้าวญี่ปุ่นล่วงหน้า 10 ปี ทั้งในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย เพื่อดูแนวโน้มผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นในอีก 10 ปีข้างหน้า



ภาพที่ 3.2 แผนผังขั้นตอนการประเมินหาวันปลูกและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมและต่อผลผลิตข้าวญี่ปุ่น และการทำนายผลผลิตล่วงหน้า 10 ปี (พ.ศ. 2565 - 2574)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 การศึกษาส่วนที่ 1 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกทั้งสองวันปลูก

ตัวอย่างดินก่อนปลูกเมื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ พบว่าดินที่ใช้ปลูกข้าวของวันปลูกที่ 1 เป็นดินเหนียว มีค่า pH 4.04 (กรดรุนแรงมาก) ดินมีสภาพการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.41 mS/cm มีอินทรียวัตถุในดินเท่ากับ 3.53% ปริมาณคาร์บอน (C) ไนโตรเจน (N) และซัลเฟอร์ (S) ของทั้งสองวันปลูกเท่ากับ 2.44, 0.16 และ 0.47% ตามลำดับ มีปริมาณฟอสฟอรัส (P) ที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 7.77 มก./กก. ปริมาณของโพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) ที่แลกเปลี่ยนได้ของดินเท่ากับ 137.82, 2,029.59, 345.10 และ 163.24 มก./กก. ตามลำดับ และมีปริมาณของเหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) แมงกะนีส (Mn) และทองแดง (Cu) ที่สกัดได้เท่ากับ 134.95, 0.85, 6.19 และ 0.78 มก./กก. ตามลำดับ

ส่วนตัวอย่างดินก่อนปลูกของวันปลูกที่ 2 เมื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ พบว่าดินที่ใช้เป็นดินเหนียวเหมือนกับวันปลูกที่ 1 โดยวันปลูกที่ 2 มีค่า pH 4.32 (กรดรุนแรงมาก) ดินมีสภาพการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.15 mS/cm มีอินทรียวัตถุในดินเท่ากับ 3.10% ปริมาณคาร์บอน (C) ไนโตรเจน (N) และซัลเฟอร์ (S) เท่ากับ 2.23, 0.11 และ 0.12% ตามลำดับ มีปริมาณฟอสฟอรัส (P) ที่เป็นประโยชน์ทั้งสองวันปลูกเท่ากับ 5.97 มก./กก. ปริมาณของโพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) ที่แลกเปลี่ยนได้ของดินเท่ากับ 118.10, 2,175.44, 374.62 และ 150.09 มก./กก. ตามลำดับ และมีปริมาณของเหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) แมงกะนีส (Mn) และทองแดง (Cu) ที่สกัดได้เท่ากับ 81.35, 1.76, 11.35 และ 1.04 มก./กก. ตามลำดับ (**ตารางที่ 4.1**)

4.1.2 ปริมาณแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ในดินหลังหมักปอเทือง

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณแอมโมเนียมไอออนที่ได้จากกรรมวิธีที่มีการหมักปอเทืองเป็นระยะเวลา 14 วัน พบว่าการหมักปอเทืองทั้งสองครั้ง ผลการวิเคราะห์ดินของกรรมวิธีที่ใส่ปอเทือง 100% (710 กก.แห้ง/ไร่) มีปริมาณแอมโมเนียมไอออนสูงกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปอเทือง 50% (355 กก.แห้ง/ไร่) โดยการหมักครั้งที่ 1 (3 เม.ย. - 16 เม.ย. 65) มีค่าเท่ากับ 848.59 และ 211.13 มก./กก. ตามลำดับ ส่วนในครั้งที่ 2 (22 พ.ย. - 5 ธ.ค. 65) มีค่าเท่ากับ 296.99 และ 267.19 มก./กก. ตามลำดับ โดยปอเทืองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 3.38 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าการใส่ปอเทือง 100% ของวันปลูกที่ 1 และวันปลูกที่ 2 มีการย่อยสลายไนโตรเจนได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์มีกระบวนการปลดปล่อยอย่างช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ๆ ต่างจากปุ๋ยเคมีที่มีอัตราการปลดปล่อยที่เร็วกว่าปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากปุ๋ยเคมีอยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดใช้ได้เลย แต่ปุ๋ยอินทรีย์อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ต้องมีกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์เพื่อที่จะปลดปล่อยธาตุอาหารให้อยู่ในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ที่พืชสามารถดูดใช้ได้ (อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2548) โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินอยู่ระหว่าง 25 - 35 ℃ (Terry,R.E. et.al. 1981) ซึ่งในวันปลูกที่ 1 และ 2 อุณหภูมิเฉลี่ยช่วงวันที่หมักปอเทืองประมาณ 27.86 และ 27.04 ℃ ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ แต่ปริมาณแอมเนียมไอออนในการหมักปอเทือง 100% ของวันปลูกที่ 2 มีปริมาณที่ต่ำกว่าวันปลูกที่ 1 ค่อนข้างมาก โดยอาจมีสาเหตุมาจากความเป็นกรดด่างของดิน ซึ่งดินก่อนปลูกของวันปลูกที่ 2 มีค่า pH สูงกว่าของวันปลูกที่ 1 ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างของดินจะส่งผลต่อการสูญเสียไนโตรเจนไปในกระบวนการ Ammonia volatilization ซึ่งเป็นกระบวนการสูญเสียไนโตรเจนจาก NH_4^+ เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของแก๊ส NH_3 ทำให้สูญเสียไปในอากาศโดยที่กระบวนการนี้เป็นสาเหตุส่วนใหญ่ที่ทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนในดินนาที่ปลูกข้าว (ชุติวัฒน์ วรรณสาย. 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกข้าวของทั้งสองวันปลูก

คุณสมบัติของดิน	วันปลูกที่ 1	วันปลูกที่ 2
Sand (%)	3.60	3.05
Silt (%)	28.96	33.13
Clay (%)	67.44	68.82
Texture	clay	clay
pH (1:1)	4.04	4.32
EC (mS/cm)	0.41	0.15
OM (%)	3.53	3.10
Total C (%)	2.44	2.23
Total N (%)	0.16	0.11
Total S (%)	0.47	0.12
Available P (mg/kg)	7.77	5.97
Exchangeable K (mg/kg)	137.82	118.10
Exchangeable Ca (mg/kg)	2,029.59	2,175.44
Exchangeable Mg (mg/kg)	345.10	374.62
Exchangeable Na (mg/kg)	163.24	150.09
Extractable Fe (mg/kg)	134.95	81.35
Extractable Zn (mg/kg)	0.85	1.76
Extractable Mn (mg/kg)	6.19	11.35
Extractable Cu (mg/kg)	0.78	1.04

* วิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ในดินหลังหมักปอเทือง 14 วัน

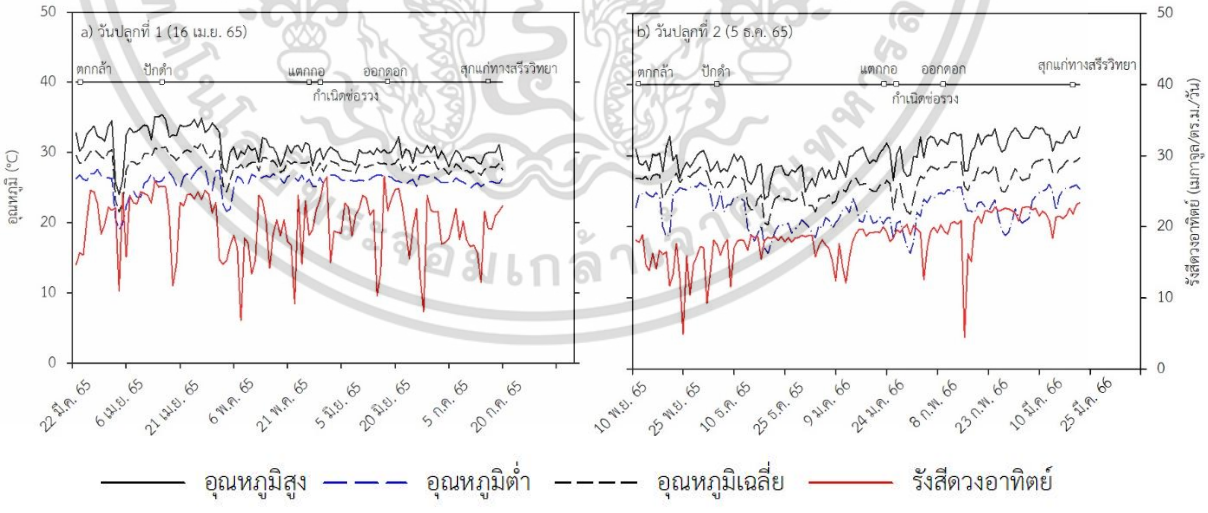
ครั้งที่	แอมโมเนียมไอออน (มก./กก.)	
	ปอเทือง 100% (710 กก.แห้ง/ไร่)	ปอเทือง 50% (355 กก.แห้ง/ไร่)
1 (3 เม.ย. - 16 เม.ย. 65)	848.59	211.13
2 (22 พ.ย. - 5 ธ.ค. 65)	296.99	267.19

* วิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 อุณหภูมิตลอดฤดูปลูก

ภาพที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกข้าวญี่ปุ่นในทั้งสองวันปลูก จาก**ภาพที่ 4.1a** อุณหภูมิตลอดช่วงอายุของข้าวในวันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65) พบว่ามีอุณหภูมิตลอดฤดูปลูกที่ค่อนข้างสูงเนื่องจากอยู่ในช่วงฤดูร้อน โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกประมาณ 25.8 ℃ และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกประมาณ 30.9 ℃ แต่พบว่าหลังจากปักดำ 19 วัน อุณหภูมิมีการลดลงอย่างกะทันหัน โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 21.6 และ 27.2 ℃ ตามลำดับ หลังจากนั้นอุณหภูมิมีความแปรปรวนน้อยลงจนกระทั่งเก็บเกี่ยว และในวันที่ 6, 7 และ 8 เดือนพฤษภาคม 2565 พบว่าค่าความเข้มแสงมีความแปรปรวนค่อนข้างมาก โดยมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เท่ากับ 16.4, 6.1 และ 17.8 เมกาจูล/ตร.ม./วัน ตามลำดับ และจาก**ภาพที่ 4.1b** แสดงข้อมูลอุณหภูมิของวันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65) เนื่องจากเป็นการปลูกในช่วงฤดูหนาว พบว่าอุณหภูมิอากาศของวันปลูกที่ 2 มีความแปรปรวนน้อยกว่าวันปลูกที่ 1 โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 22.2 ℃ และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 29.9 ℃ ซึ่งในช่วงหลังออกดอก (ระหว่างวันที่ 14 - 16 ก.พ. 66) พบว่าอุณหภูมิและความเข้มแสงค่อนข้างมีความแปรปรวน โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ระหว่าง 22.2 - 25.6 ℃ มีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ระหว่าง 27.9 - 33.0 ℃ และมีค่ารังสีดวงอาทิตย์อยู่ระหว่าง 4.5 - 20.9 เมกาจูล/ตร.ม./วัน จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าวันปลูกที่ 1 มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดฤดูปลูก (28.4 ℃) ซึ่งสูงกว่าวันปลูกที่ 2 (26.1 ℃) ประมาณ 2 ℃ และปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดฤดูปลูกของวันปลูกที่ 1 มีความแปรปรวนสูงกว่าวันปลูกที่ 2 อย่างเห็นได้ชัด



ภาพที่ 4.1 อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และรังสีดวงอาทิตย์ สำหรับ a) วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65) และ b) วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 อุณหภูมิสะสม (Growing degree days)

ตารางที่ 4.3 แสดงอุณหภูมิสะสมในช่วงระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก. 1 ทั้งสองวันปลูก พบว่าค่าอุณหภูมิสะสมตลอดฤดูปลูกของวันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65) มีค่าเท่ากับ 2,130.20 °C ซึ่งมีค่ามากกว่าวันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65) ที่มีค่าเท่ากับ 2,090.95 °C ซึ่งการศึกษานี้ได้มีการนำข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.1 มาปลูกในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ปกติจะมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่ภาคเหนือ และเนื่องจากข้าวญี่ปุ่นเป็นข้าวที่มีความไวต่ออุณหภูมิของอากาศ (Yoshida 1981) จึงอาจส่งผลทำให้ระยะพัฒนาการของข้าวในวันปลูกที่ 1 ที่เริ่มปลูกประมาณกลางเดือนเมษายน มีการสะสมอุณหภูมิความร้อนได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลทำให้มีการเปลี่ยนช่วงระยะพัฒนาการได้เร็วกว่าวันปลูกที่ 2 โดยวันปลูกที่ 1 มีอายุวันแตกกอสูงสุด วันกำเนิดช่อรวง วันออกดอก และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา สั้นกว่าของวันปลูกที่ 2 เท่ากับ 8, 9, 4 และ 14 วัน ตามลำดับ ซึ่งวันปลูกที่ 1 มีระยะพัฒนาเร็วกว่าวันปลูกที่ 2 ในทุกระยะการเจริญเติบโต จึงเป็นเหตุผลทำให้ข้าวมีอายุการเก็บเกี่ยวที่สั้นกว่า

ตารางที่ 4.3 อุณหภูมิสะสมในแต่ละระยะพัฒนาการของข้าวญี่ปุ่น

ระยะพัฒนาการ	วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)		วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)	
	อุณหภูมิสะสม (°C)	อายุ (วัน)	อุณหภูมิสะสม (°C)	อายุ (วัน)
วันแตกกอสูงสุด	1,235.50	66	1,128.65	74
วันกำเนิดช่อรวง	1,288.25	69	1,188.95	78
วันออกดอก	1,630.65	88	1,415.50	92
วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา	2,130.20	116	2,090.95	130

4.1.5 ระยะพัฒนาการ (Phenology)

ตารางที่ 4.4 แสดงช่วงอายุวันกำเนิดช่อรวง วันออกดอก และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวญี่ปุ่น โดยพบว่าในวันปลูกที่ 1 ข้าวมีอายุวันกำเนิดช่อรวง วันออกดอก และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา เท่ากับ 66, 88 และ 116 วัน ตามลำดับ ซึ่งสั้นกว่าวันปลูกที่ 2 ที่มีค่าเท่ากับ 74, 92 และ 130 วัน ตามลำดับ โดย Phopaijit,S. et al. (2022) ได้นำข้าวพันธุ์ก.วก.1 และ ก.วก.2 มาปลูกในสถานที่เดียวกัน (เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร) ในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน พบว่าข้าวมีอายุสุกแก่ทางสรีรวิทยาประมาณ 122 วัน ซึ่งมีอายุห่างจากวันปลูกที่ 1 (116 วัน) และ 2 (130 วัน) จำนวน 2 และ 8 วัน ตามลำดับ สิริพร พูลเต็ม และคณะ (2560) รายงานว่าหากนำข้าวญี่ปุ่นมาปลูกในพื้นที่จังหวัดนครปฐม ช่วงเดือนสิงหาคมถึงธันวาคม มีอายุเก็บเกี่ยวข้าวประมาณ 114 วัน ซึ่งใกล้เคียงกับวันปลูกที่ 1 (116 วัน) โดยมีอายุสุกแก่ทางสรีรวิทยาต่างกัน 2 วัน และมีอายุสุกแก่ทางสรีรวิทยาห่างจากวันปลูกที่ 2 (130 วัน) ถึง 16 วัน อาจเป็นเพราะช่วงวันปลูกที่แตกต่างกันส่งผลให้มีอายุวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่ต่างกันถึงแม้จะนำมาปลูกในพื้นที่ภาคกลางเช่นเดียวกันก็ตาม และวิชัย คำชมพู (2538) ได้รายงานว่าในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในเดือนพฤศจิกายน ธันวาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมกราคม จะทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงที่สุด รองลงมาคือ ข้าวที่ปลูกเดือนสิงหาคม และกันยายน มีอายุสุกแก่ทางสรีรวิทยาประมาณ 98-128 วัน ซึ่งแตกต่างกันตามเดือนปลูก จากรายงานข้างต้นจะเห็นได้ว่าพื้นที่ปลูกและช่วงเวลาปลูกที่ต่างกันส่งผลให้ข้าวมีอายุของระยะพัฒนาการที่ต่างกัน

ตารางที่ 4.4 ระยะพัฒนาการวันกำเนิดช่อรวง วันออกดอก และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวญี่ปุ่น

ระยะพัฒนาการ (วัน)	วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)	วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)
วันกำเนิดช่อรวง	66	74
วันออกดอก	88	92
วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา	116	130

4.1.6 การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น

ตารางที่ 4.5 แสดงอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าความสูงของข้าวที่ระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ข้าวมีค่าความสูงที่ระยะออกดอก และระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยวันปลูกที่ 2 ข้าวมีค่าความสูงที่ระยะออกดอก และระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา เท่ากับ 107.9 และ 109.1 ซม. ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าวันปลูกที่ 1 ที่มีค่าเท่ากับ 96.3 และ 103.8 ซม. ตามลำดับ

แหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้ข้าวมีความสูงที่ระยะออกดอก และระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยทุกชนิดมีผลทำให้ข้าวมีความสูงแตกต่างจากกรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ย แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยด้วยกันพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน โดยที่ระยะออกดอก และระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยปอเทืองมีค่าความสูงมากที่สุดเท่ากับ 105.7 และ 111.9 ซม. ตามลำดับ รองลงมาคือกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยปอเทืองร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 102.9 และ 106.6 ซม. ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีมีค่าเท่ากับ 104.5 และ 106.5 ซม. ตามลำดับ

ผลของการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกกับแหล่งของไนโตรเจนที่มีต่อความสูงของข้าว พบว่าข้าวมีการตอบสนองต่อแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนและวันปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในช่วงระยะแตกกอสูงสุด โดยในวันปลูกที่ 1 ข้าวมีการตอบสนองต่อกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยปอเทืองดีที่สุดมีค่าความสูงเท่ากับ 95 ซม. ส่วนในวันปลูกที่ 2 พบว่าข้าวมีการตอบสนองต่อกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีมากที่สุด (92.1 ซม.) แต่ก็ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีการควบคุม (91.0 ซม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อความสูงที่ระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น

กรรมวิธี	ความสูง (ซม.)[1/] ที่ระยะ		
	แตกกอสูงสุด	ออกดอก	สุกแก่ทางสรีรวิทยา
วันปลูก			
วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)	83.7	96.3[b]	103.8[b]
วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)	87.2	107.9[a]	109.1[a]
แหล่งของไนโตรเจน			
ไม่ใส่ปุ๋ย	83.5	95.2[b]	100.9[b]
ปุ๋ยปอเทือง	86.6	105.7[a]	111.9[a]
ปุ๋ยเคมี	87.4	104.5[a]	106.5[ab]
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	84.4	102.9[ab]	106.6[ab]
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน			
วันปลูกที่ 1 x ไม่ใส่ปุ๋ย	76.0[d]	87.5	97.0
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง	95.0[a]	102.0	112.8
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยเคมี	82.6[c]	97.3	101.3
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	81.3[c]	98.3	104.3
วันปลูกที่ 2 x ไม่ใส่ปุ๋ย	91.0[ab]	102.8	104.8
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง	78.1[cd]	109.4	111.0
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยเคมี	92.1[ab]	111.8	111.8
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	87.6[b]	107.5	109.0
F-test			
วันปลูก	ns	**	*
แหล่งของไนโตรเจน	ns	*	*
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน	*	ns	ns
C.V. (%)	10.92	7.38	6.29

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* และ ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อการแตกกอของข้าวที่ระยะแตกกอสูงสุด ระยะออกดอก และระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ข้าวมีการแตกกอแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ที่ทุกระยะของข้าว โดยวันปลูกที่ 2 ข้าวมีจำนวนหน่อต่อกอเท่ากับ 6.63, 9.50 และ 12.75 หน่อ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าวันปลูกที่ 1 ที่มีจำนวนหน่อต่อกอเท่ากับ 5.06, 4.81 และ 8.38 หน่อ ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจน พบว่าทั้งสามระยะพัฒนาการ ข้าวมีจำนวนหน่อต่อกอแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่ระยะแตกกอสูงสุด ระยะออกดอก และระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ข้าวมีจำนวนหน่อต่อกอสูงที่สุดเท่ากับ 6.63, 9.25 และ 11.00 หน่อ ตามลำดับ แต่ก็ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยปอเทืองที่มีค่าเท่ากับ 6.50, 7.63 และ 13.75 หน่อ ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีควบคุมมีจำนวนหน่อต่อกอน้อยที่สุด เท่ากับ 4.63, 5.25 และ 6.50 หน่อ ตามลำดับ

ผลของการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกกับแหล่งของไนโตรเจนที่มีต่อจำนวนหน่อต่อกอ พบว่าที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของทั้งสองวันปลูก ข้าวมีการตอบสนองต่อแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยวันปลูกที่ 2 มีการตอบสนองต่อกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยมากกว่าในวันปลูกที่ 1 โดยการใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยปอเทืองทำให้มีจำนวนหน่อต่อกอสูงที่สุดเท่ากับ 15.50 และ 14.75 หน่อ ตามลำดับ ซึ่งปุ๋ยไนโตรเจนมีส่วนสำคัญต่อการแตกกอของข้าว เนื่องจากมีบทบาทสำคัญในการแบ่งเซลล์ของข้าว (Yoshida 1981) และ กิตติพงศ์ ก่อการ และคณะ (2563) ได้ศึกษาอัตราปุ๋ยปอเทืองในอัตรา 0, 5, 10, 15 และ 20 กก.N/ไร่ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวอินดิกาพันธุ์ชัยนาท 1 พบว่าข้าวมีจำนวนหน่อต่อกอไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยปอเทืองในอัตรา 20 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีการแตกกอดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยปอเทืองในอัตราไนโตรเจนที่สูงขึ้นจะทำให้ข้าวมีการแตกกอดีขึ้น และเนื่องจากข้าวจาปอนิกามีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงกว่าข้าวอินดิกา เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เพิ่มขึ้น การตอบสนองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวก็จะเพิ่มขึ้น (กรมการข้าว. 2549) ซึ่งวลัยพร แสนวงษ์ และคณะ (2538) ได้รายงานว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 18, 24 และ 30 กก.N/ไร่ ข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ก.วก.1 และ Todoriki wase ข้าวมีการตอบสนองการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อจำนวนหน่อต่อกอที่ระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น

กรรมวิธี	จำนวนหน่อต่อกอ[1/] ที่ระยะ		
	แตกกอสูงสุด	ออกดอก	สุกแก่ทางสรีรวิทยา
วันปลูก			
วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)	5.06[b]	4.81[b]	8.38[b]
วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)	6.63[a]	9.50[a]	12.75[a]
แหล่งของไนโตรเจน			
ไม่ใส่ปุ๋ย	4.63[b]	5.25[c]	6.50[b]
ปุ๋ยปอเทือง	6.50[a]	7.63[ab]	13.75[a]
ปุ๋ยเคมี	6.63[a]	9.25[a]	11.00[a]
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	5.63[ab]	6.50[bc]	11.00[a]
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน			
วันปลูกที่ 1 x ไม่ใส่ปุ๋ย	3.50	3.50	5.25[f]
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง	6.75	5.25	12.75[b]
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยเคมี	5.50	6.50	6.50[e]
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	4.50	4.00	9.00[c]
วันปลูกที่ 2 x ไม่ใส่ปุ๋ย	5.75	7.00	7.75[d]
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง	6.25	10.00	14.75[a]
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยเคมี	7.75	12.00	15.50[a]
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	6.75	9.00	13.00[b]
F-test			
วันปลูก	**	**	**
แหล่งของไนโตรเจน	*	**	**
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน	ns	ns	*
C.V. (%)	24.39	19.92	19.99

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* และ ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น พบว่าที่ระยะเก็บเกี่ยวในทั้งสองวันปลูก ข้าวมีดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 1 ข้าวมีค่าดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 1.22 ซึ่งสูงกว่าวันปลูกที่ 2 ที่มีค่าเท่ากับ 0.41 เนื่องจากข้าวที่ปลูกในวันปลูกที่ 1 มีพื้นที่ใบมากกว่าวันปลูกที่ 2 ส่งผลให้มีค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงกว่า ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากข้าวที่ปลูกในวันปลูกที่ 1 มีระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (116 วัน) สั้นกว่าวันปลูกที่ 2 (130 วัน) จึงส่งผลให้มีพื้นที่ใบสูงกว่า เนื่องจากวันปลูกที่ 1 มีระยะพัฒนาการที่สั้นกว่าซึ่งเป็นผลจากอุณหภูมิที่ส่งผลให้ข้าวที่ปลูกในวันปลูกที่ 1 มีการเปลี่ยนระยะพัฒนาการไวกว่าเนื่องจากอุณหภูมิสูง อีกทั้งค่าดัชนีพื้นที่ใบของข้าวจะมีค่าสูงที่สุดในช่วงระยะ reproductive หลังจากนั้นจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งเก็บเกี่ยวเนื่องจากใบเกิดการเหลืองเหี่ยวแห้งและร่วงไปทำให้ค่าดัชนีพื้นที่ใบลดลงไปด้วย (เข็มพร เพชราภรณ์ และ อมรรัตน์ อินทร์มั่น. 2558) ทำให้ค่าดัชนีพื้นที่ใบของวันปลูกที่ 1 มีค่าสูงกว่าวันปลูกที่ 2

แหล่งปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้ข้าวมีค่าดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ทุกระยะพัฒนาการ โดยที่ระยะแตกกอสูงสุด และระยะออกดอกกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีจะทำให้ข้าวมีค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงที่สุด เท่ากับ 0.63 และ 0.92 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างจากกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยปอเทืองที่มีค่าเท่ากับ 0.57 และ 0.88 ตามลำดับ แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยปอเทืองจะให้ค่าดัชนีพื้นที่ใบที่สูงมากถึง 1.15 ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีค่าเท่ากับ 0.74

ผลของการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกกับแหล่งของไนโตรเจน พบว่าข้าวมีการตอบสนองต่อวันปลูกและการใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ แตกต่างกันที่ระยะแตกกอสูงสุด และระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาโดยข้าวมีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 1 สูงกว่าวันปลูกที่ 2 โดยเฉพาะเมื่อมีการใส่ปุ๋ยปอเทืองร่วมด้วยจะทำให้ข้าวมีการค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงตั้งแต่ระยะแตกกอสูงสุด (0.80) และมีค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงไปจนถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (1.82) เมื่อข้าวมีพื้นที่ใบสูงก็จะรับแสงได้มาก อีกทั้งข้าวจาปอนิกาเป็นข้าวที่มีการตั้งชัน และการเรียงตัวของใบที่ถูกควบคุมด้วยพันธุกรรม เมื่ออุณหภูมิต่ำลงจะชักนำให้ใบตั้งชันมีพื้นที่ในการรับแสงมากขึ้นส่งผลให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงที่มากขึ้น ทำให้ข้าวมีความสามารถในการสะสมของน้ำหนักแห้งได้สูงขึ้น อีกทั้งยังมีการจัดการระยะปลูกที่เหมาะสม และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนก็มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบเช่นกัน (เฉลิมพล แซมเพชร. 2535) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ กิตติพงศ์ ก่อการ และคณะ (2563) ที่ศึกษาอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองต่อข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ได้รายงานว่าการใส่ปุ๋ยปอเทืองในอัตราไนโตรเจนที่สูงขึ้นมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีค่าดัชนีพื้นที่ใบที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น

กรรมวิธี	ดัชนีพื้นที่ใบ[1/] ที่ระยะ		
	แตกกอสูงสุด	ออกดอก	สุกแก่ทางสรีรวิทยา
วันปลูก			
วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)	0.57	0.67	1.22[a]
วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)	0.50	0.78	0.41[b]
แหล่งของไนโตรเจน			
ไม่ใส่ปุ๋ย	0.40[b]	0.50[b]	0.56[b]
ปุ๋ยปอเทือง	0.57[a]	0.88[a]	1.15[a]
ปุ๋ยเคมี	0.63[a]	0.92[a]	0.74[b]
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	0.55[ab]	0.61[b]	0.81[b]
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน			
วันปลูกที่ 1 x ไม่ใส่ปุ๋ย	0.29[d]	0.37	0.78[d]
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง	0.80[a]	0.90	1.82[a]
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยเคมี	0.62[bc]	0.95	1.06[c]
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	0.59[bc]	0.45	1.22[b]
วันปลูกที่ 2 x ไม่ใส่ปุ๋ย	0.51[c]	0.63	0.33[f]
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง	0.35[d]	0.85	0.47[e]
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยเคมี	0.65[b]	0.88	0.42[ef]
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	0.51[c]	0.77	0.39[ef]
F-test			
วันปลูก	ns	ns	**
แหล่งของไนโตรเจน	*	**	**
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน	**	ns	**
C.V. (%)	29.51	24.85	22.61

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* และ ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าพื้นที่ใบเฉพาะที่ระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ข้าวมีค่าพื้นที่ใบเฉพาะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ที่ทุกระยะพัฒนาการ โดยวันปลูกที่ 1 ข้าวมีค่าพื้นที่ใบเฉพาะเท่ากับ 214.9, 166.2 และ 127.1 ตร.ซม./กรัม ที่ระยะแตกกอสูงสุด ออกดอก และสุกแก่ทางสรีรวิทยา ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงวันปลูกที่ 2 ที่มีค่าเท่ากับ 156.4, 140.5 และ 52.5 ตร.ซม./กรัม ตามลำดับ โดยผลการศึกษาไม่พบว่าแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้ข้าวมีค่าพื้นที่ใบเฉพาะแตกต่างกันทางสถิติ และไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกกับแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าพื้นที่ใบเฉพาะของข้าวที่ทุกระยะพัฒนาการ โดยค่าพื้นที่ใบเฉพาะเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความหนาของใบข้าว โดยค่าพื้นที่ใบเฉพาะมีความสัมพันธ์กับคลอโรฟิลล์ในใบพืชที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการสังเคราะห์แสง ซึ่งหากมีค่าพื้นที่ใบเฉพาะต่ำแสดงว่าใบหนาทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงขึ้นต่อหน่วยพื้นที่ (Arunyanark,A. et.al. 2008) ซึ่งจากการสังเกตค่าพื้นที่ใบเฉพาะของข้าวในวันปลูกที่ 2 มีค่าต่ำกว่าวันปลูกที่ 1 แสดงว่าใบมีความหนากว่าส่งผลความสามารถในการสังเคราะห์แสงของข้าวทั้งสองวันปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าพื้นที่ใบเฉพาะที่ระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น

กรรมวิธี	พื้นที่ใบเฉพาะ (ตร.ซม./กรัม)[1/] ที่ระยะ		
	แตกกอสูงสุด	ออกดอก	สุกแก่ทางสรีรวิทยา
วันปลูก			
วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)	214.9[a]	166.2[a]	127.1[a]
วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)	156.4[b]	140.5[b]	52.5[b]
แหล่งของไนโตรเจน			
ไม่ใส่ปุ๋ย	173.8	154.3	88.9
ปุ๋ยปอเทือง	198.8	156.9	92.6
ปุ๋ยเคมี	177.7	146.0	82.9
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	192.3	156.1	94.8
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน			
วันปลูกที่ 1 x ไม่ใส่ปุ๋ย	197.8	171.7	120.8
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง	237.5	166.0	133.5
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยเคมี	203.6	160.4	115.8
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	220.7	166.6	138.5
วันปลูกที่ 2 x ไม่ใส่ปุ๋ย	149.8	136.9	57.0
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง	160.1	147.6	51.8
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยเคมี	151.7	131.7	49.9
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	163.8	145.5	51.2
F-test			
วันปลูก	**	**	**
แหล่งของไนโตรเจน	ns	ns	ns
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน	ns	ns	ns
C.V. (%)	17.88	9.99	22.74

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าอัตราการเจริญเติบโต ที่ระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยในวันปลูกที่ 2 ข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะปักดำถึงแตกกอสูงสุด และระยะแตกกอสูงสุดถึงออกดอกเท่ากับ 1.06 และ 8.18 กรัม/ตร.ม./วัน ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าวันปลูกที่ 1 ที่มีค่าเท่ากับ 0.83 และ 2.81 กรัม/ตร.ม./วัน ตามลำดับ แต่เมื่อข้าวมีอายุเพิ่มขึ้นพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของวันปลูกที่ 2 ที่ระยะออกดอกถึงสุกแก่ทางสรีรวิทยามีค่าเท่ากับ 7.33 กรัม/ตร.ม./วัน ซึ่งต่ำกว่าวันปลูกที่ 1 ที่มีค่าเท่ากับ 9.34 กรัม/ตร.ม./วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากในวันปลูกที่ 1 ข้าวมีอายุสุกแก่ทางสรีรวิทยา (116 วัน) สั้นกว่าวันปลูกที่ 2 (130 วัน) จึงส่งผลให้วันปลูกที่ 1 ข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะออกดอกถึงสุกแก่ทางสรีรวิทยาสูงกว่าวันปลูกที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของแหล่งปุ๋ยไนโตรเจน พบว่าการใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ มีผลทำให้ข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระยะปักดำถึงแตกกอสูงสุด และระยะออกดอกถึงสุกแก่ทางสรีรวิทยา โดยการใส่ปุ๋ยปอเทืองและปุ๋ยเคมีจะทำให้ข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะปักดำถึงแตกกอสูงสุดสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 1.11 และ 1.13 กรัม/ตร.ม./วัน ตามลำดับ ในทำนองเดียวกันพบว่าที่ระยะออกดอกถึงสุกแก่ทางสรีรวิทยามีค่าเท่ากับ 10.73 และ 9.06 กรัม/ตร.ม./วัน ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธีการอื่น ๆ จากการสังเกตอาจเนื่องมาจากที่ระยะแตกกอสูงสุดข้าวมีดัชนีพื้นที่ใบสูง ทำให้มีพื้นที่ในการสังเคราะห์อาหารที่นำไปใช้ในการเจริญเติบโตมากขึ้น ส่งผลให้ข้าวมีค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงเช่นกัน จากรายงานของ Phopaijit,S. et.al. (2022) ได้ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยคอกมูลไก่ต่อข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ก.วก.1 และ ก.วก.2 โดยพบว่าตั้งแต่วันย้ายปลูกจนกระทั่งระยะเก็บเกี่ยว การใส่ชนิดปุ๋ยที่แตกต่างกันส่งผลอย่างมากต่อค่าอัตราการเจริญเติบโตของข้าวทั้งสองพันธุ์ ซึ่งข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ก.วก.1 ตอบสนองต่อกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีมากกว่าโดยให้อัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด และอาจกล่าวได้ว่าข้าวจาปอนิกามีการตอบสนองต่อชนิดของปุ๋ยที่แตกต่างกัน เช่นเดียวกันกับข้าวอินดิกาโดยจากการศึกษาของ สิรวิชญ์ จำปาเงิน และ นิตยา ผกามาศ (2563) ที่ได้ศึกษาอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยยูเรียต่อผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และปทุมธานี 80 พบว่าชนิดของปุ๋ยมีผลทำให้ข้าวมีค่าอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน โดยการใช้ปุ๋ยยูเรียมีค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด และช่วงอัตราการเจริญเติบโตในแต่ละระยะของข้าวยังส่งผลต่อผลผลิต จากการศึกษาของพรเพ็ญ สมจิตร์ และนิตยา ผกามาศ (2555) ได้ศึกษาผลของวันปลูกต่ออัตราการเจริญเติบโตในระยะการสืบพันธุ์และผลผลิตของข้าวอินดิกาที่ไม่ไวแสง พบว่าที่ระยะ 45 วันหลังปลูกจนถึงระยะเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 2 มีอัตราการเจริญเติบโตและจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตรสูงที่สุดในทั้งสองวันปลูก ส่งผลให้ข้าวมีผลผลิตสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกันกับงานทดลองในครั้งนี้ที่ปลูกข้าวจาปอนิกา (พันธุ์ก.วก.1) ซึ่งเป็นข้าวไม่ไวแสง โดยที่มีอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะออกดอกถึงระยะเก็บเกี่ยวสูงกว่าระยะอื่น โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยปอเทืองที่ให้ค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด และยังเป็นกรรมวิธีที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกกับแหล่งของไนโตรเจนที่มีต่อค่าอัตราการเจริญเติบโตของข้าวญี่ปุ่น พบว่าช่วงแรกของการเจริญเติบโตข้าวในวันปลูกที่ 2 จะมีการตอบสนองด้านอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าวันปลูกที่ 1 โดยเฉพาะเมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมี (1.38 กรัม/ตร.ม./วัน) ที่ระยะแตกกอสูงสุดถึงออกดอก พบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยปอเทืองร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ข้าวที่ปลูกในวันปลูกที่ 2 มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด (10.50 กรัม/ตร.ม./วัน) ส่วนช่วงระยะออกดอกถึงสุกแก่ทางสรีรวิทยากลับพบว่าข้าวที่ปลูกในวันปลูกที่ 1 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยปอเทืองทำให้ข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด (13.33 กรัม/ตร.ม./วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น

กรรมวิธี	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตร.ม./วัน)[1/] ที่ระยะ		
	ปักดำถึงแตกกอสูงสุด	แตกกอสูงสุดถึงออกดอก	ออกดอกถึงสุกแก่ทางสรีรวิทยา
วันปลูก			
วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)	0.83[b]	2.81[b]	9.34[a]
วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)	1.06[a]	8.18[a]	7.33[b]
แหล่งของไนโตรเจน			
ไม่ใส่ปุ๋ย	0.61[c]	4.65	4.65[c]
ปุ๋ยปอเทือง	1.11[a]	6.23	10.73[a]
ปุ๋ยเคมี	1.13[a]	5.15	9.06[ab]
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	0.93[b]	5.96	8.90[b]
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน			
วันปลูกที่ 1 x ไม่ใส่ปุ๋ย	0.45[f]	1.45[f]	5.30[d]
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง	1.13[b]	3.38[e]	13.33[a]
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยเคมี	0.88[d]	5.00[d]	8.00[c]
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	0.85[de]	1.43[f]	10.75[b]
วันปลูกที่ 2 x ไม่ใส่ปุ๋ย	0.78[e]	7.85[c]	4.00[e]
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง	1.10[b]	9.08[b]	8.13[c]
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยเคมี	1.38[a]	5.30[d]	10.13[b]
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	1.00[c]	10.50[a]	7.05[c]
F-test			
วันปลูก	**	**	**
แหล่งของไนโตรเจน	**	ns	**
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน	**	**	**
C.V. (%)	13.16	26.91	21.20

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าน้ำหนักแห้งรวมที่ระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ข้าวมีค่าน้ำหนักแห้งรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 2 มีค่าน้ำหนักแห้งรวมสูงที่สุดเท่ากับ 132.6, 316.0 และ 761.1 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนวันปลูกที่ 1 มีค่าน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ 90.5, 175.8 และ 593.9 กก./ไร่ ตามลำดับ

แหล่งปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ที่ทุกระยะพัฒนาการ โดยกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยทุกชนิดจะทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งรวมสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม ที่ระยะแตกกอสูงสุดกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งรวมสูงที่สุดเท่ากับ 134.3 กก./ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยปอเทือง (129.6 กก./ไร่) ที่ระยะออกดอกพบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยปอเทือง การใส่ปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยปอเทืองร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งรวมไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 246.7 - 282.5 กก./ไร่ ส่วนกรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยมีค่าเพียง 184.5 กก./ไร่ ที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาพบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยปอเทืองทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งรวมสูงที่สุดเท่ากับ 827.7 กก./ไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยเคมีมีค่าเท่ากับ 756.0 กก./ไร่ และกรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 424.6 กก./ไร่

ผลของการวิเคราะห์พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกกับแหล่งของไนโตรเจนที่มีต่อค่าน้ำหนักแห้งรวมเกิดขึ้นที่ทุกระยะพัฒนาการ โดยภาพรวมพบว่าข้าวมีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 2 สูงกว่าวันปลูกที่ 1 โดยในระยะแตกกอสูงสุดการใส่ปุ๋ยเคมีจะทำให้ข้าวมีความสามารถในการสะสมน้ำหนักแห้งรวมได้สูงที่สุดเท่ากับ 172.3 กก./ไร่ ที่ระยะออกดอกพบว่าการใส่ปุ๋ยปอเทืองร่วมกับปุ๋ยเคมีและการใส่ปุ๋ยปอเทืองเพียงอย่างเดียว มีน้ำหนักแห้งรวมสูงที่สุดเท่ากับ 356.3 และ 341.6 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาพบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวทำให้ข้าวมีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงที่สุดเท่ากับ 905.3 กก./ไร่ โดยการเจริญเติบโตที่ดีจะส่งผลต่อความสามารถในการสะสมน้ำหนักแห้งของข้าว ซึ่งน้ำหนักแห้งเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง น้ำหนักแห้งจะมีมากหรือน้อยสามารถวัดได้จากอัตราการเจริญเติบโตของข้าว โดยเมื่อข้าวมีพื้นที่ใบเยอะ สามารถรับแสงได้มากก็จะส่งผลต่อการสังเคราะห์แสงที่ดีขึ้นทำให้มี อัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้น ซึ่งค่าอัตราการเจริญเติบโตเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงอัตราการสะสมน้ำหนักของข้าว (เฉลิมพล แซมเพชร. 2535) โดยที่ระยะพัฒนาการช่วงแรกข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตของวันปลูกที่ 2 สูงกว่าวันปลูกที่ 1 แสดงให้เห็นถึงอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของวันปลูกที่ 2 ที่มีมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าน้ำหนักแห้งรวมที่ระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น

กรรมวิธี	น้ำหนักแห้งรวม (กก./ไร่)[1/] ที่ระยะ		
	แตกกอสูงสุด	ออกดอก	สุกแก่ทางสรีรวิทยา
วันปลูก			
วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)	90.5[b]	175.8[b]	593.9[b]
วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)	132.6[a]	316.0[a]	761.1[a]
แหล่งของไนโตรเจน			
ไม่ใส่ปุ๋ย	74.8[c]	184.5[b]	424.6[c]
ปุ๋ยปอเทือง	129.6[a]	282.5[a]	827.7[a]
ปุ๋ยเคมี	134.3[a]	269.7[a]	756.0[ab]
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	107.5[b]	246.7[a]	701.6[b]
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน			
วันปลูกที่ 1 x ไม่ใส่ปุ๋ย	50.4[e]	94.3[f]	330.9[f]
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง	121.2[c]	223.5[d]	819.8[bc]
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยเคมี	96.3[d]	248.1[c]	606.6[d]
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	94.1[d]	137.1[e]	618.4[d]
วันปลูกที่ 2 x ไม่ใส่ปุ๋ย	99.2[d]	274.7[b]	518.4[e]
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง	137.9[b]	341.6[a]	835.6[b]
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยเคมี	172.3[a]	291.3[b]	905.3[a]
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	120.9[c]	356.3[a]	784.8[c]
F-test			
วันปลูก	**	**	**
แหล่งของไนโตรเจน	**	**	**
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน	**	**	*
C.V. (%)	13.32	13.31	12.17

* และ ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 แสดงอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ผลผลิต และดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่นที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา พบว่าวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลต่อค่าน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าว โดยข้าวทั้งสองวันปลูกมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ประมาณ 28.2 - 28.8 กรัม ผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจากแหล่งต่าง ๆ ทำให้ข้าวมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ประมาณ 27.8 - 29.0 กรัม ส่วนอิทธิพลร่วมของวันปลูกและการใส่ปุ๋ยทำให้ข้าวมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ประมาณ 27.3 - 29.6 กรัม

ผลการวิเคราะห์พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ข้าวมีผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 2 ข้าวให้ผลผลิตเท่ากับ 371.9 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าวันปลูกที่ 1 ที่มีค่าเท่ากับ 161.2 กก./ไร่ ชี้ให้เห็นว่าในวันปลูกที่ 2 ให้ผลผลิตสูงกว่าวันปลูกที่ 1 ประมาณ 1 เท่าตัว ส่วนอิทธิพลของแหล่งปุ๋ยพบว่าให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่จะแตกต่างจากกรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ย โดยการใส่ปุ๋ยปอเทืองให้ผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 312.3 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยปอเทืองร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีให้ผลผลิตเท่ากับ 308.8 และ 269.5 กก./ไร่ ตามลำดับ ผลของการวิเคราะห์พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น โดยภาพรวมพบว่าข้าวมีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 2 (250 - 446 กก./ไร่) มากกว่าวันปลูกที่ 1 (99.0 - 217.7 กก./ไร่) โดยการปลูกข้าวในวันปลูกที่ 2 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีให้ผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 446 กก./ไร่ ซึ่งอุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นเมื่อข้าวเจอกับอุณหภูมิต่ำในช่วงระยะการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ (Reproductive phase) ส่งผลให้มีผลผลิตมากขึ้น และปริมาณของผลผลิตจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการสะสมน้ำหนักแห้ง และการถ่ายเทสารอาหารไปยังเมล็ดข้าว (เฉลิมพล แซมเพชร. 2535) จากรายงานของ สิริพร พูลเต็ม และคณะ (2560) ที่ได้มีการนำเอาข้าวญี่ปุ่นมาปลูกในจังหวัดนครปฐม ช่วงสิงหาคมถึงธันวาคม พบว่าให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 442.5 กก./ไร่ ซึ่งจากการศึกษาของ บุญดิษฐ์ วรินทร์รักษ์ และคณะ (2541) ได้เปรียบเทียบผลผลิตข้าวญี่ปุ่นในพื้นที่ภาคเหนือ และภาคเหนือตอนล่าง ในฤดูนาปีและนาปรัง พบว่าฤดูนาปรังข้าวพันธุ์ ก.วก.1 ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 781 และ 563 กก./ไร่ ตามลำดับ และในฤดูนาปีให้ผลผลิต 569 กก./ไร่ จากรายงานข้างต้นจะเห็นได้ว่าเมื่อนำข้าวญี่ปุ่นมาปลูกในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงจะส่งผลต่อผลผลิตข้าวที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยผลผลิตของวันปลูกที่ 1 มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดฤดูปลูก (28.4 ℃) สูงกว่าวันปลูกที่ 2 (26.1 ℃) ซึ่งการปลูกข้าวในสภาพที่อากาศค่อนข้างร้อนทำให้ข้าวมีการสะสมอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้มีอายุสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่สั้นลง แตกต่างจากการปลูกในสภาพอากาศค่อนข้างหนาวที่มีการสะสมอุณหภูมิอย่างช้า ๆ จึงมีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่นานกว่าส่งผลให้ข้าวมีอายุสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่ยาวขึ้น (กรมการข้าว. 2549) และผลของอุณหภูมิสูงยังมีผลต่อการเติมเมล็ดของข้าวญี่ปุ่นส่งผลให้มีผลผลิตที่ต่ำกว่า (เฉลิมพล แซมเพชร. 2535)

ผลการวิเคราะห์พบว่าวันปลูกมีต่อค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าว โดยวันปลูกที่ 2 มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.48 ซึ่งสูงกว่าวันปลูกที่ 1 ที่มีค่าเพียง 0.26 เนื่องจากค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในถ่ายเทและลำเลียงอาหารจากน้ำหนักแห้งไปยังเมล็ด (เฉลิมพล แซมเพชร. 2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวญี่ปุ่นอยู่ระหว่าง 20 - 30 °C (Grist 1959) ซึ่งในวันปลูกที่ 1 มีอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 25.9 - 30.9 °C ซึ่งสูงกว่าวันปลูกที่ 2 ที่มีค่าเท่ากับ 22.2 - 29.9 °C จะเห็นได้ว่าวันปลูกที่ 2 อยู่ในช่วงที่มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า และอุณหภูมิของอากาศยังมีผลต่อการสะสมน้ำหนักของเมล็ด เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจึงส่งผลความสามารถในการสะสมน้ำหนักแห้ง (เฉลิมพล แซมเพชร. 2535) ทำให้วันปลูกที่ 2 มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงกว่าวันปลูกที่ 1 ส่วนแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนพบว่าไม่มีอิทธิพลต่อค่าดัชนีเก็บเกี่ยว และไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกกับแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าว แต่มีแนวโน้มว่าการปลูกข้าวในวันปลูกที่สองร่วมกับการใส่ปุ๋ยทุกชนิดจะทำให้ข้าวมีดัชนีเก็บเกี่ยวสูงกว่าวันปลูกที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวญี่ปุ่น

กรรมวิธี	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)[1/]	ผลผลิต (กก./ไร่)[1/]	ดัชนีเก็บเกี่ยว[1/]
วันปลูก			
วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)	28.8	161.2[b]	0.26[b]
วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)	28.2	371.9[a]	0.48[a]
แหล่งของไนโตรเจน			
ไม่ใส่ปุ๋ย	28.3	175.4[b]	0.38
ปุ๋ยปอเทือง	29.0	312.3[a]	0.36
ปุ๋ยเคมี	29.0	308.8[a]	0.38
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	27.8	269.5[a]	0.36
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน			
วันปลูกที่ 1 x ไม่ใส่ปุ๋ย	28.4	99.9[f]	0.28
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง	29.0	217.7[d]	0.25
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยเคมี	29.6	170.6[e]	0.28
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	28.3	156.4[e]	0.23
วันปลูกที่ 2 x ไม่ใส่ปุ๋ย	28.3	250.9[c]	0.48
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง	29.0	406.9[b]	0.48
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยเคมี	28.4	446.9[a]	0.48
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	27.3	382.7[b]	0.50
F-test			
วันปลูก	ns	**	**
แหล่งของไนโตรเจน	ns	**	ns
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน	ns	**	ns
C.V. (%)	5.61	13.01	12.98

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 แสดงอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของข้าวญี่ปุ่น พบว่าวันปลูกมีอิทธิพลต่อทั้งเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของข้าว โดยข้าวที่ปลูกในวันปลูกที่ 2 ได้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงถึง 94.76% และมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเพียง 5.24% เท่านั้น ในขณะที่วันปลูกที่ 1 ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงถึง 16.88% และมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีเท่ากับ 83.13% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะวันปลูกที่ 1 อยู่ในช่วงฤดูร้อนมีอุณหภูมิสูงเฉลี่ยตลอดฤดูปลูก (30.88 ℃) สูงกว่าวันปลูกที่ 2 ที่ปลูกในช่วงฤดูหนาว (29.9 ℃) โดยผลกระทบของอุณหภูมิสูงส่งผลให้ดอกข้าวเป็นหมันเนื่องจากการผสมเกสรไม่สมบูรณ์ (Matsui,T. et.al. 2001) และจากรายงานของ Yoshida and Hara (1976) พบว่าช่วงอุณหภูมิเฉลี่ยเวลากลางวันระหว่าง 16 - 28 ℃ มีผลต่อความสามารถในการเติมเมล็ดของข้าวญี่ปุ่น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ข้าวมีอัตราการเติมเมล็ดเร็วส่งผลให้เมล็ดสุกแก่เร็วขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ เฉลิมพล แซมเพชร (2535) ที่กล่าวว่าอุณหภูมิของอากาศมีผลต่อการสะสมน้ำหนักของเมล็ด โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการสะสมน้ำหนักเมล็ดจะเพิ่มขึ้น แต่อายุวันในการสะสมน้ำหนักเมล็ดจะสิ้นสุดลง โดยในวันปลูกที่ 1 มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดฤดูปลูก (28.4 ℃) สูงกว่าวันปลูกที่ 2 (26.1 ℃) ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกของวันปลูกที่ 2 อยู่ในช่วงของอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเติมเมล็ดข้าวญี่ปุ่นมากกว่า ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงกว่า และอุณหภูมิสูงยังส่งผลต่อระยะวิกฤตของข้าว ที่ระยะข้าวกำลังออกรวง และระยะ 9 วันก่อนออกรวง หากเจออุณหภูมิสูงนาน 1-2 ชั่วโมงในช่วงผสมเกสรจะส่งผลให้ดอกข้าวเป็นหมันมากขึ้น (เฉลิมพล แซมเพชร. 2535) ซึ่งในวันปลูกที่ 1 มีอุณหภูมิเฉลี่ยช่วงที่ข้าวกำลังออกรวง (27.1 ℃) สูงกว่าวันปลูกที่ 2 (23.9 ℃) เท่ากับ 3.2 ℃ ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีที่ต่ำกว่าวันปลูกที่ 2

ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่าแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของข้าว แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดปอเทืองจะทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ (8.44%) น้อยกว่าการใส่ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ ส่งผลทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูง (91.56%) และผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจน แต่มีแนวโน้มว่าข้าวที่ปลูกในวันปลูกที่ 2 จะมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบน้อย (3.65 - 7.10%) และเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี (92.90 - 96.35%) สูงกว่าในวันปลูกที่ 1 ไม่ว่าจะใส่ปุ๋ยชนิดใดก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวญี่ปุ่น

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี[1/]	เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ[1/]
วันปลูก		
วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)	83.13[b]	16.88[a]
วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)	94.76[a]	5.24[b]
แหล่งของไนโตรเจน		
ไม่ใส่ปุ๋ย	87.85	12.15
ปุ๋ยปอเทือง	91.56	8.44
ปุ๋ยเคมี	86.75	13.25
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	89.61	10.39
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน		
วันปลูกที่ 1 x ไม่ใส่ปุ๋ย	79.56	20.43
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง	86.78	13.23
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยเคมี	79.83	20.18
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	86.33	13.68
วันปลูกที่ 2 x ไม่ใส่ปุ๋ย	96.13	3.88
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง	96.35	3.65
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยเคมี	93.68	6.33
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	92.90	7.10
F-test		
วันปลูก	**	**
แหล่งของไนโตรเจน	ns	ns
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน	ns	ns
C.V. (%)	4.77	38.34

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 แสดงอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนข้าวญี่ปุ่น พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ข้าวมีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 2 ข้าวมีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนที่ระยะแตกกอสูงสุด ออกดอก และสุกแก่ทางสรีรวิทยาเท่ากับ 5.99, 13.74 และ 35.08 กก.ผลผลิต/กก.N ที่ใส่ ตามลำดับ ส่วนวันปลูกที่ 1 มีค่าเท่ากับ 4.33, 8.45 และ 28.40 กก.ผลผลิต/กก.N ที่ใส่ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของแหล่งปุ๋ยไนโตรเจน พบว่าข้าวมีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนที่ระยะแตกกอสูงสุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีและการใส่ปุ๋ยปอเทืองข้าวมีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนสูงที่สุดเท่ากับ 5.60 และ 5.40 กก.ผลผลิต/กก.N ที่ใส่ ตามลำดับ กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยปอเทืองมีค่าเท่ากับ 4.48 กก.ผลผลิต/กก.N ที่ใส่ ส่วนที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาพบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยปอเทืองทำให้ข้าวมีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนสูงที่สุด รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 34.49 และ 31.50 กก.ผลผลิต/กก.N ที่ใส่ ตามลำดับ ผลของการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลของวันปลูกกับแหล่งของไนโตรเจน พบว่าโดยภาพรวมข้าวในวันปลูกที่ 2 มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนสูงกว่าวันปลูกที่ 1 โดยเฉพาะเมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมด้วยจะมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 37.72 กก.ผลผลิต/กก.N ที่ใส่ เนื่องจากกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีนั้นในรูปของยูเรีย ซึ่งเป็นรูปที่พืชสามารถดูดใช้ได้ทันที ต่างจากปุ๋ยปอเทืองที่มีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์อย่างช้า ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะเวลาของกระบวนการย่อยสลายไนโตรเจน (สโรชา โพธิ์ไพจิตร์ และ นิตยา ผกามาศ. 2565) อีกทั้งอุณหภูมิยังส่งผลต่อกระบวนการย่อยสลายไนโตรเจนในปุ๋ยอินทรีย์อีกด้วย โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินอยู่ระหว่าง 25 - 35 ℃ (Terry,R.E. et.al. 1981) ซึ่งภาสินี สืบสวน (2562) ได้ศึกษาอิทธิพลของชนิดปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปของไนโตรเจนในสภาพขังน้ำ โดยทำการหมักปุ๋ยมูลโค ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยปอเทืองที่อุณหภูมิ 30 ℃ พบว่าการย่อยสลายไนโตรเจนของปุ๋ยปอเทืองมีปริมาณที่สูงกว่าปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่น ๆ และยังพบว่าการหมักปุ๋ยปอเทืองมีอัตราการย่อยสลายช้าที่สุด ซึ่งในวันปลูกที่ 1 และ 2 อุณหภูมิช่วงวันที่หมักปอเทืองมีอุณหภูมิเฉลี่ยโดยรวมประมาณ 27.86 และ 27.04 ℃ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าช่วงอุณหภูมิต่ำกว่างานของ ภาสินี สืบสวน (2562) แต่ยังอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อค่าประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนที่ระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น

กรรมวิธี	ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (กก.ผลผลิต/กก.N ที่ใส่)[1/] ที่ระยะ		
	แตกกอสูงสุด	ออกดอก	สุกแก่ทางสรีรวิทยา
วันปลูก			
วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)	4.33[b]	8.45[b]	28.40[b]
วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)	5.99[a]	13.74[a]	35.08[a]
แหล่งของไนโตรเจน			
ไม่ใส่ปุ๋ย	-	-	-
ปุ๋ยปอเทือง	5.40[a]	11.77	34.49[a]
ปุ๋ยเคมี	5.60[a]	11.24	31.50[ab]
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	4.48[b]	10.28	29.23[b]
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน			
วันปลูกที่ 1 x ไม่ใส่ปุ๋ย	-	-	-
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง	5.05[c]	9.31[c]	34.15[b]
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยเคมี	4.01[d]	10.34[c]	25.27[c]
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	3.92[d]	5.71[d]	25.76[c]
วันปลูกที่ 2 x ไม่ใส่ปุ๋ย	-	-	-
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง	5.75[b]	14.24[a]	34.81[b]
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยเคมี	7.18[a]	12.14[b]	37.72[a]
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	5.04[c]	14.85[a]	32.70[b]
F-test			
วันปลูก	**	**	**
แหล่งของไนโตรเจน	**	ns	*
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน	**	**	*
C.V. (%)	12.15	12.79	11.45

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* และ ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 แสดงอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวญี่ปุ่นที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ข้าวมีการดูดใช้ไนโตรเจนในเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 2 ข้าวมีการดูดใช้ไนโตรเจนเท่ากับ 5.59 กก.N/ไร่ ส่วนวันปลูกที่ 1 มีค่าเท่ากับ 2.30 กก.N/ไร่ เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของแหล่งปุ๋ยไนโตรเจน พบว่าข้าวมีการดูดใช้ไนโตรเจนที่ส่วนของฟางข้าว และเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยปอเทืองข้าวมีการดูดใช้ไนโตรเจนในฟางข้าวและเมล็ดสูงที่สุดเท่ากับ 8.67 และ 4.72 กก.N/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติในส่วนฟางข้าวที่กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมี (8.20 กก.N/ไร่) และกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยปอเทือง (7.61 กก.N/ไร่) ส่วนการดูดใช้ในเมล็ดพบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน โดยในทุก ๆ กรรมวิธีแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ผลของการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลของวันปลูกกับแหล่งของไนโตรเจน พบว่าในส่วนของฟางข้าวมีภาพรวมของข้าวในวันปลูกที่ 1 มีการดูดใช้ไนโตรเจนสูงกว่าวันปลูกที่ 2 โดยเฉพาะเมื่อมีการใส่ปุ๋ยปอเทือง (9.54 กก.N/ไร่) และในส่วนของการดูดใช้ไนโตรเจนในเมล็ดพบว่าโดยภาพรวมข้าววันปลูกที่ 2 มีการดูดใช้ไนโตรเจนสูงกว่าวันปลูกที่ 1 โดยเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีจะให้ค่าสูงที่สุด (6.98 กก.N/ไร่) ซึ่งในทุกวันปลูกตอบสนองต่อการดูดใช้ไนโตรเจนทุกกรรมวิธีแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม จะเห็นว่าโดยภาพรวมข้าวที่ปลูกในวันปลูกที่ 1 มีการดูดใช้ไนโตรเจนที่ส่วนของฟางข้าวในปริมาณที่สูงกว่าวันปลูกที่ 2 แต่จะไม่แตกต่างกันในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย แต่การดูดใช้ไนโตรเจนในส่วนของเมล็ดกลับพบว่าข้าวที่ปลูกในวันปลูกที่ 2 มีการดูดใช้ไนโตรเจนในเมล็ดสูงกว่าวันปลูกที่ 1 อาจมีสาเหตุมาจากข้าวที่ปลูกในวันปลูกที่ 1 มีการถ่ายเทสารอาหารไปยังเมล็ดได้น้อยกว่าวันปลูกที่ 2 สังเกตได้จากค่าดัชนีเก็บเกี่ยวที่เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงการถ่ายเทและลำเลียงอาหารจากน้ำหนักแห้งไปยังเมล็ด (เฉลิมพล แซมเพชร. 2535) โดยพบว่าในวันปลูกที่ 1 ข้าวมีค่าดัชนีก็บเกี่ยวต่ำกว่าวันปลูกที่ 2 แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการถ่ายเทและลำเลียงอาหารไปยังเมล็ดได้น้อยกว่า จึงอาจเป็นสาเหตุทำให้วันปลูกที่ 1 มีการดูดใช้ไนโตรเจนในฟางข้าวมากกว่าวันปลูกที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนต่อการดูดใช้ไนโตรเจนที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวญี่ปุ่น

กรรมวิธี	การดูดใช้ไนโตรเจน (กก.N/ไร่)[1/]	
	ฟางข้าว	เมล็ด
วันปลูก		
วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)	7.10	2.30[b]
วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)	6.86	5.59[a]
แหล่งของไนโตรเจน		
ไม่ใส่ปุ๋ย	3.44[b]	2.29[c]
ปุ๋ยปอเทือง	8.67[a]	4.72[a]
ปุ๋ยเคมี	7.61[a]	4.69[a]
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	8.20[a]	4.07[b]
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน		
วันปลูกที่ 1 x ไม่ใส่ปุ๋ย	3.02[g]	1.21[e]
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง	9.54[a]	3.27[c]
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยเคมี	6.95[e]	2.40[d]
วันปลูกที่ 1 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	8.88[b]	2.32[d]
วันปลูกที่ 2 x ไม่ใส่ปุ๋ย	3.86[f]	3.38[c]
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง	7.80[cd]	6.17[b]
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยเคมี	8.27[bc]	6.98[a]
วันปลูกที่ 2 x ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	7.51[de]	5.82[b]
F-test		
วันปลูก	ns	**
แหล่งของไนโตรเจน	**	**
วันปลูก x แหล่งของไนโตรเจน	*	**
C.V. (%)	10.86	7.53

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* และ ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาส่วนที่ 2 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ประเมินอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวญี่ปุ่น

4.2.1 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายระยะพัฒนาการของข้าวญี่ปุ่น

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายวันกำเนิดช่อรวง (Panicle initiation date) เมื่อได้รับอิทธิพลของแหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกัน พบว่าในวันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65) แบบจำลองสามารถทำนายวันกำเนิดช่อรวงได้ดีมาก มีค่าทำนายเท่ากับ 35 วัน ซึ่งต่ำกว่าค่าสังเกตจริงประมาณ 8 วัน โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 18.60% เท่ากันในทุกกรรมวิธีการใส่ปุ๋ย สำหรับผลการประเมินในวันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65) พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายวันกำเนิดช่อรวงได้มากกว่าค่าสังเกตจริงเพียง 1 วัน และมีค่าเท่ากันในทุกกรรมวิธี คือ 40 วัน ส่วนค่าสังเกตจริงวันกำเนิดช่อรวงเท่ากับ 39 วัน และมีค่า RMSEn เพียง 2.56% เท่านั้น แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ใกล้เคียงกว่าวันปลูกที่ 1

ตารางที่ 4.15 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายวันกำเนิดช่อรวงของข้าวญี่ปุ่น

แหล่งของไนโตรเจน	วันกำเนิดช่อรวง (Panicle initiation day)			
	ค่าสังเกต (O)	ค่าทำนาย (S)	ผลต่าง (S - O)	RMSEn (%)
	วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	43	35	- 8	18.60
ปุ๋ยปอเทือง	43	35	- 8	18.60
ปุ๋ยเคมี	43	35	- 8	18.60
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	43	35	- 8	18.60
เฉลี่ย	*43*	*35*	*- 8*	
	วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	39	40	+ 1	2.56
ปุ๋ยปอเทือง	39	40	+ 1	2.56
ปุ๋ยเคมี	39	40	+ 1	2.56
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	39	40	+ 1	2.56
เฉลี่ย	*39*	*40*	*+ 1*	

RMSEn = Normalized root mean square error

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายวันออกดอก (Anthesis day) เมื่อได้รับอิทธิพลของแหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกัน พบว่าในวันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65) แบบจำลองสามารถทำนายวันออกดอกได้ดีมาก มีความแตกต่างระหว่างค่าทำนายและค่าสังเกตจริงเพียง 1 วัน เท่านั้น โดยค่าทำนายและค่าสังเกตจริงของวันออกดอกมีค่าเท่ากับ 64 และ 63 วัน ตามลำดับ และมีค่า RMSEn เพียง 1.59% เท่ากันในทุกกรรมวิธีการใส่ปุ๋ย สำหรับผลการประเมินในวันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65) พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายวันออกดอกได้ในระดับดี มีค่า RMSEn เท่ากับ 12.12% เท่ากันในทุกกรรมวิธีการใส่ปุ๋ย โดยแบบจำลองทำนายวันออกดอกมีค่าเท่ากับ 74 วัน ส่วนค่าสังเกตจะประมาณ 66 วัน โดยผลต่างระหว่างค่าทำนายและค่าสังเกตจริงประมาณ 8 วัน แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองประเมินอายุวันออกดอกของวันปลูกที่ 2 ได้แม่นยำน้อยกว่าวันปลูกที่ 1 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้าวญี่ปุ่นเป็นพืชที่มีความไวต่ออุณหภูมิ และจำเป็นต้องมีการสะสมอุณหภูมิในช่วงระยะเวลาหนึ่งก่อนจึงจะเปลี่ยนเข้าสู่ระยะพัฒนาการถัดไป (Yoshida 1981) โดยเมื่อปลูกข้าวในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะทำให้ข้าวมีการสะสมความร้อนอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้มีระยะพัฒนาการที่สั้นกว่าเมื่อปลูกในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งข้าวจะมีการสะสมความร้อนอย่างช้า ๆ จึงส่งผลให้ข้าวมีระยะพัฒนาการที่ยาวขึ้น (กรมการข้าว. 2549) ซึ่งในวันปลูกที่ 2 มีอุณหภูมิสะสมเฉลี่ยในวันออกดอก (1,415.50 °C) ที่ต่ำกว่าวันปลูกที่ 1 (1,630.65 °C) จึงส่งผลให้วันปลูกที่ 2 มีวันออกดอกช้ากว่าวันปลูกที่ 1

ตารางที่ 4.16 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายวันออกดอกของข้าวญี่ปุ่น

แหล่งของไนโตรเจน	วันออกดอก (Anthesis day)			
	ค่าสังเกต (O)	ค่าทำนาย (S)	ผลต่าง (S - O)	RMSEn (%)
	วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	63	64	+ 1	1.59
ปุ๋ยปอเทือง	63	64	+ 1	1.59
ปุ๋ยเคมี	63	64	+ 1	1.59
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	63	64	+ 1	1.59
เฉลี่ย	*63*	*64*	*+ 1*	
	วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	66	74	+ 8	12.12
ปุ๋ยปอเทือง	66	74	+ 8	12.12
ปุ๋ยเคมี	66	74	+ 8	12.12
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	66	74	+ 8	12.12
เฉลี่ย	*66*	*74*	*+8*	

RMSEn = Normalized root mean square error

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity day) เมื่อได้รับอิทธิพลของแหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกัน พบว่า ในวันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65) แบบจำลองสามารถทำนายวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาได้ดีมาก มีความแตกต่างระหว่างค่าทำนายและค่าสังเกตจริงประมาณ 4 วัน โดยมีค่าทำนายเท่ากับ 95 วัน ค่าสังเกตจริงเท่ากับ 91 วัน และมีค่า RMSEn ในทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยประมาณ 4.40% ในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย ส่วนกรรมวิธีควบคุมพบว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้อย่างแม่นยำมีค่า RMSEn เพียง 1.10% เท่านั้น เป็นไปในทำนองเดียวกันกับผลการประเมินในวันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65) แม้ข้าวจะมีอายุเก็บเกี่ยวยาวกว่าวันปลูกที่ 1 แต่ก็ยังพบว่าแบบจำลองสามารถทำนายวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาได้ดีมากเช่นกัน โดยมีค่าทำนายเท่ากับ 109 วัน และค่าสังเกตเท่ากับ 104 วัน ซึ่งห่างกันประมาณ 5 วัน มีค่า RMSEn เท่ากับ 4.81% ในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย ส่วนกรรมวิธีควบคุมพบว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้ดีมาก มีค่า RMSEn เพียง 0.96% เนื่องจากข้าวญี่ปุ่นเป็นข้าวที่มีความไวต่ออุณหภูมิ มีการสะสมอุณหภูมิความร้อนถึงช่วงหนึ่งก่อนที่จะเปลี่ยนระยะพัฒนาการ (Yoshida 1981) จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าตั้งแต่วันกำเนิดช่อรวง วันออกดอก จนกระทั่งถึงวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา ข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในวันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65) มีระยะพัฒนาการที่ช้ากว่าวันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65) ซึ่งเป็นผลมาจากอุณหภูมิตลอดฤดูปลูกโดยที่ค่าสังเกตของวันปลูกที่ 1 มีอุณหภูมิสะสมตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 2,130.20 °C และวันปลูกที่ 2 มีอุณหภูมิสะสมตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 2,090.95 °C ส่งผลให้วันปลูกที่ 2 มีอายุของระยะพัฒนาการที่ช้ากว่าวันปลูกที่ 1 มีการแตกกอสูง ออกดอกช้า ทำให้ข้าวมีอายุวันสุกแก่ที่ช้ากว่าซึ่งเป็นผลมาจากอุณหภูมิสะสมตลอดช่วงฤดูปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวญี่ปุ่น

แหล่งของไนโตรเจน	วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity day)			
	ค่าสังเกต (O)	ค่าทำนาย (S)	ผลต่าง (S - O)	RMSEn (%)
	วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	91	92	+ 1	1.10
ปุ๋ยปอเทือง	91	95	+ 4	4.40
ปุ๋ยเคมี	91	95	+ 4	4.40
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	91	95	+ 4	4.40
เฉลี่ย	*91*	*94*	*+ 3.25*	
	วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	104	105	+ 1	0.96
ปุ๋ยปอเทือง	104	109	+ 5	4.81
ปุ๋ยเคมี	104	109	+ 5	4.81
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	104	109	+ 5	4.81
เฉลี่ย	*104*	*108*	*+ 4*	

RMSEn = Normalized root mean square error

4.2.2 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น

ตารางที่ 4.18 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายจำนวนหน่อต่อตารางเมตร เมื่อได้รับอิทธิพลของแหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกัน ในวันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65) พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายจำนวนหน่อต่อตารางเมตรในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยปอเทืองได้ดี โดยค่าทำนายและค่าสังเกตจริงมีจำนวนหน่อแตกต่างกันเพียง 39 หน่อ มีค่า RMSEn เท่ากับ 18.6% แบบจำลองประเมินผลการใส่ปุ๋ยปอเทืองร่วมกับปุ๋ยเคมีได้ค่อนข้างดี มีค่า RMSEn เท่ากับ 27.2% โดยแบบจำลองทำนายจำนวนหน่อต่อตารางเมตรได้สูงกว่าค่าสังเกตจริงเท่ากับ 57 หน่อ ส่วนกรรมวิธีการอื่น ๆ ของวันปลูกที่ 1 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี

สำหรับผลการประเมินของวันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65) พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายจำนวนหน่อต่อตารางเมตรในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยปอเทืองและการใส่ปุ๋ยเคมีได้ค่อนข้างดี โดยค่าทำนายและค่าสังเกตจริงมีจำนวนหน่อแตกต่างกันเท่ากับ 21 และ 44 หน่อ ตามลำดับ มีค่า RMSEn เท่ากับ 10.3 - 21.6% ส่วนผลการประเมินกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยปอเทืองร่วมกับปุ๋ยเคมี และกรรมวิธีควบคุม พบว่าแบบจำลองประเมินได้ไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายจำนวนหน่อต่อตารางเมตรของข้าวญี่ปุ่น

แหล่งของไนโตรเจน	จำนวนหน่อต่อตารางเมตร			
	ค่าสังเกต (O)	ค่าทำนาย (S)	ผลต่าง (S - O)	RMSEn (%)
	วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	131 ± 31.5	57	- 74	35.3
ปุ๋ยปอเทือง	319 ± 37.5	280	- 39	18.6
ปุ๋ยเคมี	163 ± 66.1	228	+ 65	31.0
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	225 ± 61.2	282	+ 57	27.2
เฉลี่ย	*210*	*212*	*+ 2*	
	วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	124 ± 8.0	54	- 70	34.3
ปุ๋ยปอเทือง	236 ± 54.5	215	- 21	10.3
ปุ๋ยเคมี	248 ± 40.3	292	+ 44	21.6
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	208 ± 13.1	292	+ 84	41.2
เฉลี่ย	*204*	*213*	*9*	

± = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.19 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายดัชนีพื้นที่ใบของข้าว เมื่อได้รับอิทธิพลของแหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกัน ในวันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65) พบว่าแบบจำลองทำนายค่าดัชนีพื้นที่ใบได้ดีมากในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี และทำนายได้ดีในกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยปอเทืองร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยมีค่าทำนายเท่ากับ 1.83 และ 1.94 ตามลำดับ ค่าสังเกตจริงเท่ากับ 2.00 และ 2.29 ตามลำดับ ค่า RMSEn เท่ากับ 7.4 และ 15.3% ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีการอื่น ๆ พบว่าแบบจำลองประเมินได้ไม่ดี สำหรับผลการประเมินในวันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65) พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้ไม่ดีในทุกกรรมวิธีที่มีการศึกษา โดยมีค่า RMSEn ระหว่าง 30.9 - 301.2% ซึ่งเป็นผลจากค่าสังเกตที่ได้จากการทดลองในแปลงปลูกจริงของการศึกษาส่วนที่ 1 โดยในวันปลูกที่ 2 ข้าวมีการแตกกอหนาแน่นสูงกว่าวันปลูกที่ 1 อาจทำให้เกิดการบังแสงระหว่างใบข้าว ถึงแม้ข้าวจะมีพื้นที่ใบมากแต่ก็ไม่สามารถรับแสงได้ทั้งหมด (เฉลิมพล แซมเพชร. 2535) ส่งผลให้ข้าวมีค่าดัชนีพื้นที่ใบของค่าสังเกตน้อยกว่าค่าทำนาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายดัชนีพื้นที่ใบของข้าวญี่ปุ่น

แหล่งของไนโตรเจน	ดัชนีพื้นที่ใบ			
	ค่าสังเกต (O)	ค่าทำนาย (S)	ผลต่าง (S - O)	RMSEn (%)
	วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	1.47 ± 0.6	0.31	- 1.16	50.6
ปุ๋ยปอเทือง	3.41 ± 0.4	1.94	- 1.47	64.1
ปุ๋ยเคมี	2.00 ± 0.4	1.83	- 0.17	7.4
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	2.29 ± 0.3	1.94	- 0.35	15.3
เฉลี่ย	*2.29*	*1.51*	*- 0.79*	
	วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	0.53 ± 0.0	0.33	- 0.20	30.9
ปุ๋ยปอเทือง	0.76 ± 0.2	1.89	+ 1.13	174.5
ปุ๋ยเคมี	0.67 ± 0.1	2.56	+ 1.89	291.9
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	0.63 ± 0.2	2.58	+ 1.95	301.2
เฉลี่ย	*0.65*	*1.84*	*+ 1.19*	

± = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.20 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายพื้นที่ใบเฉพาะของข้าวญี่ปุ่น เมื่อได้รับอิทธิพลของแหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกัน ในวันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65) พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายค่าพื้นที่ใบเฉพาะได้ดีสำหรับกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมี มีค่า RMSEn เท่ากับ 11.0% และทำนายได้ค่อนข้างดีในกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยปอเทือง และกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยปอเทืองร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 25.7 และ 29.6% ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีการอื่น ๆ พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี สำหรับผลการประเมินในวันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65) พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้ดีเฉพาะกรรมวิธีควบคุม โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 17.0% ส่วนกรรมวิธีการอื่น ๆ พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี อย่างไรก็ตามโดยภาพรวมพบว่าแบบจำลองประเมินค่าพื้นที่ใบเฉพาะของวันปลูกที่ 1 ได้ต่ำกว่าค่าสังเกตในทุกกรรมวิธี ซึ่งตรงกันข้ามกับวันปลูกที่ 2 ที่พบว่าแบบจำลองประเมินได้สูงกว่าค่าสังเกตจริงในทุกกรรมวิธีที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายพื้นที่ใบเฉพาะของข้าวญี่ปุ่น

แหล่งของไนโตรเจน	พื้นที่ใบเฉพาะ (ตร.ซม./กรัม)			
	ค่าสังเกต (O)	ค่าทำนาย (S)	ผลต่าง (S - O)	RMSEn (%)
	วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	121 ± 27.4	78	- 42.8	33.7
ปุ๋ยปอเทือง	133 ± 15.9	100	- 32.6	25.7
ปุ๋ยเคมี	116 ± 18.6	102	- 14.0	11.0
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	138 ± 37.4	100	- 37.6	29.6
เฉลี่ย	*127*	*95*	*- 31.8*	
	วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	57 ± 7.7	65.9	+ 8.9	17.0
ปุ๋ยปอเทือง	52 ± 14.1	70.9	+ 18.9	36.0
ปุ๋ยเคมี	50 ± 9.4	93.8	+ 43.8	83.4
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	51 ± 15.5	93.7	+ 42.7	81.3
เฉลี่ย	*53*	*81.1*	*+ 28.6*	

± = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.21 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายน้ำหนักแห้งรวมของข้าวญี่ปุ่น เมื่อได้รับอิทธิพลของแหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกัน ในวันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65) พบว่าแบบจำลองประเมินน้ำหนักแห้งรวมของข้าวได้ไม่ดีในทุกกรรมวิธี ยกเว้นกรรมวิธีการควบคุมพบว่าแบบจำลองทำนายได้ดี มีค่า RMSEn เท่ากับ 14.08% มีความแตกต่างระหว่างค่าทำนายและค่าสังเกตจริงประมาณ 157 กก./ไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยกรรมวิธีการอื่น ๆ พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี สำหรับในวันปลูกที่ 2 พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินน้ำหนักแห้งรวมของกรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยได้ดี มีค่าทำนายและค่าสังเกตเท่ากับ 583 และ 829 กก./ไร่ ตามลำดับ มีค่า RMSEn เท่ากับ 20.2% ส่วนกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยทุกชนิดแบบจำลองประเมินได้ไม่ดี โดยมีค่าทำนายอยู่ระหว่าง 2,191 - 2,283 กก./ไร่ ค่าสังเกตจริงอยู่ระหว่าง 1,256 - 1,449 กก./ไร่ มีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 68.0 - 84.3% โดยภาพรวมจะสังเกตเห็นได้ว่าแบบจำลองทำนายน้ำหนักแห้งรวมของข้าวในกรรมวิธีควบคุมได้ต่ำกว่าค่าสังเกต และกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยแบบจำลองทำนายได้สูงกว่าค่าสังเกต ซึ่งให้ผลสอดคล้องกันในทั้งสองวันปลูก ซึ่งจากงานทดลองของ Suanphrom,N. et.al. (2023) ได้ทำการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง 7 สายพันธุ์ จำนวน 4 วันปลูก โดยทำการทดลองในกระถางพบว่าแบบจำลองสามารถทำนายอายุวันของระยะพัฒนาการของพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่ได้ดี แต่แบบจำลองทำนายน้ำหนักของเมล็ด และน้ำหนักแห้งรวมได้ไม่ดี ซึ่งอาจเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแปรปรวนของแปลงทดลองจริงที่มีขนาดเล็กเกินไป มีการเก็บเกี่ยวตัวอย่างที่มีใบแห้งเหี่ยว หรือใบตาย ซึ่งสิ่งเหล่านี้อาจเป็นสาเหตุหลักของความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายของน้ำหนักแห้งรวม (Buddhaboon,C. et.al. 2018)

ตารางที่ 4.21 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายน้ำหนักแห้งรวมของข้าวญี่ปุ่น

แหล่งของไนโตรเจน	น้ำหนักแห้งรวม (กก./ไร่)			
	ค่าสังเกต (O)	ค่าทำนาย (S)	ผลต่าง (S - O)	RMSEn (%)
	วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	620 ± 162	464	- 157	14.1
ปุ๋ยปอเทือง	1,537 ± 245	1,788	+ 251	22.6
ปุ๋ยเคมี	1,137 ± 74	1,714	+ 577	51.8
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	1,159 ± 125	1,788	+ 629	56.5
เฉลี่ย	*1,114*	*1,438*	*+ 325*	
	วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	829 ± 57.4	583	- 246	20.2
ปุ๋ยปอเทือง	1,337 ± 62.1	2,192	+ 855	70.2
ปุ๋ยเคมี	1,449 ± 221	2,276	+ 828	68.0
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	1,256 ± 72.3	2,283	1,027	84.3
เฉลี่ย	*1,218*	*1,833*	*+ 616*	

± = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.22 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น เมื่อได้รับอิทธิพลของแหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกัน ในวันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65) พบว่าแบบจำลองทำนายผลผลิตได้ดีในกรรมวิธีควบคุม โดยมีค่าทำนายและค่าสังเกตเท่ากับ 138 และ 187 กก./ไร่ ตามลำดับ มีค่า RMSEn เท่ากับ 16.3% ส่วนกรรมวิธีการอื่น ๆ พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดีมีค่าทำนายอยู่ระหว่าง 491 - 511 กก./ไร่ ค่าสังเกตจริงระหว่าง 293 - 408 กก./ไร่ มีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 34.1 - 72.1% สำหรับผลการประเมินในวันปลูกที่ 2 พบว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยแบบจำลองสามารถทำนายผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นได้ในระดับค่อนข้างดีถึงดีมาก โดยกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยปอเทือง ปุ๋ยเคมี และใส่ปุ๋ยปอเทืองร่วมกับปุ๋ยเคมีมีค่าทำนายเท่ากับ 605, 681 และ 683 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนค่าสังเกตจริงมีค่าเท่ากับ 651, 715 และ 612 กก./ไร่ ตามลำดับ มีค่า RMSEn เท่ากับ 7.7, 5.7 และ 11.9% ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยพบว่าแบบจำลองประเมินได้ไม่ดี ซึ่งจะเห็นได้ว่าในวันปลูกที่ 2 แบบจำลองทำนายผลผลิตได้ต่ำกว่าค่าสังเกตจากแปลงทดลองจริง และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าทำนายของวันปลูกที่ 1 แบบจำลองสามารถทำนายผลผลิตของวันปลูกที่ 2 ได้ดีกว่า ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากอุณหภูมิของวันปลูกที่แตกต่างกันซึ่งอุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น (เฉลิมพล แซมเพชร. 2535) จึงส่งผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิต และเนื่องจากในวันปลูกที่ 1 เจอกับการเข้าทำลายของหนูในช่วงที่ข้าวออกรวง ทำให้ผลผลิตเสียหายไปบางส่วน

ตารางที่ 4.22 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายผลผลิตข้าวญี่ปุ่น

แหล่งของไนโตรเจน	ผลผลิต (กก./ไร่)			
	ค่าสังเกต (O)	ค่าทำนาย (S)	ผลต่าง (S - O)	RMSEn (%)
	วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	187 ± 29.1	138	- 49	16.3
ปุ๋ยปอเทือง	408 ± 90.3	511	+ 103	34.1
ปุ๋ยเคมี	320 ± 46.0	491	+ 171	56.8
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	293 ± 21.7	511	+ 218	72.1
เฉลี่ย	*302*	*413*	*+ 111*	
	วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	402 ± 42.6	159	- 243	40.7
ปุ๋ยปอเทือง	651 ± 52.4	605	- 46	7.7
ปุ๋ยเคมี	715 ± 98.6	681	- 34	5.7
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	612 ± 43.6	683	+ 71	11.9
เฉลี่ย	*595*	*532*	*- 63*	

± = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.23 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายดัชนีเก็บเกี่ยวข้าวญี่ปุ่น เมื่อได้รับอิทธิพลของแหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกัน ในวันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65) พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ดีถึงดีมากในทุกกรรมวิธี โดยมีค่าทำนายระหว่าง 0.27 - 0.30 ค่าสังเกตจริงระหว่าง 0.23 - 0.29 มีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 3.1 - 14.9% สำหรับผลการประเมินในวันปลูกที่ 2 พบว่าแบบจำลองประเมินค่าดัชนีเก็บเกี่ยวได้ไม่ดีในทุกกรรมวิธี โดยมีค่าทำนายอยู่ระหว่าง 0.25 - 0.28 ค่าสังเกตจริงอยู่ระหว่าง 0.47 - 0.48 และค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 40.0 - 47.5% โดยภาพรวมพบว่าแบบจำลองประเมินค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของวันปลูกที่ 1 ได้สูงกว่าค่าสังเกตในทุกกรรมวิธี ซึ่งตรงกันข้ามกับวันปลูกที่ 2 ที่พบว่าแบบจำลองประเมินได้ต่ำกว่าค่าสังเกตจริงในทุกกรรมวิธีที่ศึกษา ทั้งนี้อาจมีผลมาจากน้ำหนักแห้งของวันปลูกที่ 2 ที่มีค่าทำนายน้ำหนักแห้งรวมสูงกว่าค่าสังเกต ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจเกิดความแปรปรวนของแปลงทดลองจริงที่มีขนาดเล็กเกินไป อาจมีใบเหี่ยวหรือตายก่อนทำการเก็บตัวอย่าง และแบบจำลองยังไม่มีกระบวนการในการเข้าทำลายของโรคและแมลง (pest damage processes) (ชิษณุชา บุดดาบุญ และคณะ. 2554) จึงส่งผลให้ค่าสังเกตที่ได้จากแปลงทดลองจริงกับค่าที่ได้จากการทำนายไม่สอดคล้องกัน อีกทั้งวันปลูกที่ 2 ยังมีค่าสังเกตของผลผลิตที่ดีกว่าค่าทำนาย ทำให้ค่าสังเกตของวันปลูกที่ 2 มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงกว่าค่าทำนาย

ตารางที่ 4.23 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายดัชนีเก็บเกี่ยวข้าวญี่ปุ่น

แหล่งของไนโตรเจน	ดัชนีเก็บเกี่ยว			
	ค่าสังเกต (O)	ค่าทำนาย (S)	ผลต่าง (S - O)	RMSEn (%)
	วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	0.29 ± 0.0	0.30	+ 0.01	3.1
ปุ๋ยปอเทือง	0.24 ± 0.0	0.27	+ 0.03	10.9
ปุ๋ยเคมี	0.26 ± 0.0	0.27	+ 0.01	3.1
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	0.23 ± 0.0	0.27	+ 0.04	14.9
เฉลี่ย	*0.26*	*0.28*	*+ 0.02*	
	วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	0.48 ± 0.0	0.27	- 0.21	43.4
ปุ๋ยปอเทือง	0.48 ± 0.0	0.25	- 0.23	47.5
ปุ๋ยเคมี	0.48 ± 0.0	0.28	- 0.20	42.1
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	0.47 ± 0.0	0.28	- 0.19	40.0
เฉลี่ย	*0.48*	*0.27*	*- 0.21*	

± = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.24 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ด เมื่อได้รับอิทธิพลของแหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกัน พบว่าวันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65) แบบจำลองทำนายได้ไม่ดีในทุกกรรมวิธีที่ศึกษา โดยมีค่าทำนายอยู่ระหว่าง 0.70 - 0.77% ค่าสังเกตมีค่าระหว่าง 1.21 - 1.50% ซึ่งมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 36.5 - 52.2% สำหรับวันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65) พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี โดยมีค่าทำนายอยู่ระหว่าง 0.82 - 0.96% ค่าสังเกตมีค่าระหว่าง 1.35 - 1.57% ซึ่งมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 35.6 - 41.6% สังเกตได้ว่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ดของค่าสังเกต และค่าทำนายไม่มีความแตกต่างกันในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ย ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Dusserre,J. et.al. (2020) ที่พบว่าแบบจำลองทำนายเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ดได้ไม่แตกต่างกันในทุกกรรมวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 ความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ดข้าวญี่ปุ่น

แหล่งของไนโตรเจน	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ด			
	ค่าสังเกต (O)	ค่าทำนาย (S)	ผลต่าง (S - O)	RMSEn (%)
	วันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	1.21 ± 0.07	0.70	- 0.51	36.5
ปุ๋ยปอเทือง	1.50 ± 0.06	0.77	- 0.73	52.2
ปุ๋ยเคมี	1.40 ± 0.04	0.77	- 0.63	45.1
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	1.48 ± 0.03	0.77	- 0.71	50.8
เฉลี่ย	*1.40*	*0.75*	*- 0.65*	
	วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65)			
ไม่ใส่ปุ๋ย	1.35 ± 0.04	0.82	- 0.53	35.6
ปุ๋ยปอเทือง	1.52 ± 0.01	0.96	- 0.56	37.6
ปุ๋ยเคมี	1.57 ± 0.08	0.95	- 0.62	41.6
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	1.52 ± 0.01	0.95	- 0.57	38.3
เฉลี่ย	*1.49*	*0.92*	*- 0.57*	

± = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

RMSEn = Normalized root mean square error

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การทำนายผลผลิตในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

ตารางที่ 4.25 แสดงผลการทำนายวันกำเนิดช่อรวงที่ปลูกในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย โดยจำลองใน 2 วันปลูก และใส่ปุ๋ย 4 กรรมวิธี ผลการประเมินพบว่าในวันปลูกที่ 5 ธ.ค. 65 ข้าวมีอายุวันกำเนิดช่อรวงมากกว่าวันปลูกที่ 16 เม.ย. 65 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกันในทั้งสองพื้นที่ปลูก โดยในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร มีอายุวันกำเนิดช่อรวงเฉลี่ยเท่ากับ 35 และ 40 วัน ตามลำดับ ผลการทำนายในเขตอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายเฉลี่ยเท่ากับ 38 และ 61 วัน ตามลำดับ โดยพบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดไม่มีผลต่ออายุกำเนิดช่อรวงของข้าวญี่ปุ่น

ตารางที่ 4.25 การเปรียบเทียบผลการทำนายวันกำเนิดช่อรวง (Panicle initiation day) ของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

แหล่งของไนโตรเจน	วันกำเนิดช่อรวง (วัน)			
	วันปลูก 16 เม.ย. 65		วันปลูก 5 ธ.ค. 65	
	ลาดกระบัง	เชียงราย	ลาดกระบัง	เชียงราย
ไม่ใส่ปุ๋ย	35	38	40	61
ปุ๋ยปอเทือง	35	38	40	61
ปุ๋ยเคมี	35	38	40	61
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	35	38	40	61
ค่าเฉลี่ย	*35*	*38*	*40*	*61*

ตารางที่ 4.26 แสดงผลการทำนายออกดอก ที่ปลูกในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย พบว่าในวันปลูกที่ 5 ธ.ค. 65 ข้าวมีอายุวันออกดอกมากกว่าวันปลูกที่ 16 เม.ย. 65 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกันในทั้งสองพื้นที่ปลูก โดยในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร มีอายุวันออกดอกเฉลี่ยเท่ากับ 64 และ 74 วัน ตามลำดับ ผลการทำนายในเขตอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายเฉลี่ยเท่ากับ 78 และ 103 วัน ตามลำดับ โดยพบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดไม่มีผลต่ออายุวันออกดอกข้าวญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 การเปรียบเทียบผลการทำนายวันออกดอก (Anthesis day) ของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

แหล่งของไนโตรเจน	วันออกดอก (วัน)			
	วันปลูก 16 เม.ย. 65		วันปลูก 5 ธ.ค. 65	
	ลาดกระบัง	เชียงราย	ลาดกระบัง	เชียงราย
ไม่ใส่ปุ๋ย	64	70	74	103
ปุ๋ยปอเทือง	64	82	74	103
ปุ๋ยเคมี	64	79	74	103
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	64	82	74	103
ค่าเฉลี่ย	*64*	*78*	*74*	*103*

ตารางที่ 4.27 แสดงผลการทำนายวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา พบว่าวันปลูกที่ 5 ธ.ค. 65 ข้าวมีอายุวันสุกแก่ทางสรีรวิทยามากกว่าวันปลูกที่ 16 เม.ย. 65 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกันในทั้งสองพื้นที่ปลูก โดยในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร มีอายุวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาเฉลี่ยเท่ากับ 94 และ 108 วัน ตามลำดับ ผลการทำนายในเขตอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายเฉลี่ยเท่ากับ 110 และ 131 วัน ตามลำดับโดยพบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดไม่มีผลต่ออายุวันออกดอกของข้าวญี่ปุ่น จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าอายุวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายมีระยะการเจริญเติบโตที่นานกว่าที่ปลูกในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นผลจากอุณหภูมิอากาศของทั้งสองพื้นที่ปลูกมีความแตกต่างกันมาก โดยที่เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกของวันปลูกที่ 16 เม.ย. 65 และ 5 ธ.ค. 65 เท่ากับ 28.4 และ 26.1 °C และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกของวันปลูกที่ 16 เม.ย. 65 และ 5 ธ.ค. 65 เท่ากับ 25.98 และ 21.55 °C ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกที่ต่ำกว่าของอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายส่งผลต่อการออกดอกที่ช้าลง มีการสะสมอุณหภูมิอย่างช้า ๆ ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนระยะพัฒนาการ ทำให้ข้าวมีอายุการเก็บเกี่ยวที่นานขึ้น (กรมการข้าว. 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 การเปรียบเทียบผลการทำนายวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity day) ของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

แหล่งของไนโตรเจน	วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (วัน)			
	วันปลูก 16 เม.ย. 65		วันปลูก 5 ธ.ค. 65	
	ลาดกระบัง	เชียงราย	ลาดกระบัง	เชียงราย
ไม่ใส่ปุ๋ย	92	100	105	133
ปุ๋ยปอเทือง	95	112	109	130
ปุ๋ยเคมี	95	112	109	130
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	95	116	109	130
ค่าเฉลี่ย	*94*	*110*	*108*	*131*

ตารางที่ 4.28 แสดงผลการทำนายผลผลิต พบว่าวันปลูกที่ 5 ธ.ค. 65 ข้าวมีผลผลิตสูงกว่าวันปลูกที่ 16 เม.ย. 65 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกันในทั้งสองพื้นที่ปลูก โดยในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร ข้าวมีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 532 และ 413 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนผลการทำนายในเขตอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ข้าวมีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 897 และ 784 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยพบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยปอเทืองร่วมกับปุ๋ยเคมี ข้าวมีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าการใส่ปุ๋ยกรรมวิธีอื่น ๆ ในทั้งสองวันปลูกและทั้งสองสถานที่ จะเห็นได้ว่าพื้นที่ปลูกของอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายมีผลการทำนายผลผลิตที่สูงกว่าเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Nakwilai,P. et.al. (2020) ที่พบว่าการปลูกข้าวญี่ปุ่นที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงรายให้ผลผลิตสูงกว่าปลูกที่ภาคกลาง (อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม) เนื่องจากผลของสภาพอากาศที่ส่งผลต่อข้าวญี่ปุ่นทำให้ข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในพื้นที่ภาคกลางมีผลผลิตข้าวที่ต่ำกว่า

ตารางที่ 4.28 การเปรียบเทียบผลการทำนายผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

แหล่งของไนโตรเจน	ผลผลิต (กก./ไร่)			
	วันปลูก 16 เม.ย. 65		วันปลูก 5 ธ.ค. 65	
	ลาดกระบัง	เชียงราย	ลาดกระบัง	เชียงราย
ไม่ใส่ปุ๋ย	138	35	159	320
ปุ๋ยปอเทือง	511	869	605	1,068
ปุ๋ยเคมี	491	1,077	681	1,114
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	511	1,156	683	1,088
ค่าเฉลี่ย	*413*	*784*	*532*	*897*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.29 แสดงผลการทำนายน้ำหนักแห้งรวม พบว่าวันปลูกที่ 5 ธ.ค. 65 ข้าวมีน้ำหนักแห้งรวมเฉลี่ยสูงกว่าวันปลูกที่ 16 เม.ย. 65 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกันในทั้งสองสถานที่ โดยในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร ข้าวมีน้ำหนักแห้งรวมเฉลี่ยเท่ากับ 1,833 และ 1,457 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนผลการทำนายในเขตอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ข้าวมีน้ำหนักแห้งรวมเฉลี่ยเท่ากับ 1,787 และ 1,700 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยพบว่าการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งรวมไม่แตกต่างกันมาก และให้ผลสอดคล้องกันในทั้งสองวันปลูก

ตารางที่ 4.29 การเปรียบเทียบผลการทำนายน้ำหนักแห้งรวมของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

แหล่งของไนโตรเจน	น้ำหนักแห้งรวม (กก./ไร่)			
	วันปลูก 16 เม.ย. 65		วันปลูก 5 ธ.ค. 65	
	ลาดกระบัง	เชียงราย	ลาดกระบัง	เชียงราย
ไม่ใส่ปุ๋ย	464	102	583	617
ปุ๋ยปอเทือง	1,813	1,929	2,192	2,122
ปุ๋ยเคมี	1,739	2,352	2,276	2,238
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	1,813	2,417	2,283	2,172
ค่าเฉลี่ย	*1,457*	*1,700*	*1,833*	*1,787*

ตารางที่ 4.30 แสดงผลการทำนายดัชนีเก็บเกี่ยว พบว่าในพื้นที่จังหวัดเชียงรายข้าวที่ปลูกในวันปลูกที่ 5 ธ.ค. 65 มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยสูงกว่าวันปลูกที่ 16 เม.ย. 65 โดยมีค่าเท่ากับ 0.51 และ 0.43 ตามลำดับ ในทางกลับกันพบว่าในเขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร วันปลูกที่ 5 ธ.ค. 65 ทำให้ข้าวมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวต่ำกว่าวันปลูกที่ 16 เม.ย. 65 โดยมีค่าเท่ากับ 0.27 และ 0.29 ตามลำดับ ภาพรวมพบว่าการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดไม่ทำให้ข้าวมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวแตกต่างกันมากนักหากปลูกในวันเดียวกัน จากผลการทำนายโดยรวมของค่าดัชนีเก็บเกี่ยวจะเห็นได้ว่าข้าวที่ปลูกในอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงกว่าเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นผลมาจากค่าน้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตที่มีค่าสูง โดยพรเพ็ญ สมจิตร์ และ นิตยา ผกามาศ (2554) กล่าวว่าข้าวที่ให้ผลผลิตสูงส่วนใหญ่จะมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงด้วยเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับจากรายงานของ Yoshida (1981) การเพิ่มขึ้นของค่าผลผลิต มีผลมาจากการเพิ่มของน้ำหนักแห้งรวม หรือค่าดัชนีเก็บเกี่ยว หรือทั้งสองอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.30 การเปรียบเทียบผลการทำนายดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น ที่ปลูกในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

แหล่งของไนโตรเจน	ดัชนีเก็บเกี่ยว			
	วันปลูก 16 เม.ย. 65		วันปลูก 5 ธ.ค. 65	
	ลาดกระบัง	เชียงราย	ลาดกระบัง	เชียงราย
ไม่ใส่ปุ๋ย	0.30	0.34	0.27	0.52
ปุ๋ยปอเทือง	0.28	0.45	0.25	0.50
ปุ๋ยเคมี	0.28	0.46	0.28	0.50
ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	0.28	0.48	0.28	0.50
ค่าเฉลี่ย	*0.29*	*0.43*	*0.27*	*0.51*

4.2.4 การประเมินหาวันปลูกและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อผลผลิตข้าวญี่ปุ่น

ตารางที่ 4.31 แสดงผลการทำนายอิทธิพลของวันปลูกต่อผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น โดยเป็นการทำนายทุก ๆ วันที่ 5 และ 16 ของเดือนตลอดระยะเวลา 1 ปี ซึ่งกำหนดวันปลูกให้ตรงกับวันปลูกที่ 1 (16 เม.ย. 65) และ วันปลูกที่ 2 (5 ธ.ค. 65) พบว่าหากปลูกในช่วงเดือนม.ค. - เม.ย. ข้าวจะให้ผลผลิตต่ำมีค่าอยู่ระหว่าง 251 - 497 กก./ไร่ ในทั้งสองวันปลูก และหากปลูกในช่วงเดือนพ.ค. เป็นต้นไปจะทำให้ข้าวมีผลผลิตเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ไปจนกระทั่งถึงวันที่ 16 ต.ค. 65 ซึ่งเป็นวันปลูกที่ให้ผลผลิตสูงเท่ากับ 775 กก./ไร่ของวันปลูกที่ 16 และวันที่ 5 พ.ย. 65 ข้าวให้ผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 785 กก./ไร่ และหากปลูกในช่วงเดือน พ.ย. - ธ.ค. ผลผลิตของข้าวจะลดลง เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยจะทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม อย่างไรก็ตามโดยภาพรวมพบว่าผลการทำนายผลผลิตของข้าวที่ปลูกทุก ๆ วันที่ 5 ของเดือนจะทำให้ได้ผลผลิตสูงและมีความแปรปรวนน้อยกว่าการปลูกทุก ๆ วันที่ 16 ของเดือน จากผลข้างต้นอาจกล่าวได้ว่าเป็นผลมาจากอุณหภูมิของอากาศในแต่ละเดือนที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น เนื่องจากข้าวญี่ปุ่นเป็นข้าวที่มีความไวต่ออุณหภูมิของอากาศ ซึ่งจากรายงานของ Matsui,T. et.al. (2001) พบว่าในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูง 37.5 ℃ จะทำให้ข้าวผสมเกสรได้ไม่ดีทำให้ดอกข้าวเป็นหมันและหากยิ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 40 ℃ จะส่งผลโดยตรงต่อการงอกของละอองเกสรและยับยั้งการปฏิสนธิของข้าว ยิ่งหากปลูกในช่วงที่มีอุณหภูมิสูง จะส่งผลทำให้ข้าวมีอายุการเก็บเกี่ยวที่สั้นลง แต่ในทางกลับกันเมื่อปลูกในสภาพที่มีอากาศค่อนข้างหนาว ต้นข้าวจะมีการสะสมอุณหภูมิอย่างช้า ๆ มีช่วงการเจริญเติบโตนานขึ้น จึงส่งผลให้ข้าวมีอายุเก็บเกี่ยวยาว และให้ผลผลิตมากขึ้น (กรมการข้าว. 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.31 การทำนายผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกทุกวันที่ 5 และ 16 ของเดือนตั้งแต่มกราคมถึงธันวาคม 2565

วันปลูก	ผลผลิต (กก./ไร่)				
	ไม่ใส่ปุ๋ย	ปุ๋ยปอเทือง	ปุ๋ยเคมี	ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	*ค่าเฉลี่ย*
5 ม.ค. 65	48	464	441	487	*360*
16 ม.ค. 65	62	458	472	529	*380*
5 ก.พ. 65	109	423	522	503	*389*
16 ก.พ. 65	89	313	301	299	*251*
5 มี.ค. 65	117	624	623	624	*497*
16 มี.ค. 65	97	566	544	566	*443*
5 เม.ย. 65	164	594	594	594	*486*
16 เม.ย. 65	138	511	491	511	*413*
5 พ.ค. 65	191	610	611	611	*506*
16 พ.ค. 65	174	663	663	663	*540*
5 มิ.ย. 65	197	572	572	572	*479*
16 มิ.ย. 65	196	624	624	624	*517*
5 ก.ค. 65	236	566	566	566	*483*
16 ก.ค. 65	230	700	700	700	*583*
5 ส.ค. 65	328	558	558	558	*501*
16 ส.ค. 65	273	759	759	759	*638*
5 ก.ย. 65	363	805	770	805	*686*
16 ก.ย. 65	227	687	665	674	*563*
5 ต.ค. 65	532	743	742	742	*690*
16 ต.ค. 65	475	874	876	875	*775*
5 พ.ย. 65	377	921	921	922	*785*
16 พ.ย. 65	290	656	649	653	*562*
5 ธ.ค. 65	159	605	681	683	*532*
16 ธ.ค. 65	131	222	223	221	*199*
ค่าเฉลี่ย	*217*	*605*	*607*	*614*	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.32 แสดงผลการทำนายการตอบสนองของข้าวต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกัน คือ 0, 18, 20, 24, 28, 30 และ 40 กก.N/ไร่ พบว่าอัตราการใส่ปุ๋ยมีผลทำให้ข้าวมีผลผลิตเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยการใส่ปุ๋ยในอัตรา 24 กก.N/ไร่ ข้าวมีผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 921 กก./ไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่น ๆ ข้าวมีผลผลิตเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 760 - 838 กก./ไร่ อย่างไรก็ตามหากเปรียบเทียบชนิดของปุ๋ยพบว่าข้าวมีผลผลิตเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมากนัก โดยการใส่ปุ๋ยปอเทือง ปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยปอเทืองร่วมกับปุ๋ยเคมีข้าวมีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 825, 836 และ 831 กก./ไร่ ตามลำดับ และเนื่องจากข้าวจาปอนิกาจะมีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงกว่าข้าวอินดิกา แต่หากใส่มากจนเกินไปก็ส่งผลเสียต่อข้าวเช่นกัน (กรมการข้าว. 2549) ซึ่งผลการทำนายการตอบสนองของข้าวต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เหมาะสมในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ วลัยพร แสนวงษ์ และคณะ (2538) ที่พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 18, 24 และ 30 กก.N/ไร่ ส่งผลให้ข้าวญี่ปุ่นมีผลผลิตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.32 การทำนายผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในวันที่ 5 พ.ย. 65 และได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกัน

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน	ผลผลิต (กก./ไร่)				
(กก.N/ไร่)	ไม่ใส่ปุ๋ย	ปุ๋ยปอเทือง	ปุ๋ยเคมี	ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	*ค่าเฉลี่ย*
0	237	-	-	-	*237*
18	-	741	781	759	*760*
20	-	774	805	793	*791*
24	-	921	921	922	*921*
28	-	838	837	838	*838*
30	-	838	837	837	*837*
40	-	836	836	835	*836*
ค่าเฉลี่ย	*237*	*825*	*836*	*831*	

ตารางที่ 4.33 แสดงผลการทำนายการตอบสนองของข้าวต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าข้าวมีน้ำหนักแห้งรวมเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยการใส่ปุ๋ยในอัตรา 24 กก.N/ไร่ ข้าวมีน้ำหนักแห้งรวมเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 2,242 กก./ไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่น ๆ ข้าวมีน้ำหนักแห้งรวมเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1,974 - 2,221 กก./ไร่ อย่างไรก็ตามหากเปรียบเทียบชนิดของปุ๋ยพบว่าข้าวมีน้ำหนักแห้งรวมเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2,143 - 2,166 กก./ไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.33 การทำนายน้ำหนักแห้งรวมของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในวันที่ 5 พ.ย. 65 และได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกัน

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน	น้ำหนักแห้งรวม (กก./ไร่)				
(กก.N/ไร่)	ไม่ใส่ปุ๋ย	ปุ๋ยปอเทือง	ปุ๋ยเคมี	ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	*ค่าเฉลี่ย*
0	638	-	-	-	*638*
18	-	1,935	2,018	1,968	*1,974*
20	-	2,014	2,083	2,053	*2,050*
24	-	2,242	2,241	2,242	*2,242*
28	-	2,223	2,219	2,221	*2,221*
30	-	2,224	2,219	2,222	*2,221*
40	-	2,221	2,217	2,221	*2,220*
ค่าเฉลี่ย	*638*	*2,143*	*2,166*	*2,155*	

ตารางที่ 4.34 แสดงผลการทำนายการตอบสนองของข้าวต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าข้าวมีดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยการใส่ปุ๋ยในอัตรา 24 กก.N/ไร่ ข้าวมีดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.41 ส่วนการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่น ๆ ข้าวมีดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.38 - 0.39 เมื่อเปรียบเทียบชนิดของปุ๋ยพบว่าข้าวมีดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.38 - 0.39

ตารางที่ 4.34 การทำนายดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในวันที่ 5 พ.ย. 65 และได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกัน

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน	ดัชนีเก็บเกี่ยว				
(กก.N/ไร่)	ไม่ใส่ปุ๋ย	ปุ๋ยปอเทือง	ปุ๋ยเคมี	ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	*ค่าเฉลี่ย*
0	0.37	-	-	-	*0.37*
18	-	0.38	0.39	0.38	*0.38*
20	-	0.38	0.39	0.39	*0.39*
24	-	0.41	0.41	0.41	*0.41*
28	-	0.38	0.38	0.38	*0.38*
30	-	0.38	0.38	0.38	*0.38*
40	-	0.38	0.38	0.38	*0.38*
ค่าเฉลี่ย	*0.37*	*0.38*	*0.39*	*0.38*	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 การทำนายผลผลิตข้าวญี่ปุ่นล่วงหน้า 10 ปี (พ.ศ. 2565 - 2574)

ตารางที่ 4.35 แสดงผลการทำนายระยะพัฒนาการของข้าวที่ปลูกทุกวันที่ 5 พ.ย. ของปีตั้งแต่พ.ศ. 2565 - 2574 พบว่าข้าวที่ปลูกในอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายจะมีอายุวันออกดอก และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาเฉลี่ยเท่ากับ 114 และ 147 วัน ซึ่งมีอายุยาวกว่าการปลูกในเขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ที่มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 78 และ 114 วัน ตามลำดับ ส่วนผลการทำนายในแต่ละปีพบว่าข้าวจะมีอายุวันออกดอกและอายุสุกแก่ทางสรีรวิทยาไม่เท่ากัน โดยผลการทำนายในเขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานครมีค่าอยู่ระหว่าง 73 - 84 และ 111 - 121 วัน ตามลำดับ ส่วนผลการทำนายในอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายมีค่าอยู่ระหว่าง 139 - 153 วัน ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าข้าวที่ปลูกในอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายมีระยะพัฒนาการที่ยาวกว่าการปลูกที่เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร เนื่องจากพื้นที่ปลูกอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดฤดูปลูก 10 ปี เท่ากับ 20.1 ℃ ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของเขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานครที่มีค่าเท่ากับ 24.6 ℃ โดยทั้งสองพื้นที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกที่ต่างกันประมาณ 4.5 ℃ จะเห็นได้จาก**ภาพที่ 4.2** ที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของอุณหภูมิในทั้งสองพื้นที่ปลูก

ตารางที่ 4.35 การทำนายระยะพัฒนาการของข้าวที่ปลูกทุกวันที่ 5 พ.ย. ของปีตั้งแต่พ.ศ. 2565 - 2574 ในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

วันปลูก	วันออกดอก (วัน)		วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (วัน)	
	ลาดกระบัง	เชียงราย	ลาดกระบัง	เชียงราย
5 พ.ย. 65	76	114	112	145
5 พ.ย. 66	76	111	113	146
5 พ.ย. 67	80	122	119	150
5 พ.ย. 68	76	110	113	151
5 พ.ย. 69	73	109	111	144
5 พ.ย. 70	80	114	116	147
5 พ.ย. 71	77	112	113	146
5 พ.ย. 72	84	125	121	153
5 พ.ย. 73	76	104	111	139
5 พ.ย. 74	78	121	115	149
ค่าเฉลี่ย	*78*	*114*	*114*	*147*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

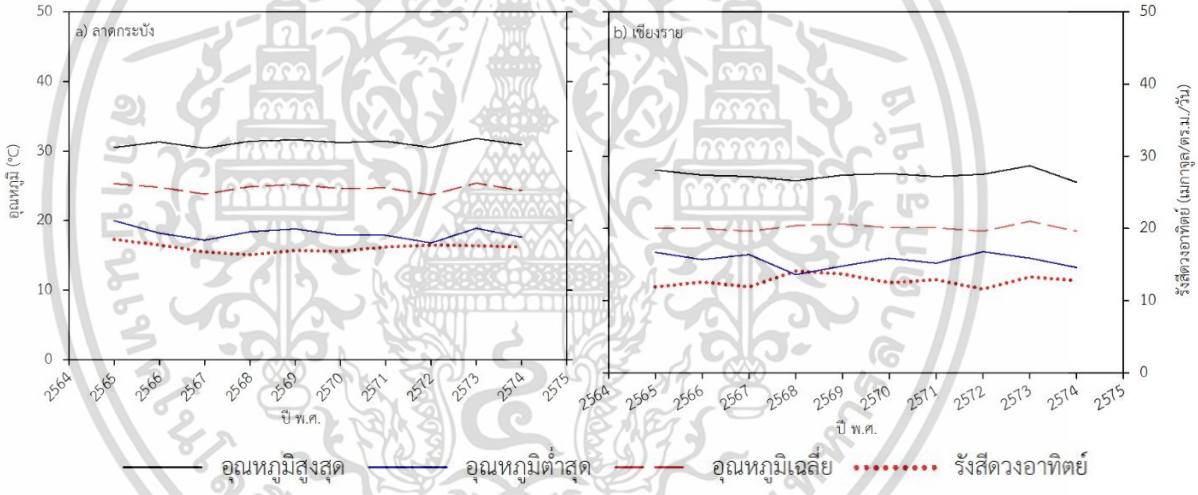
ตารางที่ 4.36 แสดงผลการทำนายผลผลิต น้ำหนักแห้ง และดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวที่ปลูกทุกวันที่ 5 พ.ย. ของปีตั้งแต่พ.ศ. 2565 - 2574 พบว่าข้าวที่ปลูกในอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายจะมีผลผลิตและน้ำหนักแห้งรวมเฉลี่ยเท่ากับ 987 และ 2,569 กก./ไร่ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการปลูกในเขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานครที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 912 และ 2,156 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนค่าดัชนีเก็บเกี่ยวพบว่าการปลูกในกรุงเทพมหานครให้ค่าเฉลี่ยสูงกว่าจังหวัดเชียงราย โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.42 และ 0.38 ตามลำดับ ผลการทำนายข้าวมีผลผลิต น้ำหนักแห้งรวม และค่าดัชนีเก็บเกี่ยวแปรปรวนไปในแต่ละปี จากการสังเกตพบว่าในบางปี เช่น ปี 2565, 2566, 2567, 2572 และ 2574 ข้าวที่ปลูกในเขตลาดกระบังให้ผลผลิตสูงกว่าจังหวัดเชียงราย ทั้ง ๆ ที่มีน้ำหนักแห้งรวมต่ำกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในช่วงปีที่กล่าวมาข้างต้นข้าวที่ปลูกในเขตลาดกระบังมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงกว่า ซึ่งจากรายงานของ Oteng-Darko,P. et.al. (2012) พบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการทำนายผลผลิตข้าว โดยการทำนายที่ระยะเวลา 8 ปี (1989 - 2006) ข้าวให้ผลผลิตที่ค่อนข้างแปรปรวนตามอุณหภูมิในแต่ละปีนั้น ๆ

ตารางที่ 4.36 การทำนายผลผลิต น้ำหนักแห้ง และดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวที่ปลูกทุกวันที่ 5 พ.ย. ของปีตั้งแต่พ.ศ. 2565 - 2574 ในเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

วันปลูก	ผลผลิต (กก./ไร่)		น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)		ดัชนีเก็บเกี่ยว	
	ลาดกระบัง	เชียงราย	ลาดกระบัง	เชียงราย	ลาดกระบัง	เชียงราย
5 พ.ย. 65	962	750	2,235	2,648	0.43	0.28
5 พ.ย. 66	917	702	2,037	2,678	0.45	0.26
5 พ.ย. 67	1,013	457	2,174	2,433	0.47	0.19
5 พ.ย. 68	791	1,318	2,014	2,614	0.39	0.50
5 พ.ย. 69	516	1,393	1,959	2,573	0.26	0.54
5 พ.ย. 70	822	1,036	2,183	2,564	0.38	0.40
5 พ.ย. 71	1,245	1,436	2,093	2,644	0.60	0.54
5 พ.ย. 72	1,285	717	2,477	2,593	0.52	0.28
5 พ.ย. 73	782	1,383	2,112	2,730	0.37	0.51
5 พ.ย. 74	784	676	2,272	2,211	0.35	0.31
ค่าเฉลี่ย	*912*	*987*	*2,156*	*2,569*	*0.42*	*0.38*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.2 แสดงอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกข้าวญี่ปุ่นในเขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ตลอดช่วง 10 ปี (พ.ศ. 2565 - 2574) จาก**ภาพที่ 4.2a** อุณหภูมิของเขตลาดกระบังในช่วง 10 ปีข้างหน้า พบว่ามีอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูงเนื่องจากเขตลาดกระบังอยู่ในภาคกลางที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูง โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดช่วง 10 ปีประมาณ 18.17 ℃ และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 31.1 ℃ และจาก**ภาพที่ 4.2b** แสดงข้อมูลอุณหภูมิของอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย เนื่องจากเป็นพื้นที่ภาคเหนือที่มีอุณหภูมิต่ำ พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดช่วง 10 ปีข้างหน้าที่ต่ำกว่าเขตลาดกระบัง โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดช่วง 10 ปีประมาณ 12.73 ℃ และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 27.41 ℃ จากภาพจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดช่วง 10 ปี ตั้งแต่ปีพ.ศ.2565 - 2574 ของเขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีอุณหภูมิเฉลี่ย (24.6 ℃) สูงกว่าอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย (20.1 ℃) และมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์อยู่ระหว่าง 15.1 - 17.3 เมกาจูล/ตร.ม./วัน ซึ่งสูงกว่าในอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายที่มีค่ารังสีดวงอาทิตย์อยู่ระหว่าง 13.6 - 16.7 เมกาจูล/ตร.ม./วัน



ภาพที่ 4.2 อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และรังสีดวงอาทิตย์ สำหรับ a) เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และ b) อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ตั้งแต่พ.ศ. 2565 - 2574

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาส่วนที่ 1 อิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นสรุปได้ว่าวันปลูกมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าว โดยวันปลูกที่ 2 ข้าวมีอายุเก็บเกี่ยวยาวกว่าวันปลูกที่ 1 ประมาณ 14 วัน ข้าวมีความสูงต้น จำนวนหน่อต่อกอ น้ำหนักแห้ง ผลผลิต ดัชนีเก็บเกี่ยว เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี การดูดใช้ไนโตรเจนและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนสูงกว่าวันปลูกที่ 1 ผลการศึกษาสรุปได้ว่าแหล่งของไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อจำนวนหน่อต่อกอ ดัชนีพื้นที่ใบ อัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง ผลผลิต การดูดใช้ไนโตรเจนและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน โดยการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยปอเทือง แต่จะแตกต่างจากกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยปอเทืองและกรรมวิธีควบคุม ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจน พบว่าข้าวมีการตอบสนองต่อวันปลูกและแหล่งของไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับอัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง ผลผลิต การดูดใช้ไนโตรเจนและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน

การศึกษาส่วนที่ 2 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice ประเมินอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวญี่ปุ่น สรุปได้ว่าแบบจำลองสามารถประเมินความสอดคล้องระหว่างค่าสังเกตกับค่าทำนายของข้าวญี่ปุ่นได้ดีสำหรับระยะพัฒนาการ ดัชนีพื้นที่ใบ พื้นที่ใบเฉพาะ ดัชนีเก็บเกี่ยว และผลผลิต สามารถนำข้าวญี่ปุ่นมาปลูกในพื้นที่ภาคกลางได้ แต่ควรปลูกในช่วงกลางเดือนตุลาคมจนถึงต้นเดือนพฤศจิกายน และควรมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 24 กก.N/ไร่

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาข้างต้นชี้ให้เห็นว่าวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย ดังนั้นจึงควรกำหนดวันปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ก.วก.1 และควรเลือกใช้ปุ๋ยไนโตรเจนจากแหล่งที่เหมาะสมเพื่อให้ข้าวได้รับไนโตรเจนอย่างเหมาะสมตลอดฤดูปลูก ซึ่งจากการใช้ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองของการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองสามารถนำมาใช้ทดแทนปุ๋ยเคมี หรือการนำมาใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีส่งผลให้ข้าวมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นการเลือกใช้ปุ๋ยจากแหล่งที่เหมาะสมจะช่วยลดต้นทุนการผลิต อีกทั้งการใช้ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองยังช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ซึ่งส่งผลต่ออินทรียวัตถุของดินในระยะยาวอีกด้วย และการนำแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำแบบจำลองสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยประเมินวันปลูก แหล่งปุ๋ย การจัดการปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นได้โดยที่ไม่ต้องทำการปลูกทดสอบจริง อีกทั้งยังช่วยประหยัดต้นทุน แรงงาน และระยะเวลาในการศึกษา กล่าวได้ว่าแบบจำลองสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแนวทางในระบบการผลิตข้าวญี่ปุ่นต่อไปในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2549. **เทคโนโลยีการผลิตข้าวจาปอนิกาในประเทศไทย.** เชียงราย : ศูนย์วิจัยข้าวเชียงราย สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมการข้าว. 2564. **องค์ความรู้เรื่องข้าว ข้าวญี่ปุ่น ก.วก.1.** [Online]. Available: http://webold.ricethai land.go.th/rkb3/ title-index.php-file=content.php&id=83.htm.

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

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2566. **ภูมิอากาศของประเทศไทย.** [Online]. Available: https://www.tmd.go.th/info/ภูมิอากาศของประเทศไทย.

กิตติพงศ์ ก่อการ, สิรวิชญ์ จำปาเงิน และนิตยา ผกามาศ. 2563. “ผลของการใส่ปุ๋ยพืชสดปอเทืองในอัตราไนโตรเจนที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1.” **วารสารแก่นเกษตร.** 48(1): 541-546.

เข็มพร เพชราภรณ์ และอมรรัตน์ อินทร์มั่น. 2558. “การวิจัยค่าดัชนีพื้นที่ใบข้าวในข้าวพันธุ์ดีที่มีการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันที่ศูนย์วิจัยข้าวคลองหลวง.” ใน **การประชุมวิชาการข้าว กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคกลางและตะวันตกและกลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคตะวันออกประจำปี 2557.** สุพรรณบุรี : กรมการข้าว กองวิจัยและพัฒนาข้าว ศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรี

จำเป็น อ่อนทอง และจักรกฤษณ์ พูนภักดี. 2565. **คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช.** สงขลา : คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เฉลิมพล แซมเพชร. 2535. **สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่ (Crop physiology).** เชียงใหม่ : ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชิษณุชา บุดดาบุญ, อรรถชัย จินตะเวช และเกอร์ริต ฮูเกนบูม. 2554. “การปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวโดยใช้ GENCALC และ GLUE.” หน้า 219-226. ใน **การประชุมวิชาการระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 7.** มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ชุติวัฒน์ วรรณสาย. 2547. **การจัดการธาตุอาหารหลักในนาข้าว.** พิษณุโลก : ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2.

นิทัศน์ สิทธิวงศ์, บุญดิษฐ์ วรินทร์รักษ์ และปิยะพันธ์ ศรีคุ้ม. 2541ก. “ผลของอุณหภูมิสะสมต่อพัฒนาการของข้าวจาโปนิกา.” หน้า 240-243. ใน **รายงานประจำปี 2540.** เชียงราย : สถานีทดลองข้าวพาน สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นิทัศน์ สิทธิวงศ์, บุญดิษฐ์ วรินทร์รักษ์ และปิยะพันธ์ ศรีคุ้ม. 2541ข. “การใช้ปุ๋ยพืชสดบางชนิดในการปลูกข้าวจาปอนิกา.” หน้า 244-250. ใน **รายงานประจำปี 2540.** เชียงราย : สถานีทดลองข้าวพาน สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บุญดิษฐ์ วรินทร์รักษ์, วิชัย คำชมภู, เชิดเชาว์ เหล่าอรรคะ, มาโนช พุกเกลี้ยง, ไพโรจน์ โชตินิสากรณ์, พรรณี จิตตา, นิทัศน์ สิทธิวงศ์, พรชัย เตจ๊ะ และสง่า โนจักร. 2541. “การปรับปรุงพันธุ์ข้าวจาปอนิกาในเขตภาคเหนือตอนบน.” หน้า 87-163. ใน **รายงานประจำปี 2540.** เชียงราย : สถานีทดลองข้าวพาน สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ประภาส วีระแพทย์. 2531. **ความรู้เรื่องข้าว.** กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร กองการข้าว สาขาคัดพันธุ์ต้านทานศัตรูข้าว.

พรเพ็ญ สมจิตร์ และนิตยา ผกามาศ. 2554. “ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะต่างๆ และผลผลิตในข้าวพันธุ์ไม่ไวต่อช่วงแสง.” **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.** 29 :3 51-57.

พรเพ็ญ สมจิตร์ และนิตยา ผกามาศ. 2555. “ผลของวันปลูกต่ออัตราการเจริญเติบโตในระยะการสืบพันธุ์และผลผลิตของข้าวพันธุ์ไม่ไวแสง.” **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.** 30 :1 62-70.

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

วลัยพร แสนวงษ์, นพรัตน์ ม่วงประเสริฐ และสถิตย์ อิทราวุธ. 2538. “ปริมาณไนโตรเจนที่ข้าวญี่ปุ่นต้องการในการให้ผลผลิตในดินนาชุดลำปาง.” หน้า 50-70. ใน **รายงานการสัมมนาวิชาการการพัฒนางานวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ครั้งที่ 10 วันที่ 20-21 กุมภาพันธ์ 2538**. แพร่ : ศูนย์วิจัยข้าวแพร่.

วิชัย คำชมพู. 2538. “โครงการพัฒนาข้าวญี่ปุ่น.” ใน **เอกสารการประกอบการสัมมนาโครงการส่งเสริมการปลูกข้าวญี่ปุ่น.** เชียงราย : โรงแรมลิตเติ้ลดั๊ก.

วิไล ปาละวิสุทธิ์, ดวงอร อริยพฤกษ์, จิตติชัย อนาวงษ์ และพรสุรี กาญจนา. 2538. “อิทธิพลของวันปลูกต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวญี่ปุ่น.” **วารสารวิชาการเกษตร.** 13(2) : 102-109.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2563. **การนำเข้าข้าวภายใต้ AFTA (1 พ.ค.-30 ก.ย. ของทุกปี) ช่วยผู้ประกอบการอาหารแปรรูปบริหารวัตถุดิบควบคุมต้นทุนการผลิต.** [Online]. Available: https://www.kasikornresearch.com/TH/analysis/k-social-media/Pages/Rice-FB-15072 0.aspx.

สมพร ดำยศ. 2556. “ผลของอัตราเมล็ดปอเทืองที่มีต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และปริมาณไนโตรเจนของข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ปลูกในดินนาชุดดินพัทลุง.” หน้า 214-221. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51: สาขาพืช.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถานีพัฒนาที่ดินสุพรรณบุรี. 2559. **ความรู้เรื่องดินและการจัดการเพื่อการเกษตร.** [Online]. Available: http://r01.ldd.go.th/spb/new59/marl25022016/doccument.pdf.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิรวิชญ์ จำปาเงิน และ นิตยา ผกามาศ. 2563. “อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยยูเรียต่อผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง.” **วารสารแก่นเกษตร.** 48(1) : 567-572.

สิริพร พูลเต็ม, สุมิตตา แสนจำหน่าย, คะนึงนิจ เจียวพ่วง, นงภัทร ไชยชนะ และ ทิวา พาโคกทม. 2560. “ผลของอัตราและชนิดปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวจาปอนิกา.” **วารสารแก่นเกษตร.** 45(1) : 176-181.

สุทธิ์เดชา ขุนทอง, ชัยสิทธิ์ วัฒนาวังจงสุข และสุรเชษฐ์ นาราภัทร์. 2562. “การเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนที่เกิดจากกระบวนการมิเนอรัลไลเซชัน และอินทรียวัตถุที่ปรับปรุงดินด้วยปอเทือง.” **วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร.** 36(2) : 33-44.

สโรชา โพธิ์ไพจิตร์ และนิตยา ผกามาศ. 2565. “ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสดปอเทืองในระยะแตกกอของข้าว.” **วารสารแก่นเกษตร.** (ฉบับพิเศษ 1) : 457-462.

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

Arunyanark, A., Jogloy, S., Akkasaeng, C., Vorasoot, N., Kesmala, T., Nageswara Rao, R.C., Wright, G.C. and Patanothai, A. 2008. “Chlorophyll Stability is an Indicator of Drought Tolerance in Peanut.” **Journal of Agronomy and Crop Science.** 194: 113-125.

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

Bryson, G.M. and Mill, H.A. 2015. “Nitrogen (N) and Potassium (K).” 62-103. In **Plant Analysis Handbook IV**. Georgia : Athens.

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

Chaudhary, M. and Narwal, R.P. 2006. “Effect of Long-Term Application of FYM and Fertilizer N on Available P, K and S Content of Soil.” In **18th World Congress of Soil Science.** USA : Philadelphia.

Cordero-Lara, K.I. 2020. “Temperate japonica rice (*Oryza sativa* L.) breeding: History, present and future challenges.” **Chilean Journal Agricultural Research.** 80(2) : 303-314.

Dobermann, A.R. 2005. **Nitrogen use efficiency: State of the art.** Agronomy & Horticulture-FacultyPublications. [Online]. Available: http://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpu b/316.

Dusserre, J., Autfray, P., Rakotoarivelo, M., Rakotoson, T., and Raboin, L.M. 2020. “Effects of contrasted cropping systems on yield and N balance of upland

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

rainfed rice in Madagascar: Inputs from the DSSAT model". **Experimental Agriculture**. 1-16.

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.

Fageria, N.K., Baligar, V.C. and Jones, C.A. 2011**. Growth and mineral nutrition of field crops.** 3rd. ed. Florida : CRC Press.

Grist, D.H. 1959. **Rice** 3rd. ed. London : Longmans.

Hoogenboom, G., Porter, C.H., Shelia, V., Boote, K.J., Singh, U., White, J.W., Pavan, W., Oliveira, F.A.A., Moreno-Cadena, L.P., Lizaso, J.I., Asseng, S., Pequeno, D.N.L., Kimball, B.A., Alderman, P.D., Thorp, K.R., Jones, M.R., Cuadra, S.V., Vianna, M.S., Villalobos, F.J., Ferreira, T.B., Batchelor, W.D., Koo, J., Hunt, L.A., and Jones, J.W. 2021**. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.8 (DSSAT.net).** USA : DSSAT Foundation, Gainesville, Florida.

Hossain, M.B., Roy, D., Maniruzzaman, M., Biswas, J.C., Naher, U.A., Haque, M.M. and Kalra, N. 2021. "Response of crop water requirement and yield of irrigated rice to elevated temperature in Bangladesh." **International Journal of Agronomy.** 1-11.

Islam, S.S., and Hasan, A.K. 2021. "Determination of Upland Rice Cultivar Coefficient Specific Parameters for DSSAT (Version 4.7)-CERES-Rice Crop Simulation Model and Evaluation of the Crop Model under Different Temperature Treatments conditions." **American Journal of Plant Sciences.** 12 : 782-795.

Jetro Bangkok. 2022. **2022 Survey of Japanese Restaurants.** [Online]. Available: https:// www.jetro.g o.jp/thailand/topics/_476981.html

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. "DSSAT Cropping System Model." **European Journal of Agronomy.** 18 : 235-265.

Khaokhrueamuang, A. 2021. "The Commodification of 'Rurality' to Tourism: A Creative Model for Sustaining Japonica Rice Production in Northern Thailand." 179-190. in **The International Conference on Tourism and Business, 12-14 January 2015.** Thailand : Mahidol University International College (Thailand) and Lucerne University of Applied Sciences and Arts (Switzerland).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kramer, A.W., Doane, T.A., Horwath, W.R. and Kessel, C.V. 2002. "Combining fertilizer and organic inputs to synchronize N supply in alternative cropping systems in California." **Agriculture, Ecosystems and Environment.** 91 : 233-243.

Krishna, A., Biradarpatil, K. and Manjappa, K. 2009. "Influence of seedling age and spacing on seed yield and quality of short duration rice under system of rice intensively cultivation." **Karnataka Journal of Agricultural Sciences.** 22 : 53-55.

LECO Corporation. 2016. "Operation" 1-56**.** In: **Trumac CNS/NS Carbon/Nitrogen/Sulfur Determinators Instruction Manual.** U.S. : LECO Europe B.V.

Matsui, T., Omasa, K. and Horie, T. 2001. "The difference in sterility due to high temperature during the flowering period among Japonica-rice varieties." **Plant Production Science.** 4(2) : 90-93.

Mishra, A. and Salokhe, V.M. 2011. "Rice root growth and physiological responses to SRI water management and implications for crop productivity." **Paddy Water Environment.** 9 : 41-45.

Nakwilai, P., Cheabu, S., Narumon, P., Saensuk, C., Arikita, S. and Malumpong, C. 2020. "Evaluation of japonica rice (*Oryza sativa* L.) varieties and their improvement in terms of stability, yield and cooking quality by pure-line selection in Thailand." **Science Asia**. 46 : 157-168.

NASA Langley Research Center (LaRC). 2022. **The Prediction of Worldwide Energy Resources (POWER) project.** [Online]. Available : https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/

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 : 401-408.

Penning de Vries, F.W.T., Jansen, D.M., Ten Berge, H.F.M. and Bakema, A. 1989. **Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops.** Pudoc, P. O. Wageningen. Netherlands : Pudoc, P. O. Wageningen.

Phakamas, N., Jintrawet, A., Patanothai, A., Sringam, P., and Hoogenboom, G. 2013. "Estimation of solar radiation based on air temperature and application with the DSSAT v4.5 peanut and rice simulation models in Thailand." **Agricultural and Forest Meteorology.** 180 : 182-193.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Phopaijit, S., Suraphonphinit, A. and Phakamas, N. 2022. “Effects of chicken manure and chemical fertilizer on growth and yield of Japonica rice.” **International Journal of Agricultural Technology.** 18(1) : 293-310.

Prasad, L.R.V. and Mailapalli, D.R. 2018. “Evaluation of nitrogen fertilization patterns using DSSAT for enhancing grain yield and nitrogen use efficiency in rice.” **Communications in Soil Science and Plant Analysis.** 1-17.

Ramkhamhaeng University, Center of Regional Climate Change ana Renewable Energy (RU-CORE). 2018. **SEACLID/CORDEX Southeast Asia output for DSSAT Models.** [Online]. Available : http://www.rucore.ru.ac.th/SARCCIS.

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

Russelle, M.P., Wilhelm, W.W., Olson, R.A. and Power, J.F. 1984. “Growth Analysis Based on Degree Days1.” **Crop Science.** 24(1) : 28-32.

Sailaja, B., Voleti, S.R., Subrahmanyam, D. and Kumar, R.N. 2014. “Evaluation and application of DSSAT- Rice model to irrigated ecosystem.” **Agricultural & Horticultural Sciences.** 2(4) : 135.

Suanphrom, N., Khurnpoon, L. and Phakamas, N. 2023. “Small scale method for estimation of genetic coefficients of photoperiodinsensitive rice using generalized likelihood uncertainty estimation.” **Agriculture and Natural Resources.** 57 : 211-222.

Tayefe, M., Gerayzade, A., Amiri, E., and Zade, A.N. 2014. “Effect of nitrogen on rice yield, yield components and quality parameters.” **African Journal of Biotechnology.** 13(1) : 91-105.

Terry, R.E., Nelson, D.W. and Sommers, L.E. 1981. “Nitrogen Transformations in Sewage Sludge—Amended Soils as Affected by Soil Environmental Factors[1].” **Soil Science Society of America Journal.** 45(3) : 506-513.

Wu, Y., Qiu, X., Zang, K., Chen, Z., Pang, A., Tian, Y., Cao, W., Liu, X. and Zhu, Y. 2020. “A rice model system for determining suitable sowing and transplanting dates.” **Agronomy.** 10(4) : 604.

Yoshida, S. and Hara, T. 1976. “Effects of air temperature and light on grain filling of an indica and a Japonica rice (*Oryza sativa* L.) under controlled environmental conditions.” **Journal of Soil Science and Plant Nutrition.** 23(1) : 93-107.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Yoshida, S. 1981. **Fundamentals of Rice Crop Science.** Philippines : International Rice Research Institute.

Zhou, Z., Jin, J., Song, L. and Yan, L. 2021. “Effects of temperature frequency trends on projected japonica rice (*Oryza sativa* L.) yield and dry matter distribution with elevated carbon dioxide.” **PeerJ.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

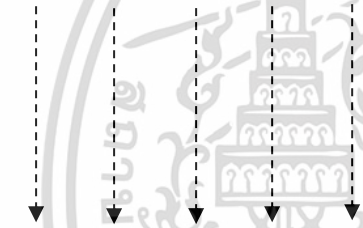
ตารางผนวกที่ 1 ตัวอย่างไฟล์ข้อมูลดิน

```
*SOILS: General DSSAT Soil Input File

================================================================================================

*KMLB0001    ITL       C C          30  BK KMITL
@SITE        COUNTRY          LAT     LONG SCS FAMILY
 Generic     Generic         13.73  100.78 Generic
@ SCOM  SALB  SLU1  SLDR  SLRO  SLNF  SLPF  SMHB  SMPX  SMKE
    BL   .09     6    .6    61     1     1 IB001 IB001 IB001
@  SLB  SLMH  SLLL  SDUL  SSAT  SRGF  SSKS  SBDM  SLOC  SLCL  SLSI  SLCF  SLNI  SLHW  SLHB  SCEC  SADC
    15     A  .414  .598   1.4     1   .06   .67  2.44  67.4    30   3.6   .16     4   -99   -99   -99
    30     A  .414  .598   1.4  .638   .06   .67  2.44  67.4    30   3.6   .16     4   -99   -99   -99

*KMJK0001    ITL       C C          30  JK KMITL
@SITE        COUNTRY          LAT     LONG SCS FAMILY
 Generic     Generic         13.73  100.78 Generic
@ SCOM  SALB  SLU1  SLDR  SLRO  SLNF  SLPF  SMHB  SMPX  SMKE
    BL   .09     6   .25    61     1     1 IB001 IB001 IB001
@  SLB  SLMH  SLLL  SDUL  SSAT  SRGF  SSKS  SBDM  SLOC  SLCL  SLSI  SLCF  SLNI  SLHW  SLHB  SCEC  SADC
    15     A  .414  .597  .601     1   .06  1.16  2.44  63.8    33   3.1   .11     4   -99   -99   -99
    30     A  .414  .597  .601  .638   .06  1.16  2.44  63.8    33   3.1   .11     4   -99   -99   -99
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 ตัวอย่างไฟล์ข้อมูลสภาพอากาศ

```
*WEATHER  DATA :Weather
@ INSI      LAT     LONG  ELEV   TAV   AMP REFHT WNDHT
  NASA   13.731  100.789   8.0  25.6   5.5   2.0   2.0
@DATE  SRAD  TMAX  TMIN  RAIN
21001  19.7  27.2  16.3   0.0
21002  20.1  28.2  16.8   0.0
21003  20.3  30.9  18.4   0.0
21004  19.4  31.0  20.0   0.0
21005  15.6  31.8  21.0   0.0
21006  19.2  32.8  22.3   0.0
21007  19.9  32.7  22.1   0.0
21008  19.4  31.9  22.5   0.0
21009  20.4  29.6  19.0   0.0
21010  21.0  29.8  18.2   0.0
21011  20.2  29.8  18.6   0.0
21012  19.8  26.5  16.0   0.0
21013  21.2  28.2  15.6   0.0
21014  21.2  30.8  17.4   0.0
21015  20.0  31.9  19.4   0.0
21016  19.8  31.6  20.9   0.0
21017  17.6  31.9  22.7   0.0
21018  20.6  29.1  18.7   0.0
21019  20.0  29.6  17.1   0.0
21020  20.6  30.8  18.3   0.0
21021  17.5  31.8  20.4   0.0
21022  19.5  32.4  19.8   0.0
```



```
21348  19.6  28.8  19.6   0.0
21349  19.5  29.9  20.1   0.0
21350  19.7  31.1  20.5   0.0
21351  18.1  31.5  22.2   0.0
21352  17.9  28.7  22.5   0.0
21353  14.5  28.1  20.5   0.0
21354  18.8  27.6  18.8   0.0
21355  17.8  29.4  19.5   0.0
21356  19.0  30.5  19.4   0.0
21357  18.1  30.2  21.4   0.0
21358  17.5  30.6  22.9   0.1
21359  17.7  30.8  23.1   1.7
21360  16.7  30.3  23.4   1.1
21361  18.7  31.2  23.4   0.2
21362  19.7  30.2  20.6   0.0
21363  16.8  31.2  21.4   0.0
21364  15.1  30.3  22.3   0.0
21365  18.2  29.5  21.0   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
TR0005 DOA 1             . IB0001 388.5  20.0 381.8  12.0  73.8 .0275  1.10  83.0  24.3  15.0 15.0! 1.15
1.0
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 ไฟล์ข้อมูลการจัดการ (File X)

```
*EXP.DETAILS: BKJK2201RI JK

*GENERAL
@PEOPLE
JK
@ADDRESS
KMITL
@SITE
LB

*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 Control                    1  1  1  0  1  1  0  0  0  0  0  0  1
 2 1 1 0 GM                         1  1  1  0  1  1  0  1  0  0  0  0  1
 3 1 1 0 CM                         1  1  1  0  1  1  1  0  0  0  0  0  1
 4 1 1 0 CM+GM                      1  1  1  0  1  1  2  2  0  0  0  0  1

*CULTIVARS
@C CR INGENO CNAME
 1 RI TR0005 DOA 1

*FIELDS
@L ID_FIELD WSTA....  FLSA  FLOB  FLDT  FLDD  FLDS  FLST SLTX  SLDP  ID_SOIL    FLNAME
 1 BKJK2201 BKLB       -99   -99   -99   -99   -99   -99 C      -99  KMLB0001   -99
@L .............XCRD .............YCRD .....ELEV .............AREA .SLEN .FLWR .SLAS FLHST FHDUR
 1             -99              -99              -99              -99   -99   -99   -99   -99   -99

*SOIL ANALYSIS
@A SADAT  SMHB  SMPX  SMKE  SANAME
 1 22001   -99   -99   -99  -99
@A  SABL  SADM  SAOC  SANI SAPHW SAPHB  SAPX  SAKE  SASC
 1    15   -99   -99   .16     4   -99   -99   -99   -99

*INITIAL CONDITIONS
@C   PCR ICDAT  ICRT  ICND  ICRN  ICRE  ICWD ICRES ICREN ICREP ICRIP ICRID ICNAME
 1    RI 22106   500   -99     1     1   -99   -99   -99   -99   -99     5 -99
@C  ICBL  SH2O  SNH4  SNO3
 1     5   -99   -99   -99

*PLANTING DETAILS
@P PDATE EDATE  PPOP  PPOE  PLME  PLDS  PLRS  PLRD  PLDP  PLWT  PAGE  PENV  PLPH  SPRL                    PLNAME
 1 22106   -99    17   -99     N     H    20   -99     1   -99    25    32   -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 22106 IR010     0
 1 22110 IR008     2
 1 22115 IR009    10
 1 22120 IR003   100
 1 22125 IR003   100
 1 22135 IR003   100
 1 22140 IR003   100
 1 22145 IR003   100
 1 22150 IR003   100
 1 22155 IR003   100
 1 22160 IR003   100
 1 22165 IR003   100
 1 22170 IR003     0

*FERTILIZERS (INORGANIC)
@F FDATE  FMCD  FACD  FDEP  FAMN  FAMP  FAMK  FAMC  FAMO  FOCD FERNAME
 1 22125 FE005 AP016     1   163   -99   -99   -99   -99   -99 100%
 1 22156 FE005 AP012     1   163   -99   -99   -99   -99   -99 100%
 2 22125 FE005 AP016     1    82   -99   -99   -99   -99   -99 50%
 2 22156 FE005 AP012     1    82   -99   -99   -99   -99   -99 50%

*RESIDUES AND ORGANIC FERTILIZER
@R RDATE  RCOD  RAMT  RESN  RESP  RESK  RINP  RDEP  RMET RENAME
 1 22092 RE002  4438  3.38   -99   -99   100    15   -99 100%
 2 22092 RE002  2219  3.38   -99   -99   100    15   -99 50%

*SIMULATION CONTROLS
@N GENERAL     NYERS NREPS START SDATE RSEED SNAME..................... SMODEL
 1 GE              1     1     S 21200  2150 DEFAULT SIMULATION CONTR
@N OPTIONS     WATER NITRO SYMBI PHOSP POTAS DISES  CHEM  TILL   CO2
 1 OP              Y     Y     N     N     N     N     N     N     M
@N METHODS     WTHER INCON LIGHT EVAPO INFIL PHOTO HYDRO NSWIT MESOM MESEV MESOL
 1 ME              M     M     E     R     S     C     R     1     G     S     2
@N MANAGEMENT  PLANT IRRIG FERTI RESID HARVS
 1 MA              R     R     R     R     M
@N OUTPUTS     FNAME OVVEW SUMRY FROPT GROUT CAOUT WAOUT NIOUT MIOUT DIOUT VBOSE CHOUT OPOUT FMOPT
 1 OU              N     Y     Y     1     Y     N     Y     Y     N     N     Y     N     N     A

@  AUTOMATIC MANAGEMENT
@N PLANTING    PFRST PLAST PH2OL PH2OU PH2OD PSTMX PSTMN
 1 PL          22001 22001    40   100    30    40    10
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
@N IRRIGATION  IMDEP ITHRL ITHRU IROFF IMETH IRAMT IREFF
 1 IR             30    50   100 GS000 IR003    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 22001   100     0
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 ไฟล์ข้อมูลงานทดลอง (File T)

*EXP. DATA (T): BKJK2201RI My Rice experiment Time-course (T) data

@TRNO	DATE	T#AD	LAID	SLAD	HIAD	CWAD	GWAD	GN%D
1	22105	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	22149	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	22169	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	22197	131	1.47	121	0.29	3877	1171	1.21
2	22105	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
2	22149	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
2	22169	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
2	22197	319	3.41	133	0.24	9606	2551	1.50
3	22105	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
3	22149	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
3	22169	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
3	22197	163	2.00	116	0.26	7109	1999	1.40
4	22105	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
4	22149	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
4	22169	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
4	22197	225	2.29	138	0.23	7247	1833	1.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 ไฟล์ข้อมูลงานทดลอง (File A)

```
*EXP. DATA (A): BKJK2201RI My Rice experiment Average performance (A) data

@TRNO    IDAT  ADAT  MDAT  T#AM  LAIH  HIAM  CWAM  HWAM  GN%M
     1 22149 22169 22197   131  1.47  0.29  3877  1171  1.21
     2 22149 22169 22197   319  3.41  0.24  9606  2551  1.50
     3 22149 22169 22197   163  2.00  0.26  7109  1999  1.40
     4 22149 22169 22197   225  2.29  0.23  7247  1833  1.48
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 การทำนายน้ำหนักแห้งรวมของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกทุกวันที่ 5 และ 16 ของเดือนตั้งแต่มกราคมถึงธันวาคม 2565

วันปลูก	น้ำหนักแห้งรวม (กก./ไร่)				
	ไม่ใส่ปุ๋ย	ปุ๋ยปอเทือง	ปุ๋ยเคมี	ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	*ค่าเฉลี่ย*
5 ม.ค. 65	340	1,437	1,369	1,552	1,174
16 ม.ค. 65	320	1,771	1,933	2,065	*1,522*
5 ก.พ. 65	510	2,067	2,192	2,211	*1,745*
16 ก.พ. 65	576	2,025	1,988	2,002	*1,648*
5 มี.ค. 65	381	2,037	2,091	2,039	*1,637*
16 มี.ค. 65	317	1,982	1,961	1,982	*1,560*
5 เม.ย. 65	500	1,832	1,832	1,832	*1,499*
16 เม.ย. 65	464	1,813	1,739	1,813	*1,457*
5 พ.ค. 65	569	1,884	1,886	1,886	*1,556*
16 พ.ค. 65	481	1,870	1,870	1,870	*1,522*
5 มิ.ย. 65	627	1,815	1,815	1,815	*1,518*
16 มิ.ย. 65	563	1,781	1,781	1,781	*1,477*
5 ก.ค. 65	714	1,730	1,730	1,730	*1,476*
16 ก.ค. 65	601	1,699	1,699	1,699	*1,425*
5 ส.ค. 65	1,023	1,683	1,683	1,683	*1,518*
16 ส.ค. 65	655	1,698	1,698	1,698	*1,437*
5 ก.ย. 65	960	1,794	1,781	1,792	*1,582*
16 ก.ย. 65	593	1,829	1,715	1,798	*1,484*
5 ต.ค. 65	1,547	1,956	1,956	1,956	*1,854*
16 ต.ค. 65	1,184	1,863	1,866	1,864	*1,694*
5 พ.ย. 65	1,077	2,242	2,241	2,242	*1,951*
16 พ.ย. 65	1,106	2,138	2,132	2,135	*1,878*
5 ธ.ค. 65	583	2,192	2,276	2,283	*1,833*
16 ธ.ค. 65	1,124	1,945	1,945	1,944	*1,740*
ค่าเฉลี่ย	*701*	*1,878*	*1,882*	*1,903*	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 8 การทำนายดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกทุกวันที่ 5 และ 16 ของเดือนตั้งแต่มกราคมถึงธันวาคม 2565

วันปลูก	ดัชนีเก็บเกี่ยว				
	ไม่ใส่ปุ๋ย	ปุ๋ยปอเทือง	ปุ๋ยเคมี	ปุ๋ยปอเทือง + ปุ๋ยเคมี	*ค่าเฉลี่ย*
5 ม.ค. 65	0.14	0.32	0.32	0.31	*0.28*
16 ม.ค. 65	0.19	0.26	0.24	0.26	*0.24*
5 ก.พ. 65	0.21	0.21	0.24	0.23	*0.22*
16 ก.พ. 65	0.16	0.16	0.15	0.15	*0.15*
5 มี.ค. 65	0.31	0.31	0.30	0.31	*0.30*
16 มี.ค. 65	0.31	0.29	0.28	0.29	*0.29*
5 เม.ย. 65	0.33	0.32	0.32	0.32	*0.33*
16 เม.ย. 65	0.30	0.28	0.28	0.28	*0.29*
5 พ.ค. 65	0.34	0.32	0.32	0.32	*0.33*
16 พ.ค. 65	0.36	0.35	0.36	0.35	*0.36*
5 มิ.ย. 65	0.32	0.32	0.32	0.32	*0.32*
16 มิ.ย. 65	0.35	0.35	0.35	0.35	*0.35*
5 ก.ค. 65	0.33	0.33	0.33	0.33	*0.33*
16 ก.ค. 65	0.38	0.41	0.41	0.41	*0.40*
5 ส.ค. 65	0.32	0.33	0.33	0.33	*0.33*
16 ส.ค. 65	0.42	0.45	0.45	0.45	*0.44*
5 ก.ย. 65	0.38	0.45	0.43	0.45	*0.43*
16 ก.ย. 65	0.38	0.38	0.39	0.38	*0.38*
5 ต.ค. 65	0.34	0.38	0.38	0.38	*0.37*
16 ต.ค. 65	0.04	0.13	0.12	0.13	*0.10*
5 พ.ย. 65	0.35	0.41	0.41	0.41	*0.40*
16 พ.ย. 65	0.26	0.31	0.31	0.31	*0.30*
5 ธ.ค. 65	0.27	0.25	0.28	0.28	*0.27*
16 ธ.ค. 65	0.12	0.11	0.11	0.11	*0.11*
ค่าเฉลี่ย	*0.29*	*0.31*	*0.31*	*0.31*	

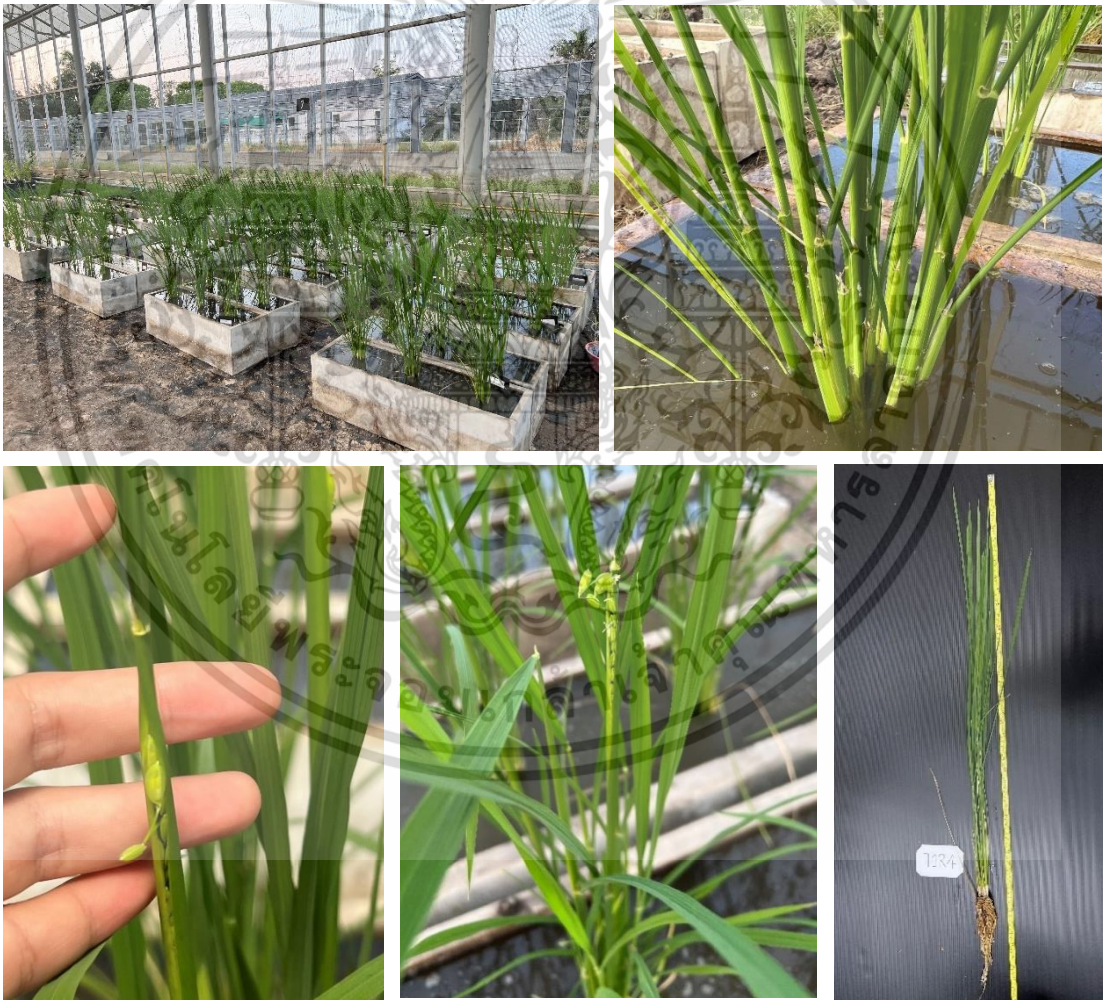
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ 1 การเตรียมปอเทือง (การปลูก ดูแล เก็บเกี่ยว และย่อยชีวมวลปอเทือง)

ภาพผนวกที่ 2 การเตียมดิน และการหมักปอเทือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ 3 การเพาะกล้า และการปลูกดูแลรักษา



ภาพผนวกที่ 4 การเก็บตัวอย่างที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของข้าวญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ 5 ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวญี่ปุ่น

ภาพผนวกที่ 6 เครื่องวัดพื้นที่ใบแบบตั้งโต๊ะ (รุ่น Li-3100 ยี่ห้อ Licor) และตู้อบลมร้อน

ภาพผนวกที่ 7 การเตรียมตัวอย่างพืชก่อนวิเคราะห์หาธาตุไนโตรเจนในข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล : นางสาวจุไรรัตน์ เข็มทอง

วันเดือนปีเกิด : 10 กุมภาพันธ์ 2541

ภูมิลำเนา : 84/1 ม.12 ตำบลศรีจุฬา อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก

การศึกษา : พ.ศ. 2553-2559 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนอุบลรัตนราชกัญญาราชวิทยาลัย นครนายก

: พ.ศ. 2559-2563 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี เกรดเฉลี่ย 3.26 วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

: พ.ศ. 2563-2566 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท เกรดเฉลี่ย 3.50 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

ทุนการศึกษาที่ได้รับ : ทุนยกเว้นค่าธรรมเนียมการศึกษา

: ทุนโครงการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 รหัสโครงการ 2565-02-04-008

งานตีพิมพ์ : **Khemtong, J.**, Phakamas, N. and Somchit, P. (2023). Effects of urea and sunn hemp on nitrogen use efficiency and physiological traits related to Japonica rice yield. International Journal of Agricultural Technology 19(3): 997-1010.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้