อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสดแหนแดงและปอเทืองต่อผลผลิตและคุณภาพการหุงต้มของข้าวจาปอนิกา

EFFECT OF APPLYING *AZOLLA MICROPHYLLA* AND *CROTALARIA JUNCEA* AS GREEN MANURES ON YIELD AND COOKING QUALITY OF JAPONICA RICE

อารียา สุรพลพินิจ

AREEYA SURAPHONPHINIT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2567

KMITL-2024-AG-M-065-431

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF APPLYING *AZOLLA MICROPHYLLA* AND *CROTALARIA JUNCEA* AS GREEN MANURES ON YIELD AND COOKING QUALITY OF JAPONICA RICE

AREEYA SURAPHONPHINIT

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

2024

KMITL-2024-AG-M-065-431

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2024
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสดแหนแดงและปอเทืองต่อผลผลิตและคุณภาพการหุงต้มของข้าวจาปอนิกา
นักศึกษา	นางสาวอารียา สุรพลพินิจ
รหัสประจำตัว	64604054
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2567
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.นิตยา ผกามาศ

บทคัดย่อ

ปุ๋ยไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของเมล็ดข้าว ในข้าวชนิดอินดิกาและจาปอนิกาจึงมีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนค่อนข้างสูง การใส่ปุ๋ยพืชสดจะช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจนในดินและเป็นประโยชน์สำหรับข้าวได้ ซึ่งผู้บริโภคจะตัดสินใจเลือกซื้อข้าวจากคุณภาพการหุงต้มที่สามารถคาดคะเนได้จากคุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดข้าว การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยการศึกษาส่วนที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากแหนแดงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวจาปอนิกา ดำเนินงานที่โรงเรือนทดลองของภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างเดือนมกราคม 2566 - พฤษภาคม 2566 จัดสิ่งทดลองแบบ 2x6 Factorial experiment in CRD จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย โดยปัจจัยที่ 1 คือ ข้าวญี่ปุ่น 2 พันธุ์ ได้แก่ ก.วก.1 (DOA1) และ ก.วก.2 (DOA2) ปัจจัยที่ 2 คือ อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง 6 อัตรา ได้แก่ 1) ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม) ส่วนกรรมวิธีที่ 2) ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่ 3) ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่ 4) ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่ 5) ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่ 6) ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่ บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต การดูดใช้ไนโตรเจน และประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าว จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธีโดยวิธี DMRT ผลการศึกษาพบว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีความสูงต้น ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งรวม อัตราการเจริญเติบโต เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ การดูดใช้ไนโตรเจน และประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนสูงกว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.2 อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งที่ต่างกันมีผลต่อความสูงต้น จำนวนหน่อต่อกอ น้ำหนักแห้งรวม อัตราการเจริญเติบโต ผลผลิต การดูดใช้ไนโตรเจน และประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับอัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง โดยการใส่แหนแดงแห้งในอัตรา 12 - 30 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีการเจริญเติบโตและผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใส่แหนแดงแห้งในอัตราที่น้อยเกินไปอาจจะไม่เพียงพอต่อการให้ผลผลิตข้าวหรือการใส่มากเกินไปอาจทำให้สิ้นเปลือง ดังนั้นอัตราการใส่แหนแดงแห้งที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น คือ 18 กก.N/ไร่

การศึกษาส่วนที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสดจากแหนแดง ปอเทือง และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพการหุงต้มของข้าวจาปอนิกา ดำเนินงานที่โรงเรือนทดลองของภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างเดือนมิถุนายน 2566 - ตุลาคม 2566 จัดสิ่งทดลองแบบ 2x4 Factorial experiment in CRD จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย โดยปัจจัยที่ 1 คือ ข้าวญี่ปุ่น 2 พันธุ์ ได้แก่ ก.วก.1 (DOA1) และ ก.วก.2 (DOA2) ปัจจัยที่ 2 คือ ชนิดของปุ๋ย ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย (กรรมวิธีควบคุม) 2) ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่ 3) ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่ 4) ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่ บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต การดูดใช้ไนโตรเจน ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน และคุณภาพการหุงต้มของข้าว จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธีโดยวิธี DMRT ผลการศึกษาพบว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีจำนวนหน่อต่อกอ ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งรวม อัตราการเจริญเติบโต เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ผลผลิต การดูดใช้ไนโตรเจน ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน และมีปริมาณอะไมโลเพกทินสูง แต่มีปริมาณอะไมโลสที่ต่ำกว่าพันธุ์ ก.วก.1 การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดมีผลต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต และความคงตัวของแป้งสุก โดยการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีความคงตัวของแป้งสุกสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ ผลการวิเคราะห์พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับชนิดของปุ๋ยสำหรับอัตราการเจริญเติบโต การดูดใช้ไนโตรเจน และความคงตัวของแป้งสุก โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเคมีสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ ทำให้มีความคงตัวของแป้งสุกสูงสุด การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดทำให้ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพการหุงต้มไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามการเตรียมปุ๋ยแหนแดงแห้งสามารถทำได้ง่าย สะดวก และแหนแดงแห้งสามารถย่อยสลายได้ไวอีกด้วย ดังนั้นการใส่แหนแดงแห้งในอัตรา 18 กก.N/ไร่ จึงน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำมาปรับใช้ร่วมกับการใส่ปุ๋ยชนิดอื่นๆ เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพการหุงต้มของข้าวญี่ปุ่น

คำสำคัญ: แหนแดง ข้าวจาปอนิกา ความคงตัวของแป้งสุก อัตราไนโตรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Effect of applying *Azolla microphylla* and *Crotalaria juncea* as green manures on yield and cooking quality of Japonica rice
Student	Miss Areeya Suraphonphinit
Student ID	64604054
Degree	Master of Science
Program	Agriculture
Year	2024
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Nittaya Phakamas

Abstract

Nitrogen fertilizer is important for the growth, yield and quality of rice. Indica and Japonica rice respond well to nitrogen fertilizers. The application of green manure increases the nitrogen content in the soil, which is beneficial for rice. The chemical properties of rice grains can forecast cooking quality, which consumers will utilize to inform their rice purchases. This study was divided into two parts. The objective of this first part was to determine the best rate of Azolla growth and yield for Japonica rice. The experiment was conducted at the farm of the Department of Plant Production Technology, School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, during January 2023 to May 2023. A 2x6 factorial experiment in CRD with four replications was used. There were two factors, the first was two Japonica rice varieties, including DOA1 and DOA2. The second factor was six nitrogen rates of Azolla dry matter consisting of 1) no Azolla dry matter, 2) applying Azolla dry matter at a rate of 37.5 kg N/ha, 3) applying Azolla dry matter at a rate of 75.0 kg N/ha, 4) applying Azolla dry matter at a rate of 112.5 kg N/ha, 5) applying Azolla dry matter at a rate of 150.0 kg N/ha and 6) applying Azolla dry matter at a rate of 187.5 kg N/ha. Data were collected on rice growth, yield components, yield, nitrogen uptake and nitrogen use efficiency. The data was subject to analysis of variance and means were separated by the DMRT method. The results showed that DOA1 had plant height, leaf area index, biomass, crop growth rate, percentage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

of unfilled grain, nitrogen uptake and nitrogen use efficiency higher than DOA2. Different nitrogen rates of Azolla dry matter had effects on plant height, tiller number per plant, biomass, crop growth rate, yield, nitrogen uptake and nitrogen use efficiency. The analysis result did not find an interaction between rice variety and nitrogen rate of Azolla dry matter. Applying 75.0-187.5 kg N/ha of Azolla dry matter did not have a significant effect on the growth and yield of two rice varieties. Insufficient application of Azolla dry matter might not be enough to enhance rice yield, while excessive application might result in waste. Therefore, the optimum rate of applying Azolla dry matter to the growth and yield of Japonica rice was 112.5 kg N/ha.

The objective of the second part was to compare the influence of applying Azolla and Sunn hemp as green manures and chemical fertilizer on the growth, yield and cooking quality of Japonica rice. The experiment was conducted at the farm of the Department of Plant Production Technology, School of Agricultural Technology, during June 2023 to October 2023. A 2x4 factorial experiment in CRD with four replications was used. There were two factors, the first was two Japonica rice varieties, including DOA1 and DOA2. The second factor was the type of fertilizer consisting of 1) no fertilizer, 2) applying Azolla dry matter at a rate of 112.5 kg N/ha, 3) applying Sunn hemp dry matter at a rate of 112.5 kg N/ha and 4) applying chemical fertilizer (46-0-0) at a rate of 112.5 kg N/ha. Data were obtained on rice growth, yield components, yield, nitrogen uptake, nitrogen use efficiency, and cooking quality. All data were taken to do analysis of variance and comparison between treatment means by the DMRT method. The results showed that DOA2 had a higher amount of tiller number per plant, leaf area index, biomass, crop growth rate, percentage of unfilled grain, 1,000 grain weight, yield, nitrogen uptake, nitrogen use efficiency and amylose content than DOA1, but a lower amount of amylose. Each fertilizer application affected growth, yield components, yield, and gel consistency. The application of chemical fertilizers resulted in both rice varieties having a higher gel consistency compared to other types of fertilizers. The analysis results indicate that there was a significant interaction between rice varieties and fertilizer types on growth rates, nitrogen uptake, and gel consistency. Particularly, the DOA2 rice variety had a higher response to chemical fertilizers compared to other types, resulting in the highest gel consistency. There

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

were no significant differences on growth, yield, or cooking quality between the two rice varieties after applying each fertilizer. However, the preparation of dried Azolla fertilizer was easy, convenient, and the dried Azolla can decompose quickly as well. Therefore, applying Azolla dry matter at a rate of 112.5 kg N/ha was probably one option to use with applying other types of fertilizers for increasing growth, yield and cooking quality of Japonica rice.

Keywords: Azolla, Japonica rice, Gel consistency, Nitrogen rate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาโท มีความสำคัญยิ่งที่ทำให้นักศึกษาได้รับประสบการณ์ต่างๆ ทั้งการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาในการทำงาน ทำให้มีการพัฒนาตนเองอย่างสม่ำเสมอ อีกทั้งยังสามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้ไปใช้ในอนาคต

ขอขอบคุณทุนวิจัยส่งเสริมส่วนงานวิชาการ โครงการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 รหัสโครงการ 2566-02-04-016 ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำงานของการศึกษาส่วนที่ 1

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.นิตยา ผกามาศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำแนะนำในทุกๆ เรื่อง ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการเรียน การทำงาน หรือประสบการณ์ชีวิต คอยอบรมสั่งสอนให้มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่และมีความกระตือรือร้นในการทำงาน อีกทั้งยังถ่ายทอดความรู้ต่างๆ ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ รศ.ดร.สุธี ชุติไพจิตร และนายสุธิชัย สามารถ (นักวิทยาศาสตร์) ประจำห้องปฏิบัติการวิทยาลัยเทคโนโลยีและนวัตกรรมวัสดุ สำหรับความช่วยเหลือและอนุเคราะห์อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของเมล็ดข้าว

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.สุกัญญา แย้มประชา และนักศึกษาปริญญาโทประจำห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา สำหรับความช่วยเหลือและอนุเคราะห์อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์แอมโมเนียมไอออนของดิน

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.พจนา สีขาว และนักศึกษาปริญญาโทประจำห้องปฏิบัติการควบคุมเมล็ดพันธุ์ สำหรับความช่วยเหลือและอนุเคราะห์ตู้ควบคุมอุณหภูมิในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์

ขอขอบคุณ พี่ๆ น้องๆ นักศึกษาปริญญาโท และปริญญาตรีเกษตรเจ้าคุณทหารรุ่นที่ 48 และ 49 ทุกคนที่คอยช่วยเหลือกันในทุกๆ เรื่อง ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ชี้ให้เห็นถึงข้อบกพร่องและให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณครอบครัวและเพื่อนๆ ที่คอยสนับสนุน คอยเป็นแรงผลักดัน และเป็นกำลังใจที่สำคัญเสมอมา

นางสาวอารียา สุรพลพินิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	VI
สารบัญ	VII
สารบัญตาราง	IX
สารบัญภาพ	XI
สารบัญตารางผนวก	XII
สารบัญภาพผนวก	XIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ข้าวญี่ปุ่น	4
2.1.1 ข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.1 (DOA1)	4
2.1.2 ข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.2 (DOA2)	5
2.2 อิทธิพลของแหล่งปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าว	5
2.3 การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการผลิตข้าว	7
2.4 การใช้ปุ๋ยพืชสดในการผลิตข้าว	10
2.4.1 การใช้ประโยชน์จากแหนแดง	10
2.4.2 การใช้ประโยชน์จากปอเทือง	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	15
3.1 สถานที่ดำเนินงาน	15
3.2 ระยะเวลาทำการทดลอง	15
3.3 วิธีการดำเนินการและการวิเคราะห์ข้อมูล	15
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1 การศึกษาส่วนที่ 1 อิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากแหนแดงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวจาปอนิกา..... 23

4.1.1 สภาพภูมิอากาศ..... 23

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกข้าว..... 24

4.1.3 การย่อยสลายไนโตรเจนในดินหลังหมักแหนแดง..... 26

4.1.4 การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น 27

4.1.5 ผลการวิเคราะห์ดินหลังปลูกข้าว..... 42

4.2 การศึกษาส่วนที่ 2 อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสดจากแหนแดง ปอเทือง และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพการหุงต้มของข้าวจาปอนิกา..... 44

4.2.1 สภาพภูมิอากาศ..... 44

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกข้าว..... 45

4.2.3 การย่อยสลายไนโตรเจนในดินหลังหมักแหนแดงและปอเทือง..... 46

4.2.4 การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น..... 47

4.2.5 คุณภาพการหุงต้มของข้าวจาปอนิกา..... 62

4.2.6 ผลการวิเคราะห์ดินหลังปลูกข้าว..... 65

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 66

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 66

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 67

เอกสารอ้างอิง..... 68

ภาคผนวก..... 78

ประวัติผู้เขียน..... 85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินก่อนปลูกข้าว..... 25

4.2 ปริมาณแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ในดินหลังหมักแหนแดงเป็นระยะเวลา 14 วัน..... 26

4.3 ผลของการใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อความสูงและจำนวนหน่อต่อกอที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น..... 28

4.4 ผลของการใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อดัชนีพื้นที่ใบและพื้นที่ใบเฉพาะที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น..... 30

4.5 ผลของการใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่ออัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งรวมที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น..... 33

4.6 ผลของการใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น..... 34

4.7 ผลของการใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ดัชนีการเก็บเกี่ยวและผลผลิตที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น..... 36

4.8 ผลของการใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อการดูดใช้ไนโตรเจนที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น..... 40

4.9 ผลของการใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น..... 41

4.10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังปลูกข้าว..... 43

4.11 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินก่อนปลูกข้าว..... 45

4.12 ปริมาณแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ในดินหลังหมักแหนแดงและปอเทืองเป็นระยะเวลา 14 วัน..... 46

4.13 ผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อความสูงและจำนวนหน่อต่อกอที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น..... 48

4.14 ผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อดัชนีพื้นที่ใบและพื้นที่ใบเฉพาะที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น..... 50

4.15 ผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่ออัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งรวมที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น..... 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.16 ผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น..... 54
4.17 ผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ดัชนีการเก็บเกี่ยว และผลผลิตที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น..... 57
4.18 ผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อการดูดใช้ไนโตรเจนที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น..... 59
4.19 ผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น..... 61
4.20 ผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อปริมาณอะไมโลส อะไมโลเพกทิน ความคงตัวของแป้งสุก และโปรตีนที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น..... 64
4.21 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังปลูกข้าว..... 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1 แสดงอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนรายวัน ตั้งแต่วันปลูก (วันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2566) จนถึงวันเก็บเกี่ยว (วันที่ 28 เมษายน พ.ศ. 2566)..... 23

2 แสดงอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนรายวัน ตั้งแต่วันปลูก (วันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2566) จนถึงวันเก็บเกี่ยว (วันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2566)..... 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวกที่ **หน้า**

1 การจัดกลุ่มปริมาณอะไมโลส..... 79
2 การจัดกลุ่มความคงตัวของแป้งสุก..... 79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวกที่ **หน้า**

1 แสดงกราฟมาตรฐานปริมาณอะไมโลส..... 79
2 การขยายพันธุ์แหนแดงในกระถางซีเมนต์..... 80
3 การนำแหนแดงสดไปตากแดดเพื่อให้ได้แหนแดงแห้ง..... 80
4 นำดินใส่ลงกระถางซีเมนต์ขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 30 x 100 x 30 ซม. 81
5 การปักดำต้นกล้าข้าวที่อายุ 25 วัน..... 81
6 ต้นข้าวที่ระยะแตกกอ..... 82
7 ต้นข้าวที่ระยะน้ำนมจนถึงระยะเก็บเกี่ยว..... 82
8 การนับเมล็ดข้าว..... 83
9 นำส่วนของต้นและใบข้าวมาบดให้ละเอียด เพื่อวิเคราะห์หาไนโตรเจนในต้นพืช..... 83
10 นำเมล็ดข้าวที่ผ่านการขัดสีและบดละเอียดไปวิเคราะห์คุณภาพการหุงต้ม..... 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นธัญพืชที่สำคัญของโลกและเป็นอาหารหลักของประชากรในทวีปเอเชีย โดยข้าวชนิดจาปอนิกา (Japonica rice) หรือข้าวญี่ปุ่น มีการเพาะปลูกอย่างแพร่หลายในทวีปเอเชีย สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพอากาศอบอุ่น - ค่อนข้างหนาว เมื่อหุงต้มแล้วเกาะตัวกันคล้ายข้าวเหนียว มีความยืดหยุ่นและเหนียวนุ่มปานกลาง (Sun *et al.*, 2011) ซึ่งประชากรในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ญี่ปุ่น เกาหลี และไต้หวันนิยมบริโภคเป็นอาหารหลัก ข้าวญี่ปุ่นนอกจากจะใช้รับประทานเป็นข้าวสุกแล้ว ยังสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น แป้งข้าว ข้าวกระป๋อง และเหล้าสาเก เป็นต้น ปัจจุบันอาหารญี่ปุ่นเป็นที่นิยมของคนไทย ส่งผลให้มีแนวโน้มการขยายจำนวนร้านอาหารญี่ปุ่นเพิ่มขึ้นทุกปี โดยเฉพาะในเขตจังหวัดกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และชลบุรี (Jetro Bangkok, 2021) ข้าวญี่ปุ่นจึงเป็นที่ต้องการของตลาดแต่ข้าวชนิดนี้ยังมีการปลูกกันอยู่เฉพาะในแถบจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ พะเยา และลำพูน (ปิยะพันธ์ ศรีคุ้ม, 2559) ทั้งนี้เพราะเป็นพื้นที่ที่มีสภาพอากาศค่อนข้างหนาวเย็น เหมาะแก่การผลิตข้าวญี่ปุ่นให้ได้ผลผลิตและคุณภาพที่ดี อย่างไรก็ตามข้าวญี่ปุ่นที่ดีตรงความต้องการของตลาดควรมีปริมาณอะไมโลสต่ำซึ่งจะส่งผลให้มีคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานที่ดี ส่วนข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะมีคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานที่ไม่ดี (Zhu *et al.*, 2004) สำหรับแนวทางการเพิ่มปริมาณผลผลิตข้าวขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ที่ดิน การจัดการ สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และธาตุอาหาร เป็นต้น ซึ่งข้าวญี่ปุ่นมีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูง สำหรับดินนาที่อุดมสมบูรณ์ปานกลางจะใช้ปุ๋ยไนโตรเจนประมาณ 12 - 18 กก.N/ไร่ ส่วนดินนาที่อุดมสมบูรณ์ต่ำจะใช้ประมาณ 24 - 30 กก.N/ไร่ และควรมีการแบ่งใส่ปุ๋ย 2 - 3 ครั้ง เพื่อลดการสูญเสียไป (บุญดิษฐ์ วรินทร์รักษ์, 2556)

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชส่วนใหญ่ต้องการใช้มากกว่าธาตุอาหารตัวอื่นๆ มีบทบาทสำคัญต่อทุกระยะการเจริญเติบโตของข้าวโดยเฉพาะการแตกกอ การเพิ่มช่อรวง และมีผลต่อคุณภาพทางเคมีของข้าวอีกด้วย เช่น ช่วยเพิ่มการสะสมน้ำหนักแห้งและปริมาณโปรตีน ประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนจะแตกต่างกันตามชนิด พันธุ์ข้าว ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ (Wei *et al.*, 2018) โดยข้าวชนิดอินดิกาจะมีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนมากกว่าข้าวจาปอนิกา (Zhang and Chu, 2020) และเมื่อข้าว 2 ชนิดนี้มีดัชนีธาตุอาหารไนโตรเจน การขาดดุลไนโตรเจนสะสม และความต้องการไนโตรเจนที่เท่ากันจะส่งผลให้ข้าวอินดิกามีปริมาณโปรตีนและปริมาณอะไมโลสมากกว่าข้าวจาปอนิกา (Ata-Ul-Karim *et al.*, 2017) ในนาข้าวส่วนใหญ่เกษตรกรจะใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนในปริมาณที่มากเกินไป ทำให้เกิดการสูญเสียได้ง่าย การใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนติดต่อกันเป็นระยะเวลานานหลายปีอาจทำให้ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสื่อมสภาพและขาดความอุดมสมบูรณ์ ส่งผลให้ผลผลิตลดลงและในปัจจุบันราคาปุ๋ยเคมีสูงขึ้นเป็นอย่างมาก เกษตรกรจึงต้องหาปุ๋ยมาใช้ทดแทนหรือลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงเพื่อลดต้นทุนการผลิตและต้องเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดินอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด การลดการไถพรวนดินเพื่อให้คาร์บอนอยู่ในดิน เป็นต้น หากต้องการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณมากต่อไร่จะมีข้อจำกัดในเรื่องการขนย้ายที่มีต้นทุนและวัสดุอินทรีย์อาจมีไม่เพียงพอ ปุ๋ยพืชสดจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการเพิ่มอินทรียวัตถุในดินที่มีวิธีการค่อนข้างง่าย ลงทุนน้อย สามารถปลูกเป็นพืชหมุนเวียน พืชแซม และพืชคลุมดินได้

แหนแดง *(Azolla microphylla)* พืชน้ำขนาดเล็ก นิยมใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวหลายๆ ประเทศแทบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเมื่ออยู่ในสภาพดินนาขังน้ำที่โพรงใบของแหนแดงจะมีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอยู่แบบพึ่งพาอาศัยกัน (Symbiosis) หากแหนแดงอยู่ในดินจะย่อยสลายได้เร็วกว่าอยู่ในน้ำ (Talley *et al.*, 1977) และการใช้แหนแดงสดจะย่อยสลายได้เร็วกว่าแหนแดงแห้ง (Singh and Singh, 1990) ส่วนปอเทือง (*Crotalaria juncea*) เป็นพืชตระกูลถั่วที่บริเวณปมรากจะมีแบคทีเรียพวกไรโซเบียมอยู่แบบพึ่งพาอาศัยกัน นิยมใช้เป็นปุ๋ยพืชสดไถกลบช่วงออกดอกก่อนปลูกพืชหลัก ให้ปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงกว่าพืชตระกูลถั่วชนิดอื่นๆ ย่อยสลายได้เร็วและทนแล้ง มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในลำต้น ใบ และรากสูงกว่าปุ๋ยพืชสดชนิดอื่นๆ ส่งผลให้ต้นข้าวมีความสูงมากที่สุด (ศรัญญุพงศ์ ชัยวัฒนกุล, 2565) ในโพรงใบของแหนแดงและปมรากของต้นปอเทืองจะมีแบคทีเรียที่สามารถตรึงไนโตรเจนโดยใช้เอนไซม์ไนโตรจีเนสอาศัยอยู่ ซึ่งมีการเพาะเลี้ยงและการปลูกค่อนข้างง่าย ใช้ต้นทุนต่ำ เจริญเติบโตได้รวดเร็ว สามารถใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ และไถกลบก่อนการปลูกพืชหลักได้เหมือนกัน

จากงานวิจัยต่างๆ ให้ผลสอดคล้องกันว่าปุ๋ยพืชสดที่ใช้ในนาข้าวสามารถให้ธาตุไนโตรเจนเป็นหลัก ช่วยให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ และส่งผลให้ข้าวมีผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่งานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้แหนแดงและพืชตระกูลถั่วที่มีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงใกล้เคียงกันในนาข้าวยังมีน้อยมาก ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสดแหนแดงและปอเทืองต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าวจาปอนิกา ถ้าหากได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์จะเป็นทางเลือกหนึ่งที่สำคัญของเกษตรกรต่อการจัดการปุ๋ยพืชสดอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้ทดแทนปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่นๆ หรือลดการใช้ปุ๋ยเคมีลง เพื่อลดต้นทุนการผลิตและเป็นแนวทางในการผลิตข้าวจาปอนิกาที่มีคุณภาพและผลผลิตที่ดีมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาหาอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากแหนแดงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวจาปอนิกา

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสดจากแหนแดง ปอเทือง และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพการหุงต้มของข้าวจาปอนิกา

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษานี้จะมีการปลูกข้าวในกระถางซีเมนต์ขนาด 30 x 100 x 30 ซม. ภายใต้สภาพโรงเรือนทดลองที่มีการควบคุมปริมาณน้ำแต่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ เพื่อบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตผลผลิตและคุณภาพการหุงต้มของข้าวจาปอนิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าวญี่ปุ่น

ข้าวญี่ปุ่นถูกจัดอยู่ในกลุ่มข้าวจาปอนิกา (Japonica rice) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. และจัดอยู่ในวงศ์ GRAMINEAE เป็นข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง มีถิ่นกำเนิดจากแถบเอเชียตะวันออกหรือเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ชอบอากาศหนาวเย็น ต้นมีลักษณะเตี้ย ลำต้นแข็ง ใบมีสีเขียวเข้ม แตกกอปานกลางถึงแตกกอมาก เมล็ดมีขนาดป้อมสั้น และมีปริมาณอะไมโลสต่ำ ข้าวสวยจึงมีความเหนียวนุ่ม ปัจจุบันคนไทยเริ่มมีความนิยมบริโภคอาหารญี่ปุ่นมากขึ้น ทำให้ธุรกิจร้านอาหารญี่ปุ่นขยายตัว การส่งเสริมการปลูกข้าวญี่ปุ่นจึงมีความสำคัญและกรมการข้าวได้ทำการปรับปรุงพันธุ์ข้าวญี่ปุ่นจนได้พันธุ์ที่แนะนำ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ ก.วก.1 และ ก.วก.2 ซึ่งภาคเอกชนและเกษตรกรยังใช้พันธุ์ดังกล่าวอยู่ ข้าวทั้งสองพันธุ์จัดอยู่ในกลุ่มข้าวเจ้าที่ใช้บริโภคโดยตรง จากการศึกษาของ นิวัฒน์ นภีรงค์ และคณะ (2548) ได้ทดสอบข้าวญี่ปุ่น 4 พันธุ์ ในนาเกษตรกร พบว่า ข้าวพันธุ์ ก.วก.1 และ ก.วก.2 ที่ปลูกในฤดูนาปีจังหวัดอุตรดิตถ์ มีการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่าอีก 2 พันธุ์ นอกจากการบริโภคแล้วข้าวญี่ปุ่นพันธุ์อื่นๆ ยังสามารถนำไปใช้ทำเหล้าสาเกและใช้แปรรูปในอุตสาหกรรมอาหารได้ การปลูกข้าวญี่ปุ่นในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย สามารถปลูกได้ทั้งฤดูนาปีและฤดูนาปรัง ส่วนในภาคเหนือตอนล่างและภาคกลางจะให้ผลผลิตดีเฉพาะฤดูนาปรังช่วงที่มีอากาศค่อนข้างหนาวเย็น ตามลักษณะทางการเกษตร ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดทางกายภาพและเคมี รวมถึงการทดสอบปฏิกิริยาต่อโรคและแมลง พบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีคุณภาพใกล้เคียงกับพันธุ์โคชิฮิการิ (Koshihikari) ซึ่งเป็นข้าวชั้น 1 ของญี่ปุ่น กรมการข้าว (2565ก) ได้แสดงข้อมูลพันธุ์ข้าวญี่ปุ่นทั้ง 2 พันธุ์ เมื่อวันที่ 22 กันยายน พ.ศ. 2538 มีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 ข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.1 (DOA1)

ข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.1 หรือเรียกว่า พันธุ์ซาซานิชิกิ (Sasanishiki) ลักษณะประจำพันธุ์ คือ เป็นข้าวเจ้านาสวน ความสูงประมาณ 88 ซม. ทรงกอตั้งตรง ต้นค่อนข้างแข็ง ใบแก่ช้า กาบใบและปล้องมีสีเขียว คอรวงสั้นและรวงแน่น เมล็ดข้าวเปลือกสีฟางและมีหางเล็กน้อย มีท้องไข่ระดับปานกลาง ปริมาณอะไมโลส 16.4% อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 120 วัน ให้ผลผลิตประมาณ 718 กก./ไร่ คุณภาพการสีดี และทนทานต่อสภาพอากาศร้อนได้ดีกว่าข้าวญี่ปุ่นพันธุ์อื่นๆ ไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในสภาพอากาศร้อนและมีความชื้นสูงจะไม่ต้านทานโรคไหม้ แนะนำให้ปลูกในเขตภาคเหนือตอนบน ภาคเหนือตอนล่าง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.2 (DOA2)

ข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.2 หรือเรียกว่า พันธุ์อกิตะโกมาชิ (Akitakomachi) ลักษณะประจำพันธุ์ คือ เป็นข้าวเจ้านาสวน ความสูงประมาณ 80 ซม. ทรงกอตั้งตรง ต้นค่อนข้างแข็ง ใบแก่ช้า กาบใบและปล้องมีสีเขียว ใบธงตั้งตรง คอรวงสั้นและรวงแน่น เมล็ดข้าวเปลือกสีฟางและมีหางบางเมล็ด มีท้องไข่น้อย ปริมาณอะไมโลส 15.6% อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 117 วัน ให้ผลผลิตประมาณ 707 กก./ไร่ คุณภาพการสีดีมาก ราคาจึงสูงกว่าข้าวทั่วไป ไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในสภาพอากาศร้อนและมีความชื้นสูงจะไม่ต้านทานโรคไหม้ แนะนำให้ปลูกในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

2.2 อิทธิพลของแหล่งปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าว

ข้าวชนิดอินดิกาและจาปอนิกามีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนค่อนข้างสูง พืชส่วนใหญ่มีความต้องการธาตุไนโตรเจนมากกว่าธาตุอาหารตัวอื่น เพราะมีความสำคัญกับทุกระยะการเจริญเติบโตของข้าว ช่วยเรื่องการแตกกอ เพิ่มการสะสมน้ำหนักแห้ง การสร้างรวง การสร้างเมล็ด รวมถึงมีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าวด้วย (Tayefe *et al.*, 2014) แต่หากเกษตรกรใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณมากเกินไปอาจเกิดการสูญเสียได้ง่ายจากการชะล้างและการระเหย มีรายงานว่าการปลูกข้าวในดินที่ไม่ใช้ออกซิเจนข้าวชนิดอินดิกาจะมีประสิทธิภาพในการดูดใช้ไนโตรเจนมากกว่าข้าวจาปอนิกา (Zhang and Chu, 2020) ซึ่งสถาพร กาญจนพันธุ์ และคณะ (2538) ได้ศึกษาอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมในข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.1 พบว่า การปลูกแบบปักดำจะตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนสูงถึง 30 กก.N/ไร่ แต่การปลูกแบบหว่านจะตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนที่ 18 กก.N/ไร่ ส่วนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูง 24 - 36 กก.N/ไร่ อาจทำให้โรคและแมลงเข้าทำลายได้ง่าย การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.1 และ ก.วก.2 สูงสุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยมูลไก่ ซึ่งข้าวญี่ปุ่นทั้ง 2 พันธุ์ มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเคมีมากกว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่ (Phopaijit *et al*., 2022) การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12.5 กก.N/ไร่ ส่งผลทำให้ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีการเจริญเติบโตและผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกมากกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ส่วนคุณภาพการหุงต้มไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงมีผลทำให้ปริมาณสารความหอม 2-AP ในเมล็ดข้าวมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี (พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์ และคณะ, 2559) จากการศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพในข้าวขาวดอกมะลิ105 ของอภิวัฒน์ อินทร์นก (2558) พบว่าเมื่อข้าวได้รับปุ๋ยอินทรีย์ทำให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ปริมาณอะไมโลส โปรตีน และไนโตรเจนในเมล็ดน้อยกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีสารฟีนอลิก คาร์โบไฮเดรต และความเหนียวนุ่มมากกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ย 2 ชนิดนี้ทำให้คุณภาพทางกายภาพ ปริมาณไขมัน และสารความหอม 2-AP ในเมล็ดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับ อภิวัฒน์ อินทร์นก (2559) ที่ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้คุณภาพข้าวลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งผลให้ข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีคุณภาพทางกายภาพเพิ่มขึ้น มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต อะไมโลส สารฟีนอลิก และสารให้ความหอม 2-AP เพิ่มขึ้นกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมี แต่ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพทางโภชนาการ ทำให้มีระยะเวลาในการหุงต้มนานขึ้น ความเหนียวนุ่มลดลง ในข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์จะมีรสชาติ กลิ่นหอม และความเหนียวนุ่มมากกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมี ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของปริมาณธาตุอาหารที่ข้าวได้รับ Sun *et al.* (2020) รายงานว่าการเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเกษตรระหว่างข้าวอินดิกาลูกผสมจาปอนิกาและจาปอนิกาในอัตราไนโตรเจนที่แตกต่างกัน พบว่าเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มจาก 300 เป็น 375 กก./เฮกตาร์ (48 เป็น 60 กก./ไร่) ทำให้ข้าวอินดิกาลูกผสมจาปอนิกาให้ผลผลิต น้ำหนักแห้งรวมส่วนเหนือดิน และการดูดซึมไนโตรเจนในทุกระยะการเจริญเติบโตสูงกว่าข้าวจาปอนิกา จากการศึกษาของ Zhu *et al.* (2017) พบว่าระดับไนโตรเจนมีผลต่อผลผลิตและคุณภาพข้าวญี่ปุ่นพันธุ์นุ่มพิเศษ 2 พันธุ์ โดยอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับข้าวญี่ปุ่น 2 พันธุ์นี้ คือ 270 กก./เฮกตาร์ (43.2 กก./ไร่) และจะให้ผลผลิตสูงสุดที่อัตราไนโตรเจน 300 กก./เฮกตาร์ (48 กก./ไร่) เมื่ออัตราไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้คุณภาพการขัดสีและปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่จำนวนรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ปริมาณอะไมโลส ความคงตัวแป้งสุก ความหนืดแป้งข้าวเจ้า คุณภาพการหุงต้มและการรับประทาน และประสิทธิภาพทางการเกษตรของไนโตรเจนลดลง การใช้อัตราไนโตรเจนเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณโปรตีนสูงขึ้น แต่ความคงตัวของแป้งสุกจะลดลง (Gao *et al.*, 2010) ทำให้ปริมาณการขัดสีและโปรตีนมีความสัมพันธ์เชิงลบกับคุณภาพการหุงต้มและการรับประทาน เนื่องจากเม็ดแป้งมีความหนาแน่นต่ำ เมล็ดข้าวจึงเป็นท้องไข่มากและแตกหักได้ง่าย (Yang *et al.*, 2007) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Li *et al.* (2009) พบว่าเมื่อข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ Ningjing 1 และ Ningjing 4 ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจะทำให้มีจำนวนรวงลดลง นอกจากนี้แสงและธาตุไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว Wei *et al.* (2018) จึงได้ศึกษาระยะเวลาการบังแสงและอัตราไนโตรเจนที่มีผลต่อผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น 2 พันธุ์ พบว่าเมื่อใส่ไนโตรเจนอัตรา 300 กก./เฮกตาร์ (48 กก./ไร่) ร่วมกับการไม่บังแสงและหลังการบังแสง 20 วัน ส่งผลให้ความยาวรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง และผลผลิตเพิ่มขึ้น การใส่ไนโตรเจนอัตรา 150 กก./เฮกตาร์ (24 กก./ไร่) ร่วมกับการไม่บังแสงของข้าว 2 พันธุ์ มีผลทำให้ปริมาณอะไมโลส โปรตีน ความคงตัวแป้งสุกมีค่ามากที่สุด และในการศึกษาของ Wu *et al.* (2011) พบว่าการปลูกข้าวญี่ปุ่นพันธุ์นุ่มภายใต้การใช้ไนโตรเจนที่สูงมากกว่า 300 กก./เฮกตาร์ (48 กก./ไร่) มีผลทำให้ผลผลิตลดลง Huang *et al.* (2020) ได้ประเมินคุณภาพการรับประทานและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ NJ 9108 และ Huaidao 5 ในระดับไนโตรเจนต่างๆ พบว่าคุณภาพการรับประทาน รสชาติ ความเหนียว และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของพันธุ์ NJ 9108 มีค่ามากสุดและค่าจะลดลงเมื่อได้รับไนโตรเจนที่ 300 และ 450 กก./เฮกตาร์ (48 และ 72 กก./ไร่) ส่วนข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยยูเรียสูงที่สุด ส่วนพันธุ์ปทุมธานี 80 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยคอกมูลวัวสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุด (สิรวิชญ์ จำปาเงิน และ นิตยา ผกามาศ, 2563) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าการวิเคราะห์ดินและความต้องการของพืชมีผลทำให้ข้าวเหนียวสันป่าตอง 1 มีจำนวนรวงต่อกอ น้ำหนักเมล็ดดี น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิต (กก./ไร่) มีค่ามากที่สุด (กฤษฎ์ ใจปัญญา, 2563) การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมักชีวภาพ อัตรา 30 มล. ต่อน้ำ 20 ล. มีผลทำให้ความสูง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด น้ำหนักเมล็ดสดและแห้ง จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดดีต่อกอ และจำนวนเมล็ดลีบต่อกอของข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.1 มีค่ามากที่สุด (นวพล สะสาร, 2556)

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นชี้ให้เห็นว่าระดับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนส่งผลต่อผลผลิตและคุณภาพการหุงต้มของข้าว การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากเกินไปอาจไม่ได้ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น จึงควรใช้ในอัตราที่เหมาะสม และอีกทั้งในปัจจุบันราคาปุ๋ยเคมีแพงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ต้นทุนในการผลิตข้าวของเกษตรกรสูงขึ้น นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยเคมีเกินความจำเป็นจะส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมอีกด้วย อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีในปัจจุบันทำได้ยาก เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในนาข้าวมีหลากหลายชนิดและงานวิจัยต่างๆ ที่เปรียบเทียบชนิดปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ทดแทนปุ๋ยเคมียังได้ผลลัพธ์ไม่ค่อยชัดเจนนัก ดังนั้นการเปรียบเทียบอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสดแหนแดงและปอเทืองจึงมีความน่าสนใจ เพราะปุ๋ยพืชสดสองชนิดนี้มีปริมาณธาตุไนโตรเจนค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยพืชสดชนิดอื่นๆ สามารถใช้ในรูปแบบเดียวกันได้ แต่การจัดการของชนิดปุ๋ยมีความแตกต่างกันไป หากมีผลการเปรียบเทียบที่ชัดเจนจะสามารถนำมาใช้เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตข้าวจาปอนิกาให้มีผลผลิตและคุณภาพที่ดีมากขึ้น

2.3 การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการผลิตข้าว

ปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยที่ได้มาจากอินทรียวัตถุชนิดต่างๆ เช่น เศษซากพืชและสิ่งมีชีวิต ด้วยวิธีการทำให้ชื้น สับ หมัก บด ร่อน สกัด หรือด้วยวิธีการอื่นๆ (กรมวิชาการเกษตร, 2550) และจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ นิยมใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงดินและเป็นแหล่งของธาตุอาหารหลัก อาหารรอง และจุลธาตุมีการปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างช้าๆ สม่ำเสมอเมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมี ไม่ค่อยเป็นพิษต่อพืช แต่ปริมาณธาตุอาหารหลักต่อหน่วยมีน้อยกว่าปุ๋ยเคมี ธาตุอาหารบางส่วนอยู่ในรูปคีเลตจึงสูญเสียได้ยาก (ธงชัย มาลา, 2546) ปุ๋ยอินทรีย์ที่นิยมใช้มี 3 ประเภท ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด เป็นต้น สามารถช่วยปรับโครงสร้างดินให้ดินอุ้มน้ำได้ดี มีความร่วนซุย ระบายน้ำและอากาศดีขึ้น ช่วยส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์ดินให้มีประสิทธิภาพ และเมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ปุ๋ยเคมีเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้นด้วย หลังการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ดินจะมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ในปัจจุบันจะนิยมใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการทำเกษตรแบบปลอดภัย เหมาะกับคนรักสุขภาพ และช่วยลดต้นทุนในการผลิตข้าวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ๋ยคอก เป็นปุ๋ยที่ได้จากมูลสัตว์ชนิดต่างๆ ที่อยู่ในรูปของเหลวหรือของแข็งตามวัสดุรองพื้นคอกหรือเป็นมูลจากแหล่งธรรมชาติ นำไปหมักจนเกิดการย่อยสลาย ทำการลดความชื้นและนำไปใช้กับพืช ปุ๋ยคอกที่ผ่านการหมักจะให้ธาตุอาหารที่สูง (Harry and Nyle, 1969) ปุ๋ยคอกที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ มูลวัว ไก่ เป็ด สุกร ไส้เดือน และค้างคาว เป็นต้น ใช้ได้ทั้งรูปแบบสด แบบแห้ง และแบบอัดเม็ด เมื่อใส่ปุ๋ยคอกเป็นประจำทุกปี พืชจะสามารถใช้ธาตุอาหารได้ต่อเนื่อง ทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินมีประสิทธิภาพมากขึ้น และช่วยรักษาหน้าดินได้ เมื่อใส่ปุ๋ยแล้วควรกลบทันทีและเก็บรักษาไว้ในที่แห้ง การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร อัตรา 1 ส่วนต่อน้ำ 20 ล./ไร่ มีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่ามากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่งผลให้คุณภาพการขัดสีและคุณภาพทางกายภาพเพิ่มมากขึ้น และการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 1 ส่วนต่อน้ำ 300 ส่วน ส่งผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตมีค่าสูงสุด (วนิดา วัฒนพายัพกุล และคณะ, 2558) ปุ๋ยน้ำมูลสุกรและปุ๋ยสังเคราะห์มีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดของข้าว โดยปุ๋ยน้ำมูลสุกรทำให้ความสูงของข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยวมีค่าสูงสุด (Kwon *et al.*, 2010) การใส่ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการฉีดพ่นน้ำส้มควันไม้ อัตรา 1 มล. ต่อน้ำ 300 มล. ทำให้ข้าวพันธุ์ กข15 มีค่าความสูง จำนวนหน่อต่อกอ จำนวนเมล็ดดีต่อรวง น้ำหนักแห้งรวมส่วนเหนือดิน จำนวนรวงต่อกอ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการใส่ปุ๋ยคอกมูลไก่ อัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับการฉีดพ่นน้ำส้มควันไม้ อัตรา 1 มล. ต่อน้ำ 300 มล. ทำให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตมีค่ามากที่สุด (วนิดา วัฒนพายัพกุล, 2556) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงอัตรา 50 กก.N/ไร่ มีผลทำให้ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีการเจริญเติบโตและผลผลิตมากสุด แต่ส่งผลให้ความเหนียวนุ่มและความหอมในเมล็ดลดลง เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ส่วนประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงอัตรา 25 กก.N/ไร่ (พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์ และคณะ, 2560) การใส่ปุ๋ยคอกสามารถทำให้โครงสร้างและการรวมตัวของดินดีขึ้น เมื่อผสมมูลสุกร มูลโค และมูลไก่ลงในดินชุดยโสธรจะมีอัตราการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนสูงสุดในช่วง 2 สัปดาห์ (วีณา นิลวงศ์, 2561)

ปุ๋ยหมัก เป็นปุ๋ยที่ได้จากการนำวัสดุอินทรีย์จากพืช สัตว์ และเศษอาหารที่เหลือใช้มาหมักรวมกัน ปล่อยให้ย่อยสลายจนแปรสภาพไปจากรูปเดิม มีความเปื่อย กลายเป็นเนื้อเดียวกันและเปลี่ยนเป็นสีดำหรือน้ำตาลเข้ม วัสดุอินทรีย์ที่ใช้หมักควรหาง่าย ย่อยสลายได้ไว ใช้จุลินทรีย์ตัวเร่งการย่อยสลาย เช่น กากน้ำตาล มูลสัตว์ เป็นต้น และสถานที่หมักกองควรใกล้แหล่งน้ำ ไม่ควรเป็นขยะมีพิษ มีอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N ratio) ต่ำ ความชื้นที่เหมาะสมต่อการหมักประมาณ 50 - 60% ความเป็นกรดและด่าง รวมถึงอุณหภูมิสำคัญต่อการย่อยสลาย หากอุณหภูมิสูงขึ้นจะช่วยให้การย่อยสลายสมบูรณ์ ปุ๋ยหมักมีทั้งแบบแห้งและแบบน้ำอาจใช้พืชที่อวบน้ำทุกชนิดได้ การให้ธาตุไนโตรเจนของปุ๋ยหมักส่วนมากอยู่ในรูปแอมโมเนียม ไม่ได้ปลดปล่อยธาตุอาหารในฤดูปลูกเดียวเท่านั้น แต่จะปลดปล่อยให้กับพืชที่ปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามมาหลังมาด้วย ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในปุ๋ยหมักมีถึง 20 - 40% (ยงยุทธ โอสภสภา และคณะ, 2551) ช่วยให้โครงสร้างดินมีความเสถียร กระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดี การใส่ปุ๋ยหมักสามารถลดเชื้อโรคพืชบางชนิดลงได้และก่อให้เกิดกรดอินทรีย์บางชนิดที่พืชนำไปใช้ได้โดยตรง (Nishio and Kusano, 1980) เมื่อใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวและปุ๋ยเคมีในระยะเวลา 25 ปี ตั้งแต่ 2515 - 2543 แล้วหยุดใส่ปุ๋ยปี 2544 - 2553 พบว่าการใส่ปุ๋ยหมักหรือการใส่ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีให้ผลผลิตข้าวดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (กรรณิกา นากลาง และคณะ, 2554) เมื่อนำปุ๋ยอินทรีย์มาหมักกับน้ำอัตราส่วน 1:8 เป็นเวลา 12 วัน ทำให้มีการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนออกมามากที่สุด และหลังบ่มปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรท (NO_3^-) จะลดลงอย่างมาก (ชุติมณฑ์ ชูพุดซา, 2553)

ปุ๋ยพืชสด เป็นปุ๋ยที่ได้จากการปลูกพืชแล้วไถกลบลงดินในระยะที่พืชออกดอกถึงดอกบาน และยังสดอยู่ ปล่อยให้เกิดการย่อยสลายสมบูรณ์เพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน ส่วนมากจะใช้พืชที่เจริญเติบโตได้เร็ว ลำต้นอ่อนเปราะจะง่ายต่อการไถกลบ ระบบรากกว้าง ออกดอกในระยะเวลาสั้น 30 - 60 วัน ให้น้ำหนักสดมาก ทนแล้งหรือทนต่อโรคและแมลง ปลูกได้ทุกฤดู ขยายพันธุ์ได้ไว ย่อยสลายได้เร็วเมื่อไถกลบลงดิน เป็นพืชที่ปลูกในระบบพืชหมุนเวียนและพืชแซมได้ สามารถปลูกพืชหลักตามหลังภายใน 7 - 15 วัน และให้ปริมาณธาตุไนโตรเจนในลำต้นสูง ใช้ได้ทั้งรูปแบบสดและแบบแห้ง (สถานีพัฒนาที่ดินสุพรรณบุรี, 2557) พืชที่นิยมนำมาทำเป็นปุ๋ยพืชสดมีทั้งพืชอายุสั้นพวกพืชตระกูลถั่วต่างๆ เช่น ปอเทือง ถั่วพุ่ม โสนอัฟริกัน ถั่วเขียว เป็นต้น เนื่องจากพืชเหล่านี้มีไรโซเบียมในปมรากจึงสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ ให้น้ำหนักแห้งที่สูงกว่าพืชในตระกูลอื่นๆ และพืชอายุข้ามปีพวกพืชน้ำต่างๆ เช่น แหนแดง จอกแหน แหนเป็ด ผักตบชวา เป็นต้น โดยบริเวณโพรงใบของแหนแดงมีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอาศัยอยู่แบบพึ่งพาอาศัยกัน ทำให้สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ นอกจากนี้ยังมีปุ๋ยพืชสดอีกหลายชนิดที่นิยมใช้ เช่น ฟางข้าว ซังข้าวโพด ต้นมันสำปะหลัง ต้นยาสูบ และเปลือกสับปะรด เป็นต้น โดยการใช้พืชต่างชนิดกันจะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตต่างกัน การใช้ปุ๋ยพืชสดจะช่วยรักษาความชุ่มชื้นในดิน ทำให้ดินร่วนซุย อุ้มน้ำได้ดี ธาตุอาหารละลายออกมาได้มากขึ้น ช่วยควบคุมวัชพืชบางชนิด และลดปัญหาการชะล้างหน้าดินได้ การปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนออกมาในสภาพดินนาน้ำขังจะรวดเร็วภายใน 2 สัปดาห์แรก และช้าลงในเวลาต่อมา การใส่ปุ๋ยพืชสดจะช่วยป้องกันการตรึงฟอสฟอรัสในดินนาน้ำขังทำให้สารประกอบของเหล็กฟอสเฟตและแมงกานีสฟอสเฟตละลายได้มากขึ้น (ยงยุทธ โอสภสภา และคณะ, 2551)

การเพิ่มอินทรียวัตถุในดินทำได้โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก เป็นต้น แต่เนื่องจากต้องใช้ในปริมาณมากต่อไร่ วัตถุดิบในการนำมาทำเป็นปุ๋ยอาจไม่เพียงพอ การขนย้ายค่อนข้างลำบากและมีต้นทุน ปุ๋ยพืชสดจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการเพิ่มอินทรียวัตถุในดินที่มีวิธีการค่อนข้างง่าย โดยพืชส่วนใหญ่ที่นำมาใช้ทำเป็นปุ๋ยพืชสดจะช่วยเพิ่มธาตุอาหารหลักให้กับพืช เช่น ธาตุไนโตรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นต้น ความเป็นกรดที่เกิดจากการผุพังของพืชสดจะช่วยให้ธาตุอาหารในดินละลายออกมาให้พืชใช้ได้มากขึ้น

2.4 การใช้ปุ๋ยพืชสดในการผลิตข้าว

พืชที่ใช้ปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดมีทั้งพืชอายุสั้น เช่น พืชตระกูลถั่วต่างๆ เป็นต้น และพืชที่มีอายุข้ามปี เช่น พืชขนาดเล็ก แหนแดง เป็นต้น เนื่องจากพืชเหล่านี้มีจุลินทรีย์ที่สามารถช่วยตรึงธาตุไนโตรเจนให้แก่ดินและพืชได้ เมื่อไถกลบลงดินแล้วย่อยสลายได้ไว เจริญเติบโตได้เร็ว ให้น้ำหนักสดมากภายในระยะเวลาที่ไม่นาน (กรมการข้าว, 2565ข) การใช้ปุ๋ยพืชสดในนาข้าวมี 3 วิธี 1) ปลูกพืชสดก่อนการปลูกข้าว 2) ปลูกพืชสดพร้อมปลูกข้าว 3) ปลูกพืชสดหลังการปลูกข้าวในขณะที่ดินยังชื้นอยู่ ปุ๋ยพืชสดมีผลต่อความเป็นกรดด่างในดิน ช่วยให้เม็ดดินมีความเสถียร หากปลูกเป็นพืชคลุมดินก็จะป้องกันวัชพืชได้ แต่เมื่อไถกลบโสนคางคกในดินนาน้ำขัง พบว่าเกิดการย่อยสลายและปลดปล่อยแอมโมเนียมไนโตรเจนอย่างรวดเร็วภายใน 2 สัปดาห์ โดยมีค่ามิเนอรัลไลเซชันไนโตรเจนเท่ากับ 31% เมื่อระยะเวลาเพิ่มเป็น 20 และ 30 วัน ค่ามิเนอรัลไลเซชันไนโตรเจนเท่ากับ 37% และ 49% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลานานขึ้นอัตราการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนจะช้าลง (Singh *et al.*, 1992) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khing *et al.* (1985) พบว่าการไถกลบโสนในดินน้ำขังทำให้มีการปลดปล่อยแอมโมเนียมสูงสุดภายใน 14 วัน หลังจากนั้นจะปลดปล่อยช้าลง โดยอินทรียวัตถุทั่วไปมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่เหมาะสมในช่วง 20:1 ถึง 30:1 จะส่งผลให้การย่อยสลายสารอินทรีย์มีประสิทธิภาพมากขึ้น หากปุ๋ยพืชสดที่ใช้มีช่วงค่า C/N ratio กว้างจะทำให้ย่อยสลายได้ช้า เช่น พืชตระกูลถั่วมี C/N ratio ประมาณ 20:1 จะสลายตัวได้ไวกว่าหญ้าและฟางข้าวแห้งที่มี C/N ratio ประมาณ 80:1 ดินน้ำขังจะมีการย่อยสลายของไนโตรเจนในดินเพื่อเป็นแอมโมเนียมจะเกิดขึ้นภายใน 2 สัปดาห์ และสภาพดินไม่เป็นกรดเกินไป (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) แหนแดงมีค่า C/N ratio ประมาณ 10:1 สามารถใช้แหนแดงได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการหมัก เพราะมีช่วงค่า C/N ratio ที่ต่ำ (นพพร ศิริพานิช, 2565) และปอเทืองมีค่า C/N ratio ประมาณ 19:1 (พนมพร วรรณประเสริฐ และคณะ, 2556) การปลดปล่อยไนโตรเจนรูปอนินทรีย์สารที่พืชดูดเข้าไปใช้โดยตรงของข้าวไรย์เมื่อไถกลบต้นข้าวไรย์ลงในดินไปแล้วจะมีการย่อยสลายเร็วที่สุดที่ 4 - 6 สัปดาห์ (Sullivan and Andrews, 2012)

2.4.1 การใช้ประโยชน์จากแหนแดง

แหนแดง (Azolla) เป็นพืชน้ำตระกูลเฟิร์น มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Azolla* sp. ในประเทศไทยจะพบแหนแดง 2 สายพันธุ์ คือ *Azolla pinnata* เป็นสายพันธุ์ที่มีอยู่เดิมในไทย มีถิ่นกำเนิดจากเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มักแพร่กระจายอยู่ตามแหล่งน้ำธรรมชาติ ต้นมีขนาดเล็กและขยายพันธุ์ช้ากว่า *Azolla microphylla* ประมาณ 10 เท่า และสายพันธุ์ *Azolla microphylla* มีถิ่นกำเนิดมาจากบริเวณเขตร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของอเมริกา ซึ่งเป็นพันธุ์ที่กรมวิชาการเกษตรนำเข้ามาปรับปรุงพันธุ์ร่วมกับสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 จนได้แหนแดงที่มีขนาดใหญ่และตรึงไนโตรเจนได้มากกว่าสายพันธุ์ท้องถิ่น สามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงฤดูร้อน ใบของแหนแดงเป็นใบประกอบแบบขนนกที่มีใบย่อยเรียงสลับกัน เมื่อใบแก่จะเปลี่ยนเป็นสีแดงหรือน้ำตาลเข้ม แต่ละใบย่อยจะมี 2 ส่วน คือ ใบบนที่มีคลอโรฟิลล์และมีสีเขียวเข้มกว่าใบล่าง ลอยตัวอยู่ผิวน้ำ ทำหน้าที่สังเคราะห์แสง และใบล่างอยู่ใต้ผิวน้ำทำหน้าที่ช่วยลอยตัว โปร่งแสง ส่วนที่ผิวใบบนใกล้โคนใบของแหนแดงมีลักษณะพิเศษเป็นโพรงขนาดใหญ่ (Leaf cavity) ทำให้ไซยาโนแบคทีเรียหรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue green algae) พวก *Anabaena azollae* เข้าไปอยู่แบบพึ่งพาอาศัยกันและกัน (Symbiosis) โดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะได้รับสารอาหารจากต้นแหนแดง ส่วนแหนแดงจะได้รับธาตุไนโตรเจนจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เมื่อตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศ (Nitrogen fixation) จะเปลี่ยนมาอยู่ในรูปสารประกอบแอมโมเนียมและถูกสะสมในส่วนของปลายยอดมากที่สุด จากรายงานของ Kulasooriya *et al.* (1987) ได้ศึกษาปริมาณไนโตรเจนที่ได้มาจากการตรึงของแหนแดงแห้ง 2 สายพันธุ์ ที่ใส่ในนาข้าวเป็นระยะเวลา 42 วัน พบว่าสายพันธุ์ *Azolla microphylla* มีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในช่วง 1.4 – 1.5 กก./ไร่ ซึ่งมากกว่าสายพันธุ์ *Azolla pinnata*

แหนแดงสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยชีวภาพสำหรับพืชไร่ พืชผัก และผลไม้แล้วยังสามารถใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ เช่น สุกร เป็ด ไก่ ห่าน ปลา เป็นต้น เนื่องจากมีโปรตีนสูงประมาณ 13 - 30% สามารถใช้ได้ทั้งรูปแบบสดและแห้ง โดยปริมาณธาตุอาหารจะต่างกันไม่มาก แหนแดงจะถูกย่อยสลายสมบูรณ์ภายใน 30 วัน และ 80% ของไนโตรเจนจะถูกปลดปล่อยออกมาภายใน 8 สัปดาห์ หลังไถกลบ การใช้แหนแดงทดแทนหรือลดการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนในนาข้าว เป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน ช่วยให้การใช้ปุ๋ยเคมีมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถควบคุมวัชพืชในนาข้าวได้และแหนแดงใช้ต้นทุนการผลิตต่ำ ขยายพันธุ์ได้ไว หากมีรูปแอมโมเนียม 0.2 มิลลิโมลาร์ขึ้นไป จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไนโตรจีเนส (Nitrogenase) ที่ช่วยในกระบวนการการตรึงไนโตรเจน แต่จะทำให้แหนแดงเจริญเติบโตได้ดีขึ้น (Maejima *et al.*, 2002) ถ้าในสภาพแวดล้อมมีปริมาณไนโตรเจนสูง สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิดนี้จะตรึงไนโตรเจนได้ต่ำ ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงออกมาได้จึงขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมหลายปัจจัย หากแหนแดงอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมใบจะมีสีเขียว แต่ถ้าอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ขาดธาตุอาหารฟอสฟอรัส อุณภูมิสูง รับแสงมากเกินไป เป็นต้น จะทำให้ใบมีสีแดง แหนแดงเป็นพืชที่ต้องการธาตุฟอสฟอรัสสูง หากในดินมีฟอสฟอรัสต่ำเกินไปจะส่งผลต่อการเจริญเติบโต และวงศ์ต้นกาศ นพพร (2528) ได้ศึกษาการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในแหนแดง พบว่าเมื่อนำแหนแดงหลายชนิดไปปลูกในกระถางที่มีธาตุอาหารครบทุกชนิดยกเว้นไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ทำให้แหนแดงชนิด *Azolla microphylla* มีน้ำหนักดีกว่าชนิดอื่น และจะให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ฟอสฟอรัสถึงอัตรา 160 ppm หากใส่ฟอสฟอรัสอัตราสูงกว่า 120 ppm จะทำให้แหนแดงมีเปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสเพิ่มมากขึ้น ตุลาพร กิ่งไทร และคณะ (2558) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษาการเจริญเติบโตของแหนแดงในธาตุอาหารที่แตกต่างกัน พบว่าธาตุอาหารที่มี N-P-K เท่ากับ 16-20-0 อัตรา 0.5 ก./กระถาง ทำให้แหนแดงมีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด ในนาข้าวที่ใช้แหนแดงจะให้ผลผลิตประมาณ 612 กก./ไร่ ส่วนนาข้าวที่ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 40 กก./ไร่ ให้ผลผลิตข้าวประมาณ 513 กก./ไร่ (อร่าม คุ้มกลาง และคณะ, 2523) การไถกลบแหนแดง 4 ครั้ง ก่อนปักดำจะให้ผลผลิตข้าวสูงสุด และเมื่อใช้แหนแดงติดต่อกัน 3 ฤดูปลูก ส่งผลให้ความหนาแน่นดิน ความคงทนเม็ดดิน และการอุ้มน้ำของดินดีขึ้น (คลอดเพ็ง ถนอม และคณะ, 2526) การใช้แหนแดงสายพันธุ์ *Azolla microphylla* เป็นปุ๋ยในนาข้าวให้ผลผลิตเมล็ดข้าวสูงสุดไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมี โดยมีค่าผลผลิตที่สูงขึ้น 16.72% ส่วนปุ๋ยเคมีให้ค่าผลผลิต 12.28% จึงสามารถนำแหนแดงสายพันธุ์นี้มาใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีได้ หากใช้ในช่วงก่อนการปักดำข้าวสามารถเพิ่มผลผลิตให้ข้าวได้เทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยยูเรีย 4.8 กก.N/ไร่ (ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต, 2564) จากการศึกษาของ Loudhapasitiporn and Kanareugsa (1987) ได้ศึกษาการใช้แหนแดงเป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – 2526 พบว่าการเพาะเลี้ยงแหนแดงก่อนปลูกข้าวทำให้ผลผลิตของข้าวสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เมื่อนำแหนแดงประมาณ 50 - 100 กก./ไร่ มาเลี้ยงในนาข้าว จะใช้เวลาเจริญเติบโตเต็มที่ประมาณ 3 สัปดาห์ ช่วยให้ข้าวมีผลผลิตที่สูงเทียบเท่าการใส่ปุ๋ยยูเรีย 6 กก./ไร่ หากใช้แหนแดงอัตรา 10 กก./ไร่ หลังการปลูกข้าวจะทำให้ข้าวได้รับธาตุอาหารจากแหนแดงในรอบการปลูกถัดไป แต่การใช้แหนแดงอัตรา 300 กก./ไร่ ไถกลบก่อนการปลูกข้าวทำให้ข้าวได้รับธาตุอาหารจากแหนแดงหลังไถกลบทันที ส่วนในแหนแดงสด 15 กก. จะได้แหนแดงแห้ง 1 กก. มีธาตุอาหารเทียบเท่ากับปุ๋ยยูเรีย 100 กรัม (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอำนาจเจริญ, 2565) เมื่อนำแหนแดงสดไปตากให้แห้งจะได้เป็นแหนแดงแห้งและ 75% ของไนโตรเจนจะถูกปลดปล่อยออกมาใน 6 - 8 สัปดาห์ (Singh and Singh, 1990) จึงควรใส่แหนแดงก่อนเริ่มปลูกพืช ไม่ควรแบ่งใส่ในระหว่างการปลูก (ภาษิตา ทุ่นศิริ และคณะ, 2563)

2.4.2 การใช้ประโยชน์จากปอเทือง

ปอเทือง (Sunn hemp) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Crotalaria juncea* มีถิ่นกำเนิดจากทวีปแอฟริกาเป็นพืชตระกูลถั่ว ในวงศ์ Leguminosae ที่นิยมใช้เป็นปุ๋ยพืชสด อาหารเลี้ยงสัตว์ เพื่อการท่องเที่ยว และรับประทาน ปอเทืองมีลักษณะเป็นไม้พุ่มสูงประมาณ 1 - 3 ม. สามารถให้น้ำหนักสด 2 - 5 ตัน/ไร่ ลำต้นเป็นไม้เนื้ออ่อนหักง่าย มีใบยาวรี ก้านใบสั้น และเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ เมื่อดอกบานจะมีกลีบดอกสีเหลืองและออกดอกเป็นช่อ ผลของปอเทืองจะเป็นฝักทรงกระบอกเมื่อแก่จะมีสีน้ำตาล แต่ละฝักจะมีประมาณ 5 - 8 เมล็ด เก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุ 120 - 130 วัน ในเมล็ดปอเทืองมีโปรตีนประมาณ 30 - 35% ส่วนของลำต้นสามารถใช้เป็นอาหารให้โคและกระบือได้ (สถานีพัฒนาที่ดินสุพรรณบุรี, 2557) จะนิยมปลูกปอเทืองใน 2 ฤดู คือ ตั้งแต่เดือนมิถุนายน - กรกฎาคม หรือ เดือนตุลาคม - พฤศจิกายน ซึ่งควรปลูกปอเทืองก่อนพืชหลัก จะเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ดอน ทนต่อความแห้งแล้ง หากปลูกแบบหว่านจะใช้เมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 3 - 5 กก./ไร่ หลังจากหว่านเมล็ดไปแล้วต้องระวังอย่าให้น้ำท่วมขัง และจะไถกลบปอเทืองช่วงออกดอกลงดินหรือในช่วงอายุประมาณ 50 - 60 วัน เมื่อไถกลบปอเทืองลงดินแล้วปอเทืองจะย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนให้กับดินในปริมาณที่สูง สามารถปลูกเป็นพืชหมุนเวียนหรือพืชแซมของข้าว ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลังได้ พืชตระกูลถั่วจะอยู่แบบพึ่งพาอาศัยกันกับแบคทีเรียพวกไรโซเบียมที่สามารถสร้างปมในรากพืชตระกูลถั่วและมีเอนไซม์ไนโตรจีเนสช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาเปลี่ยนเป็นสารประกอบไนโตรเจนให้พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ พืชตระกูลถั่วเป็นพืชบำรุงดินช่วยให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ขึ้น (โสพส แซ่ลิ้ม, 2559) การใส่ปุ๋ยพืชสดปอเทืองในดินที่ปลูกข้าวแบบไม่ใช่ระบบเกษตรอินทรีย์ ส่งผลให้มีการสะสมไนโตรเจนที่ย่อยสลายได้สูงที่สุด 349.35 มก.N/กก. และยังมีศักยภาพในการย่อยสลายไนโตรเจนได้สูงสุด ส่วนการใส่ปุ๋ยหมักครั้งเดียวพร้อมการปักดำ 100% ของความต้องการไนโตรเจน ส่งผลให้ผลผลิตของข้าวดีที่สุดสามารถช่วยลดต้นทุนในการปลูกข้าวได้ (ภาสินี สืบสวน , 2562) การใช้เมล็ดปอเทืองอัตรา 15 - 25 กก./ไร่ และการใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำส่งผลให้ข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ปลูกในดินนาชุดดินพัทลุงมีผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด การเพิ่มอัตราเมล็ดปอเทืองมีผลต่อการปลดปล่อยอัตราไนโตรเจนในดิน เมื่อต้นข้าวได้รับธาตุไนโตรเจนเพียงพอจึงทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น การใช้อัตราเมล็ดปอเทือง 15 - 20 กก./ไร่ ทำให้ข้าวมีการแตกกอสูงสุด ในอัตรา 20 - 25 กก./ไร่ ทำให้ข้าวมีจำนวนเมล็ดต่อรวงมากสุด และการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีมากที่สุด ดังนั้นควรใช้เมล็ดปอเทืองในการผลิตข้าวสังข์หยดพัทลุงที่อัตรา 15 - 20 กก./ไร่ (สมพร ดำยศ, 2556) ซึ่งสอดคล้องกับ จักรชัยวัฒน์ กาวีวงศ์ และ จิรายุส สุทะยะ (2562) พบว่าการใช้เมล็ดปอเทืองอัตรา 15 - 20 กก./ไร่ ทำให้น้ำหนักผลผลิต จำนวนรวงต่อกอ และเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมดในดินของข้าวพันธุ์ กข6 ที่ปลูกในดินเนื้อหยาบมีค่าสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำเล็กน้อย ส่วนที่อัตรา 20 กก./ไร่ ทำให้ดินมีค่าความเป็นกรด - ด่างเฉลี่ยมากที่สุด และการใช้เมล็ดปอเทืองอัตรา 10 กก./ไร่ มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยพืชสดปอเทืองและปุ๋ยเคมีในระยะแตกกอของข้าวพันธุ์ กข43 และไรซ์เบอร์รี่ พบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสดปอเทืองต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีและกรรมวิธีควบคุมไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ชี้ให้เห็นว่าประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนมีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งของข้าวในระยะแตกกอ และปอเทืองในระยะดอกบานที่มีอายุประมาณ 45 - 60 วัน เมื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจนของน้ำหนักแห้ง พบว่ามีปริมาณธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูงถึง 3.66% (สโรชา โพธิ์ไพจิตร และ นิตยา ผกามาศ, 2565) ส่วนการใส่ปุ๋ยพืชสดปอเทืองในอัตราไนโตรเจนที่แตกต่างกันของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 พบว่า การใส่ปุ๋ยพืชสดปอเทืองอัตรา 20 กก.N/ไร่ มีผลทำให้ข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี และเมื่อใช้ปอเทืองอัตรา 15 - 20 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีผลผลิต น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และดัชนีการเก็บเกี่ยวสูงสุด (กิตติพงศ์ ก่อการ และคณะ, 2563) ในระบบการปลูกข้าวในปี 2544 - 2545 และปี 2545 - 2546 การใช้ปุ๋ยพืชสดปอเทืองอัตรา 150 กก.N/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฮกตาร์ ทำให้ได้ผลผลิตสูงสุด 6,385 และ 6,521 กก./เฮกตาร์ ตามลำดับ และของข้าวสาลีในปี 2544 - 2545 และปี 2545 - 2546 ได้ผลผลิตสูงสุด 3,567 และ 3,719 กก./เฮกตาร์ ตามลำดับ เมื่อใช้อัตราเดิมต่อเนื่องกันจะให้ผลผลิตข้าวและข้าวสาลี 12.87 และ 12.77 ตัน/เฮกตาร์ ส่วนปอเทืองที่อายุ 60 วัน จะให้ผลผลิตข้าวและข้าวสาลีสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Patro *et al.*, 2011) เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีของส่วนต่างๆ ในต้นปอเทือง พบว่าส่วนของดอกมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและกระบวนการไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันสูงที่สุด รองลงมาคือส่วนของใบ แสดงให้เห็นว่าเมื่อไถกลบต้นปอเทืองลงดินจะได้ธาตุไนโตรเจนที่มาจากส่วนของดอกและใบเป็นหลัก (สุทธิ์เดชา ขุนทอง และคณะ, 2562) เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดินบางประการของพืชตระกูลถั่ว 4 ชนิด ในชุดดินสันทราย พบว่าส่วนของลำต้นปอเทืองและถั่วพุ่มมีน้ำหนักสดต้น/ตรม. มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักสดและแห้งของรากปอเทืองและถั่วพุ่มมีค่าสูงที่สุด แต่เมื่อนำไปตากแห้งแล้วปอเทืองจะมีน้ำหนักแห้งสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าปอเทืองที่ปลูกในดินชุดสันทรายมีการเจริญเติบโตและให้มวลชีวภาพดีที่สุด (เกษตร สันติวงศ์ และคณะ, 2561)

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นชี้ให้เห็นว่าแหนแดงและปอเทืองมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ทำเป็นปุ๋ยพืชสดเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมีในข้าวญี่ปุ่น แต่เนื่องจากรายงานข้อมูลที่เกี่ยวกับการเปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยพืชสดจากแหนแดงและปอเทืองในอัตราที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อคุณภาพการหุงต้มของข้าวมีค่อนข้างน้อย ดังนั้นจึงทำการศึกษาอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสดแหนแดงและปอเทืองต่อผลผลิตและคุณภาพการหุงต้มของข้าวจาปอนิกา เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้เกษตรกรสามารถนำปุ๋ยพืชสดไปประยุกต์ใช้ในการผลิตข้าวให้มีคุณภาพที่ดีมากยิ่งขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สถานที่ดำเนินงาน

3.1.1 โรงเรือนทดลอง ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.1.2 ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.1.3 ห้องปฏิบัติการวิทยาลัยเทคโนโลยีและนวัตกรรมวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2 ระยะเวลาทำการทดลอง

ทำการทดลองระหว่างเดือน มกราคม 2566 – มีนาคม 2567

3.3 วิธีการดำเนินการและการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 เป็นการศึกษาอิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากแหนแดงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวจาปอนิกา ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสดจากแหนแดง ปอเทือง และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพการหุงต้มของข้าวจาปอนิกา

3.3.1 การศึกษาส่วนที่ 1 อิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากแหนแดงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวจาปอนิกา

การวางแผนการทดลอง

การศึกษาส่วนนี้จัดสิ่งทดลองแบบ 2x6 Factorial experiment in CRD จำนวน 4 ซ้ำ มี 2 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัยที่ 1 คือ พันธุ์ข้าวญี่ปุ่น

1. พันธุ์ ก.วก.1 (DOA1)
2. พันธุ์ ก.วก.2 (DOA2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่ 2 คือ อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง

1. ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)
2. ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่
3. ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่
4. ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่
5. ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่
6. ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่

การเตรียมดิน

ก่อนปลูกทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน ที่ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล. ประกอบด้วย คุณลักษณะของเนื้อดิน (Soil texture), ความเป็นกรดและด่าง (pH), สภาพการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical conductivity : EC), ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter : OM) วิเคราะห์คาร์บอน (C) และไนโตรเจน (N) ทั้งหมด ด้วยวิธี dry combustion โดยเครื่อง CNS analyzer (LECO Corporation, 2016) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) โดยใช้น้ำยาสกัด Bray II (Bray and Kurtz, 1945) วิเคราะห์โพแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) ที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K, Ca, Mg และ Na) วิเคราะห์เหล็ก (Fe), สังกะสี (Zn), แมงกานีส (Mn) และทองแดง (Cu) ที่สกัดได้ (Excretable Fe, Zn, Mn และ Cu) ด้วยวิธี Wet oxidation โดยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) จากนั้นทำการเตรียมดิน โดยการนำดินที่จะใช้ปลูกมาผึ่งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ระหว่างการผึ่งดินควรพลิกดินด้านบนและล่างสลับกันเพื่อให้ดินมีความแห้งสม่ำเสมอกัน ทำการย่อยดินให้ละเอียดและใส่ลงในกระถางซีเมนต์ขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 30 x 100 x 30 ซม. จำนวน 48 กระถาง กระถางละ 60 กก.

การขยายพันธุ์และการหมักแหนแดง

เตรียมบ่อปูนซีเมนต์และใส่ดินที่ผสมกับปุ๋ยคอกมูลโคประมาณ 100 ก. ให้สูงประมาณ 5 ซม. จากนั้นเติมน้ำให้สูงจากผิวดินประมาณ 10 ซม. ปล่อยทิ้งไว้จนดินตกตะกอนและทำการใส่แหนแดงสดประมาณ 50 ก. (1 กำมือ) ลงในบ่อปูนซีเมนต์ แล้วเกลี่ยให้แหนแดงกระจายทั่วบ่อ เมื่อแหนแดงมีการเจริญเติบโตเต็มที่จนเต็มบ่อจะใช้ระยะเวลาประมาณ 2 สัปดาห์ ทำการตักแหนแดงออกไปตากแดดจัดประมาณ 2-3 วัน ในระหว่างการตากแดดควรพลิกด้านบนและล่างสลับกันไปเพื่อให้มีความแห้งอย่างสม่ำเสมอกัน จากนั้นนำมาชั่งจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่และเก็บไว้ใช้ในรูปแบบของแหนแดงแห้ง โดยสถานีพัฒนาที่ดินสุพรรณบุรี (2557) ได้แสดงข้อมูลปริมาณธาตุอาหารหลักของแหนแดงแห้งไว้ว่ามีปริมาณไนโตรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมด (Total N) 3.30% ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) 0.57% และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K) 1.23% เพื่อคำนวณหาปริมาณแหนแดงแห้งที่ใช้และนำมาใส่ลงในกระถางซีเมนต์ตามอัตราที่กำหนดไว้ในแต่ละกรรมวิธี โดยแหนแดงสดจำนวน 15 กก. จะเทียบเท่ากับแหนแดงแห้งจำนวน 1 กก. จากนั้นทำการขังน้ำประมาณ 10 ซม. เพื่อหมักแหนแดงทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 14 วัน เมื่อครบระยะเวลาในการหมักจะทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินในแต่ละกระถางที่ระดับความลึก 0 - 15 ซม. เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในดินก่อนปลูกข้าว โดยการวิเคราะห์แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ด้วยวิธี Kjeldahl Method (Bryson and Mills, 2015)

การปลูกและการดูแลรักษา

ทำการเพาะเมล็ดพันธุ์ข้าวญี่ปุ่นจำนวน 2 พันธุ์ โดยนำไปแช่น้ำไว้ 1 วัน และนำไปผึ่งในที่ร่มเพื่อบ่มเป็นระยะเวลา 2 วัน จากนั้นนำมาใส่ลงในถาดเพาะกล้า 1 - 2 เมล็ด/หลุม พอต้นกล้าอายุ 25 วัน ทำการย้ายต้นกล้าไปปักดำลงในกระถางซีเมนต์ที่เตรียมไว้ โดยในแต่ละกระถางจะปักดำต้นกล้าข้าวกระถางละ 4 หลุม หลุมละ 3 ต้น โดยในแต่ละกรรมวิธีที่กำหนดจะมีปริมาณฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ตามค่าการวิเคราะห์ดิน จากนั้นใส่แหนแดงแห้งที่เตรียมไว้ตามอัตราต่างๆ ที่กำหนดไว้ในแต่ละกรรมวิธี ก่อนการปักดำข้าวจะทำการหมักแหนแดงแห้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 14 วัน เมื่อปักดำข้าวแล้วเติมน้ำประมาณ 10 ซม. และรักษาระดับน้ำให้คงที่จนกระทั่งถึงระยะก่อนการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์

การเก็บบันทึกข้อมูล

ข้อมูลการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น โดยสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว ทำการเก็บบันทึกข้อมูลความสูง จำนวนหน่อต่อกอ ทำการสุ่มแยกใบออกมาเพื่อนำไปวัดพื้นที่ใบแบบตั้งโต๊ะด้วยเครื่อง LI-3100C area meter เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าพื้นที่ใบ (Leaf Area; LA) ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index; LAI) และพื้นที่ใบเฉพาะ (Specific Leaf Area; SLA) จากนั้นนำต้นข้าวมาล้างทำความสะอาดและนำมาแยกส่วนของต้น ใบ และเมล็ด เพื่อชั่งน้ำหนักสด แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 - 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชม. หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่ จากนั้นนำออกมาชั่งน้ำหนักแห้งและบันทึกผลทันที เพื่อใช้คำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต (Crop Growth Rate; CGR) ในส่วนของเมล็ดข้าวจะทำการเก็บบันทึกข้อมูลน้ำหนักเมล็ดดีและน้ำหนักเมล็ดเสีย เพื่อใช้คำนวณหาเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ ทำการสุ่มเมล็ดดีเพื่อนำไปคำนวณหาน้ำหนัก 1,000 เมล็ด และคำนวณหาค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvest Index; HI) โดยสูตรการคำนวณหาองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิต มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index; LAI) คำนวณได้จากสูตร

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

เมื่อ LA = พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)

GA = พื้นที่ดิน (ตร.ซม.)

การคำนวณหาพื้นที่ใบเฉพาะ (Specific leaf area; SLA) คำนวณได้จากสูตร

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

เมื่อ LA = พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)

LW = น้ำหนักแห้งใบ (ก.)

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.)

W_1 = น้ำหนักแห้งทั้งหมดที่ระยะเวลา T_1 (ก.)

W_2 = น้ำหนักแห้งทั้งหมดที่ระยะเวลา T_2 (ก.)

T_1 = ระยะเวลาในการวัดน้ำหนักแห้งทั้งหมด ครั้งที่ 1 (วัน)

T_2 = ระยะเวลาในการวัดน้ำหนักแห้งทั้งหมด ครั้งที่ 2 (วัน)

การคำนวณหาดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvest index; HI) คำนวณได้จากสูตร

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ economic yield = น้ำหนักเมล็ดดี (กก./ไร่)

biological yield = น้ำหนักแห้งรวมส่วนเหนือดิน (กก./ไร่)

ในการสุ่มเก็บตัวอย่างที่ระยะเก็บเกี่ยวจะนำตัวอย่างของต้นและใบที่อบแห้งแล้วมาบดรวมกันและตัวอย่างเมล็ดมาบดให้ละเอียด จากนั้นนำมากรองผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. เพื่อนำไปวิเคราะห์หาไนโตรเจนในต้นพืชและเมล็ด โดยนำไปวิเคราะห์หาไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl Method (Bryson and Mills, 2015) เพื่อใช้คำนวณหาการดูดใช้ไนโตรเจนและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (Dobermann, 2005) จากสูตรดังนี้

การดูดใช้ไนโตรเจน (N-uptake) คำนวณได้จากสูตร

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

ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (Nitrogen use efficiency; NUE) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{NUE} = \frac{\text{ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)}}{\text{ปริมาณ N ที่ใส่ (กก./ไร่)}}$$

ปริมาณธาตุอาหารในดินหลังปลูก โดยหลังจากเก็บเกี่ยวข้าว ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินทุกกระถางที่ระดับความลึก 0 - 15 ซม. เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในดิน ด้วยวิธี Kjeldahl Method (AOAC, 2006) หาปริมาณฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ ด้วยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) และหาโพแทสเซียมรูปที่เป็นประโยชน์ ด้วยวิธี Jackson (Jackson, 1973)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่เก็บบันทึกได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธีโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม M-STATC ของ Michigan State University (Bricker, 1989)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การศึกษาส่วนที่ 2 อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสดจากแหนแดง ปอเทือง และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพการหุงต้มของข้าวจาปอนิกา

การวางแผนการทดลอง

การศึกษาส่วนนี้จัดสิ่งทดลองแบบ 2x4 Factorial experiment in CRD จำนวน 4 ซ้ำ มี 2 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัยที่ 1 คือ พันธุ์ข้าวญี่ปุ่น

1. พันธุ์ ก.วก.1 (DOA1)
2. พันธุ์ ก.วก.2 (DOA2)

ปัจจัยที่ 2 คือ ชนิดของปุ๋ย

1. ไม่ใส่ปุ๋ย (กรรมวิธีควบคุม)
2. ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่
3. ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่
4. ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่

การเตรียมดิน การหมักแหนแดง และการหมักปอเทือง

ก่อนปลูกทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน ที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กทม. ประกอบด้วย คุณลักษณะของเนื้อดิน (Soil texture), ความเป็นกรดและด่าง (pH), สภาพการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical conductivity : EC), ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter : OM) วิเคราะห์ไนโตรเจน (N) ทั้งหมด ด้วยวิธี dry combustion โดยเครื่อง CNS analyzer (LECO Corporation, 2016) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) โดยใช้น้ำยาสกัด Bray II (Bray and Kurtz, 1945) และวิเคราะห์โพแทสเซียม (K) ที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) ด้วยวิธี Wet oxidation โดยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) จากนั้นทำการเตรียมดิน โดยการนำดินที่จะใช้ปลูกมาผึ่งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ระหว่างการผึ่งดินควรพลิกดินด้านบนและล่างสลับกัน เพื่อให้ดินมีความแห้งสม่ำเสมอกัน ทำการย่อยดินให้ละเอียดและใส่ลงในกระถางซีเมนต์กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 30 x 100 x 30 ซม. จำนวน 32 กระถาง กระถางละ 60 กก.

การหมักแหนแดงทำเช่นเดียวกับการศึกษาส่วนที่ 1 การหมักปอเทืองจะหว่านเมล็ดปอเทืองในขณะที่ดินยังมีความชื้นอยู่และทำการตัดเมื่ออายุครบ 45 - 60 วัน หรือที่ระยะดอกบาน นำมาผึ่งให้แห้งและย่อยมวลชีวภาพใส่ลงในกระถางซีเมนต์ที่ระดับความลึก 10 ซม. (สมพร ดำยศ, 2556) ตามอัตราที่กำหนดไว้ในแต่ละกรรมวิธี เมื่อนำปอเทืองแห้งไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลัก พบว่ามีปริมาณไนโตรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมด (Total N) 3.38% ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) 2.52% และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K) 22.82% เพื่อคำนวณหาปริมาณปอเทืองแห้งที่ใช้และนำมาใส่ลงในกระถางซีเมนต์ตามอัตราที่กำหนดไว้ในแต่ละกรรมวิธี จากนั้นทำการขังน้ำประมาณ 10 ซม. เพื่อหมักปอเทืองทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 14 วัน เมื่อครบระยะเวลาในการหมักจะทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินในแต่ละกระถางที่ระดับความลึก 0 - 15 ซม. เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในดินก่อนปลูกข้าว โดยการวิเคราะห์แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ด้วยวิธี Kjeldahl Method (Bryson and Mills, 2015)

การปลูกและการดูแลรักษา

การปลูกและการดูแลรักษาทำเช่นเดียวกับการศึกษาส่วนที่ 1 โดยในแต่ละกรรมวิธีที่กำหนดจะมีปริมาณฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ตามค่าการวิเคราะห์ดิน ซึ่งจะมีการใส่ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (กรรมวิธีควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยพืชสดจากแหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก. N/ไร่ ก่อนการปักดำข้าวจะหมักแหนแดงทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 14 วัน กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่ ก่อนการปักดำข้าวจะหมักปอเทืองทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 14 วัน และกรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่ จะแบ่งใส่ 2 ครั้ง ในอัตราที่เท่ากันเมื่อข้าวมีอายุ 20 และ 40 วัน (หลังปักดำ) เมื่อทำการปักดำข้าวแล้วเติมน้ำประมาณ 10 ซม. และรักษาระดับน้ำให้คงที่จนกระทั่งถึงระยะก่อนการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์

การเก็บบันทึกข้อมูล

ข้อมูลการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น โดยสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว ทำการเก็บบันทึกข้อมูลความสูง จำนวนหน่อต่อกอ คำนวณหาค่าพื้นที่ใบ (Leaf Area; LA) ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index; LAI) พื้นที่ใบเฉพาะ (Specific Leaf Area; SLA) ชั่งน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด คำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต (Crop Growth Rate; CGR) บันทึกข้อมูลน้ำหนักเมล็ดดีและน้ำหนักเมล็ดเสีย เพื่อใช้คำนวณหาเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ ทำการสุ่มเมล็ดดีเพื่อนำไปคำนวณหาน้ำหนัก 1,000 เมล็ด คำนวณหาค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvest Index; HI) จากนั้นคำนวณหาการดูดใช้ไนโตรเจนและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน โดยทำเช่นเดียวกับการศึกษาส่วนที่ 1

ปริมาณธาตุอาหารในดินหลังปลูก หลังจากเก็บเกี่ยวข้าว ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินทุกกระถางที่ระดับความลึก 0 - 15 ซม. เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมรูปที่เป็นประโยชน์ โดยทำเช่นเดียวกับการศึกษาส่วนที่ 1

ข้อมูลคุณภาพการหุงต้มของข้าวจาปอนิกา โดยการนำเมล็ดข้าวจากการศึกษาส่วนที่ 2 ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีที่วิทยาลัยเทคโนโลยีและนวัตกรรมวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ปริมาณอะไมโลส (Amylose content) และปริมาณอะไมโลเพกทิน (Amylopectin content) ตามวิธีการของ Juliano (1971) โดยนำตัวอย่างเมล็ดข้าวที่บดแล้วมาชั่ง 0.1 ก. ใส่ในขวดปริมาตร 100 มล. เติมสารละลายเอทานอล 95% ปริมาตร 1 มล. และโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 9 มล. เขย่าให้เข้ากันนาน 10 นาที จากนั้นนำมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรเป็น 100 มล. ทำการปิเปตสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างข้างต้นมาปริมาตร 5 มล. ใส่ในขวดใบใหม่ แล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 70 มล. เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นปิเปตกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 1 มล. และปิเปตสารละลายไอโอดีนปริมาตร 2 มล. ทำการเติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรเป็น 100 มล. เขย่าให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าความเข้มสีของสารละลายด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน เพื่อใช้คำนวณหาปริมาณอะไมโลส

2. ความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency) ตามวิธีการของ Cagampang *et al.* (1973) โดยนำตัวอย่างเมล็ดข้าวที่บดแล้วมาชั่ง 0.1 ก. ใส่ในหลอดทดลอง ทำการเติมสารละลายไทมอลบลูปริมาตร 0.2 มล. และเติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.2 นอร์มอล ปริมาตร 2 มล. เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปต้มในน้ำเดือดนาน 8 นาที เขย่าให้เข้ากัน นำไปแช่ในน้ำเย็นจัดนาน 20 นาที แล้วนำหลอดทดลองไปวางบนกระดาษกราฟนาน 30 นาที จากนั้นทำการอ่านระยะทางที่แป้งไหลและนำระยะทางที่ได้ไปประเมินค่าความคงตัวของแป้งสุก

3. ปริมาณโปรตีน (Protein content) วิเคราะห์ด้วยวิธี Kjeldahl Method โดยนำตัวอย่างเมล็ดข้าวที่บดแล้วไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด จากนั้นนำปริมาณไนโตรเจนที่ได้มาคำนวณหาปริมาณโปรตีน ตามสูตรดังนี้

ปริมาณโปรตีน (%) = ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%) x ค่าแฟกเตอร์ของธัญพืชมีค่าประมาณ 5.95

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่เก็บบันทึกได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธีโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม M-STATC ของ Michigan State University (Bricker, 1989)

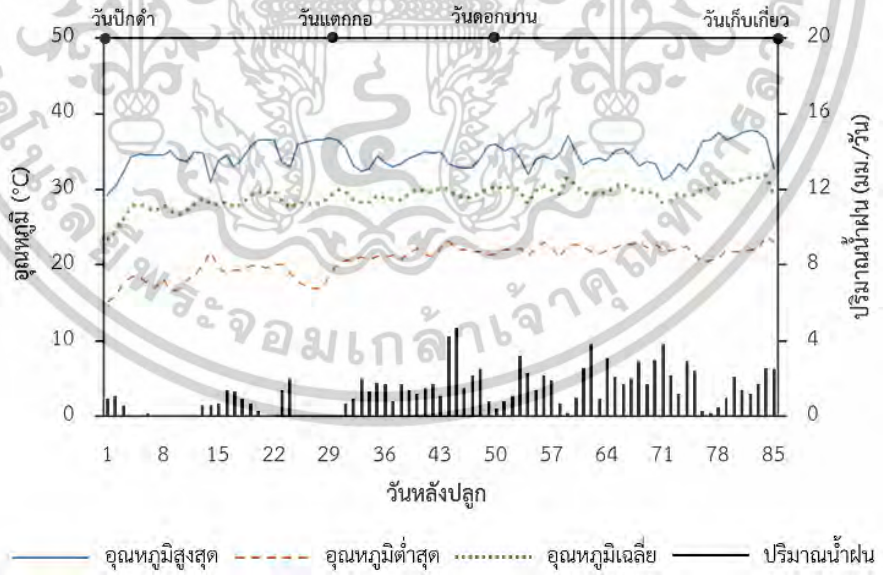
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 การศึกษาส่วนที่ 1 อิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากแหนแดงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวจาปอนิกา

4.1.1 สภาพภูมิอากาศ

ภาพที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนรายวัน ตั้งแต่วันปลูก (วันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2566) จนถึงวันเก็บเกี่ยว (วันที่ 28 เมษายน พ.ศ. 2566) พบว่าอุณหภูมิตลอดฤดูปลูกค่อนข้างแปรปรวน โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 20.7 °C และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 34.3 °C ในช่วงวันปักดำจนถึงวันที่ข้าวเริ่มมีการแตกกอเป็นช่วงฤดูหนาวจึงมีอากาศหนาวเย็นเป็นระยะๆ กับเริ่มร้อนขึ้นในตอนกลางวัน และมีช่วงที่ฝนไม่ตกติดต่อกันหลายวัน หลังจากวันแตกกอจนถึงวันเก็บเกี่ยวเป็นช่วงฤดูร้อนพบว่ามีอุณหภูมิสูงขึ้นในตอนกลางวันสลับกับมีฝนตกบ่อยและกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทำให้มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดเท่ากับ 4.7 มม./วัน และมีปริมาณน้ำฝนสะสมรวมตลอดฤดูปลูกข้าวเท่ากับ 111.6 มม.



ภาพที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนรายวัน ตั้งแต่วันปลูก (วันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2566) จนถึงวันเก็บเกี่ยว (วันที่ 28 เมษายน พ.ศ. 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกข้าว

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินก่อนปลูกข้าวที่ระดับความลึก 0 - 15 ซม.พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพมีลักษณะเป็นดินเหนียว ซึ่งเหมาะสมต่อการปลูกข้าว และพบว่าคุณสมบัติทางเคมีมีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) เท่ากับ 4.40 (กรดรุนแรงมาก) สภาพการนำไฟฟ้าของดิน (EC) เท่ากับ 0.21 มิลลิซีเมนส์/เซนติเมตร (ไม่มีความเค็ม) ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter) เท่ากับ 2.09% ปริมาณคาร์บอน (C) ไนโตรเจน (N) และกำมะถัน (S) เท่ากับ 1.68%, 0.11% และ 0.18% ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัส (P) ที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 13.49 มก./กก. ปริมาณโพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) ที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 161.47, 1,713.63, 443.27 และ 134.01 มก./กก. ตามลำดับ และมีปริมาณเหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn) และทองแดง (Cu) ที่สกัดได้เท่ากับ 88.66, 15.97, 1.80 และ 1.74 มก./กก. ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินก่อนปลูกข้าว

คุณสมบัติของดิน	ปริมาณ
คุณสมบัติทางกายภาพ	
Sand (%)	7.16
Silt (%)	25.64
Clay (%)	67.20
Texture	Clay
คุณสมบัติทางเคมี	
pH	4.40
EC (mS/cm)	0.21
Organic matter (%)	2.09
Total C (%)	1.68
Total N (%)	0.11
Total S (%)	0.18
Available P (mg/kg)	13.49
Exchangeable K (mg/kg)	161.47
Exchangeable Ca (mg/kg)	1,713.63
Exchangeable Mg (mg/kg)	443.27
Exchangeable Na (mg/kg)	134.01
Extractable Fe (mg/kg)	88.66
Extractable Zn (mg/kg)	15.97
Extractable Mn (mg/kg)	1.80
Extractable Cu (mg/kg)	1.74

* วิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การย่อยสลายไนโตรเจนในดินหลังหมักแหนแดง

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ในดินหลังจากการหมักแหนแดงที่อัตราแตกต่างกันเป็นระยะเวลา 14 วัน ก่อนการปักดำข้าว พบว่าในดินที่ไม่ได้ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม) มีปริมาณแอมโมเนียมไอออนน้อยที่สุดเท่ากับ 133.35 มก./กก. ส่วนดินที่มีการใส่แหนแดงแห้งอัตรา 6, 12, 18, 24 และ 30 กก.N/ไร่ (181.8, 363.6, 545.5, 727.3 และ 909.1 กก.แห้ง/ไร่) มีปริมาณแอมโมเนียมไอออนเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับดินที่ไม่ได้ใส่แหนแดงแห้ง โดยมีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 177.88, 200.58, 263.55, 212.72 และ 188.33 มก./กก. ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการใส่แหนแดงแห้งในอัตราที่ต่ำกว่าและสูงกว่า 18 กก.N/ไร่ ทำให้ดินมีปริมาณแอมโมเนียมไอออนลดลง สันนิษฐานว่าค่า pH และขนาดของวัสดุอินทรีย์เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยแอมโมเนียมไอออนภายใต้สภาวะดินน้ำขังและอัตราในการย่อยสลาย ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกพบว่าดินมีค่า pH เท่ากับ 4.40 จัดว่ามีความเป็นกรดรุนแรงมาก ทำให้มีการปลดปล่อยแอมโมเนียมไอออนในดินต่ำกว่าดินที่มีค่า pH เป็นกลาง (6.6 – 7.3) การใส่แหนแดงแห้งที่มีขนาดเล็กในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้แหนแดงมีการกระจายตัวได้ดี ทำให้จุลินทรีย์สามารถเข้าย่อยสลายได้มากและเกิดอัตราการย่อยสลายเร็วขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ทำให้ในดินที่มีการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่ คิดเป็น 545.5 กก.แห้ง/ไร่ มีปริมาณแอมโมเนียมสูงสุดเท่ากับ 263.55 มก./กก.

ตารางที่ 4.2 ปริมาณแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ในดินหลังหมักแหนแดงเป็นระยะเวลา 14 วัน

ปัจจัย	แอมโมเนียมไอออน (มก./กก.)
ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	133.35
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่ (181.8 กก.แห้ง/ไร่)	177.88
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่ (363.6 กก.แห้ง/ไร่)	200.58
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่ (545.5 กก.แห้ง/ไร่)	263.55
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่ (727.3 กก.แห้ง/ไร่)	212.72
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่ (909.1 กก.แห้ง/ไร่)	188.33
F-test	ns
C.V. (%)	29.32

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* วิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น

ตารางที่ 4.3 แสดงผลของการใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อความสูงของข้าวญี่ปุ่นที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีความสูงเท่ากับ 109.29 ซม. ซึ่งมากกว่าพันธุ์ ก.วก.2 ที่มีค่าเท่ากับ 102.42 ซม. อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งที่ต่างกันมีผลทำให้ข้าวมีความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยจะทำให้ข้าวมีความสูงแตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย การใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีความสูงมากที่สุดเท่ากับ 112.13 ซม. รองลงมาคือการใส่แหนแดงแห้งอัตรา 12, 24, 18 และ 6 กก.N/ไร่ ที่มีความสูงเท่ากับ 106.88, 106.75, 105.75 และ 98.13 ซม. ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ไม่ใส่แหนแดงแห้งมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 98.13 ซม. ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับอัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งต่อความสูง แต่มีแนวโน้มว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีการตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่ สูงกว่าอัตราอื่นๆ

สำหรับการแตกกอ พบว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 และ ก.วก.2 มีจำนวนหน่อต่อกอไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยจำนวนหน่อต่อกอเท่ากับ 14.46 และ 14.33 หน่อ ตามลำดับ อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งที่ต่างกันมีผลทำให้ข้าวมีจำนวนหน่อต่อกอแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีจำนวนหน่อต่อกอสูงสุดเท่ากับ 15.50 หน่อ ซึ่งไม่แตกต่างจากการใส่แหนแดงแห้งอัตรา 18 กก.N/ไร่ และกรรมวิธีที่ไม่ใส่แหนแดงแห้งมีจำนวนหน่อต่อกอเท่ากับ 15.50 และ 14.88 หน่อ ตามลำดับ รองลงมาคือการใส่แหนแดงแห้งอัตรา 30 และ 12 กก.N/ไร่ ที่มีจำนวนหน่อต่อกอเท่ากับ 14.13 และ 13.75 หน่อ ตามลำดับ ส่วนการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่ มีจำนวนหน่อต่อกอน้อยที่สุดเท่ากับ 13.00 หน่อ หากข้าวได้รับไนโตรเจนในอัตรา 6.4 – 17.6 กก.N/ไร่ ทำให้สามารถแตกกอได้ดีและมีจำนวนรวงเพิ่มขึ้น (ยงยุทธ โอสถสภา, 2558) เนื่องจากข้าวได้รับธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจะทำให้มีการแตกกอมากขึ้น ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับอัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งต่อจำนวนหน่อต่อกอ แต่พบว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่ สูงกว่าอัตราอื่นๆ ส่วนข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการไม่ใส่แหนแดงแห้งสูงกว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลของการใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อความสูงและจำนวนหน่อต่อกอที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น

ปัจจัย	ความสูง (ซม.)[1/]	จำนวนหน่อต่อกอ[1/]
พันธุ์ข้าว		
ก.วก.1	109.29[a]	14.46
ก.วก.2	102.42[b]	14.33
อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง		
ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	98.13[b]	14.88[a]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	105.50[ab]	13.00[b]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	106.88[ab]	13.75[ab]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	105.75[ab]	15.13[a]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	106.75[ab]	15.50[a]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	112.13[a]	14.13[ab]
พันธุ์ข้าว x อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง		
ก.วก.1 x ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	105.25	13.50
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	110.25	13.50
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	111.25	14.00
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	106.50	16.25
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	111.00	15.75
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	111.50	13.75
ก.วก.2 x ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	91.00	16.25
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	100.75	12.50
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	102.50	13.50
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	105.00	14.00
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	102.50	15.25
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	112.75	14.50
F-test		
พันธุ์ข้าว	**	ns
อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง	*	*
พันธุ์ข้าว x อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง	ns	ns
C.V. (%)	7.42	11.62

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลของการใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อค่าดัชนีพื้นที่ใบของข้าวญี่ปุ่นที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีค่าดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีค่าเท่ากับ 0.87 ซึ่งมากกว่าพันธุ์ ก.วก.2 ที่มีค่าเท่ากับ 0.60 อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งที่ต่างกันไม่มีผลทำให้ข้าวมีค่าดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ไม่ใส่แหนแดงแห้งและการใส่แหนแดงแห้งอัตรา 6, 12, 18, 24 และ 30 กก.N/ไร่ มีค่าเท่ากับ 0.69, 0.68, 0.67, 0.89, 0.77 และ 0.72 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับอัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งต่อค่าดัชนีพื้นที่ใบ แต่มีแนวโน้มว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีการตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่ สูงกว่าอัตราอื่นๆ

สำหรับพื้นที่ใบเฉพาะ พบว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 และ ก.วก.2 มีค่าพื้นที่ใบเฉพาะไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 79.76 และ 80.88 ตร.ซม./ก. ตามลำดับ อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งที่ต่างกันไม่มีผลทำให้ข้าวมีค่าพื้นที่ใบเฉพาะแตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ไม่ใส่แหนแดงแห้งและการใส่แหนแดงแห้งอัตรา 6, 12, 18, 24 และ 30 กก.N/ไร่ มีค่าพื้นที่ใบเฉพาะเท่ากับ 81.06, 82.55, 79.36, 93.72, 73.31 และ 71.91 ตร.ซม./ก. ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับอัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งต่อพื้นที่ใบเฉพาะ แต่พบว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการไม่ใส่แหนแดงแห้งสูงกว่าอัตราอื่นๆ ส่วนข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่ สูงกว่าอัตราอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลของการใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อดัชนีพื้นที่ใบและพื้นที่ใบเฉพาะที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น

ปัจจัย	ดัชนีพื้นที่ใบ[1/]	พื้นที่ใบเฉพาะ (ตร.ซม./ก.)[1/]
พันธุ์ข้าว		
ก.วก.1	0.87[a]	79.76
ก.วก.2	0.60[b]	80.88
อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง		
ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	0.69	81.06
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	0.68	82.55
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	0.67	79.36
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	0.89	93.72
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	0.77	73.31
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	0.72	71.91
พันธุ์ข้าว x อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง		
ก.วก.1 x ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	0.85	90.54
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	0.86	79.08
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	0.74	79.12
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	1.08	82.21
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	0.91	75.81
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	0.79	71.80
ก.วก.2 x ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	0.54	71.59
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	0.50	86.03
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	0.61	79.60
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	0.71	105.22
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	0.63	70.82
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	0.65	72.02
F-test		
พันธุ์ข้าว	**	ns
อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง	ns	ns
พันธุ์ข้าว x อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง	ns	ns
C.V. (%)	27.37	23.76

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่ออัตราการเจริญเติบโตที่ระยะปักดำจนถึงเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีค่าเท่ากับ 5.68 ก./ตร.ม./วัน ซึ่งมากกว่าพันธุ์ ก.วก.2 ที่มีค่าเท่ากับ 4.67 ก./ตร.ม./วัน อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งที่ต่างกันมีผลทำให้ข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) โดยการใส่แหนแดงแห้งอัตรา 30 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 5.95 ก./ตร.ม./วัน รองลงมาคือการใส่แหนแดงแห้งอัตรา 18, 24 และ 12 กก.N/ไร่ และกรรมวิธีที่ไม่ใส่แหนแดงแห้งมีค่าเท่ากับ 5.72, 5.68, 4.90 และ 4.55 ก./ตร.ม./วัน ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของ Azarpour *et al.* (2014) พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าดัชนีพื้นที่ใบและอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น ส่งผลให้ข้าวมีความสามารถในการสะสมน้ำหนักแห้งมากขึ้น ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มผลผลิต ส่วนการใส่ปุ๋ยในอัตรา 6 กก.N/ไร่ มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 4.23 ก./ตร.ม./วัน ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับอัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งต่ออัตราการเจริญเติบโต แต่มีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีการตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่ สูงกว่าอัตราอื่นๆ ส่วนข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่ สูงกว่าอัตราอื่นๆ ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตจะเกี่ยวข้องกับการสะสมน้ำหนักแห้ง โดยข้าวที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงจะมีจำนวนเมล็ด/ตรม. สูงไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของพรเพ็ญ สมจิตร์ และ นิตยา ผกามาศ (2555) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตในข้าวอินดิกาที่ไม่ไวต่อช่วงแสง พบว่าที่ระยะ 45 วัน หลังปักดำจนถึงระยะเก็บเกี่ยวทำให้ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 2 มีอัตราการเจริญเติบโตและจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตรสูงสุดทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงที่สุด ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตเป็นดัชนีบ่งบอกถึงการสะสมน้ำหนักของข้าว **(ตารางที่ 4.5)**

สำหรับน้ำหนักแห้งรวมของข้าวญี่ปุ่นที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีน้ำหนักแห้งรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีค่าเท่ากับ 1,037.98 กก./ไร่ ซึ่งมากกว่าพันธุ์ ก.วก.2 ที่มีค่าเท่ากับ 851.77 กก./ไร่ อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งที่ต่างกันมีผลทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01) โดยการใส่ปุ๋ยแหนแดงแห้งอัตรา 30 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1,087.04 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่แหนแดงแห้งอัตรา 18, 24 และ12 กก.N/ไร่ และกรรมวิธีที่ไม่ใส่แหนแดงแห้งมีค่าเท่ากับ 1,040.29, 1,037.63, 895.55 และ 853.04 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยในอัตรา 6 กก.N/ไร่ มีน้ำหนักแห้งรวมน้อยที่สุดเท่ากับ 773.71 กก./ไร่ ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับอัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งต่อน้ำหนักแห้งรวม แต่มีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีการตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่ สูงกว่าอัตราอื่นๆ ส่วนข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่ สูงกว่าอัตราอื่นๆ สอดคล้องกับรายงานของ Yoshida (1981) พบว่าการสะสมน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วงระยะออกดอกถึงเก็บเกี่ยวจะส่งผลให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นเนื่องจากการที่ข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลต่อการให้ผลผลิตของข้าว **(ตารางที่ 4.5)**

การใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของข้าวญี่ปุ่นที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีค่าเท่ากับ 72.40 และ 27.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ ก.วก.2 มีค่าเท่ากับ 81.22 และ 18.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งที่ต่างกันไม่มีผลทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเพียง 17.31 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าอัตราอื่นๆ ค่อนข้างมากจึงทำให้ได้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงถึง 82.69 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใส่ในอัตราอื่นๆ จะมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบอยู่ระหว่าง 72.68 – 79.51 และ 20.49 – 27.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับอัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ แต่มีแนวโน้มว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีการตอบสนองดีต่อการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่ โดยข้าวมีแนวโน้มได้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีมากและมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบน้อยกว่าการใส่ในอัตราอื่นๆ **(ตารางที่ 4.6)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลของการใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่ออัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งรวมที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น

ปัจจัย	อัตราการเจริญเติบโต (ก./ตร.ม./วัน)[1/] ที่ระยะปักดำถึงเก็บเกี่ยว	น้ำหนักแห้งรวม (กก./ไร่)[1/]
พันธุ์ข้าว		
ก.วก.1	5.68[a]	1,037.98[a]
ก.วก.2	4.67[b]	851.77[b]
อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง		
ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	4.55[bc]	853.04[ab]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	4.23[c]	773.71[b]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	4.90[abc]	895.55[ab]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	5.72[ab]	1,040.29[ab]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	5.68[ab]	1,037.63[ab]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	5.95[a]	1,087.04[a]
พันธุ์ข้าว x อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง		
ก.วก.1 x ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	4.63	850.45
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	4.93	904.69
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	5.46	1,001.28
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	6.67	1,216.37
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	6.40	1,167.31
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	5.97	1,087.79
ก.วก.2 x ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	4.47	819.63
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	3.53	642.72
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	4.33	789.81
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	4.77	864.22
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	4.97	907.95
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	5.93	1,086.29
F-test		
พันธุ์ข้าว	**	**
อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง	*	**
พันธุ์ข้าว x อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง	ns	ns
C.V. (%)	20.63	20.77

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * และ ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และ [1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลของการใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น

ปัจจัย	เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี[1/]	เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ[1/]
พันธุ์ข้าว		
ก.วก.1	72.40[b]	27.60[a]
ก.วก.2	81.22[a]	18.78[b]
อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง		
ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	74.13	25.87
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	72.68	27.32
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	79.51	20.49
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	75.46	24.54
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	76.37	23.63
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	82.69	17.31
พันธุ์ข้าว x อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง		
ก.วก.1 x ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	69.90	30.10
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	65.01	34.99
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	76.93	23.07
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	70.57	29.43
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	72.77	27.23
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	79.20	20.80
ก.วก.2 x ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	78.36	21.64
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	80.35	19.65
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	82.09	17.91
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	80.36	19.64
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	79.96	20.04
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	86.19	13.81
F-test		
พันธุ์ข้าว	**	**
อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง	ns	ns
พันธุ์ข้าว x อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง	ns	ns
C.V. (%)	12.52	41.47

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงผลของการใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ดัชนีการเก็บเกี่ยว และผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด และดัชนีการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด และดัชนีการเก็บเกี่ยวเท่ากับ 26.93 ก. และ 0.37 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าพันธุ์ ก.วก.2 ที่มีค่าเท่ากับ 29.04 ก. และ 0.48 ตามลำดับ ส่วนผลผลิตของข้าวทั้งสองพันธุ์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 และ ก.วก.2 มีผลผลิตเท่ากับ 424.45 และ 429.42 กก./ไร่ ตามลำดับ อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งที่ต่างกันไม่มีผลทำให้ข้าวมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด และดัชนีการเก็บเกี่ยวของข้าวแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีผลต่อการให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยจะทำให้ข้าวมีผลผลิตแตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย การใส่แหนแดงแห้งในอัตรา 30 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 514.75 กก./ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยในอัตรา 18 กก.N/ไร่ ที่มีผลผลิตเท่ากับ 470.00 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่แหนแดงแห้งในอัตรา 24 และ 12 กก.N/ไร่ ที่มีผลผลิตเท่ากับ 462.67 และ 425.28 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่ และกรรมวิธีที่ไม่ใส่แหนแดงแห้งมีผลผลิตน้อยที่สุดเท่ากับ 347.17 และ 341.76 กก./ไร่ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของวลัยพร แสนวงษ์ และคณะ (2538) พบว่าการใส่ปุ๋ยในอัตรา 30 กก.N/ไร่ ทำให้ผลผลิตข้าวญี่ปุ่นสูงที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยในอัตรา 24 และ 18 กก.N/ไร่ การเพิ่มขึ้นของอัตราไนโตรเจนของปุ๋ยอินทรีย์จะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ เนื่องจากเมล็ดข้าวมีความต้องการธาตุไนโตรเจนค่อนข้างสูง (Sinclair and DeWitt, 1975) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสถาพร กาญจนพันธุ์ และคณะ (2538) ที่พบว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 ที่ปลูกแบบปักดำจะตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนได้สูงสุดถึง 30 กก.N/ไร่ แต่จะให้ผลกำไรสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 18 กก.N/ไร่ และการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 24 - 36 กก.N/ไร่ อาจทำให้โรคและแมลงเข้าทำลายต้นข้าวได้ง่าย จนเป็นสาเหตุทำให้ต้นข้าวล้มและผลผลิตลดลง หากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวตั้งแต่ช่วงแรกจะส่งผลให้ผลผลิตสูงขึ้น (ธนกฤต เขียวอร่าม และ อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์, 2561)

ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับอัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งสำหรับน้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 และ ก.วก.2 ตอบสนองต่อการไม่ใส่แหนแดงแห้งและการใส่แหนแดงแห้งในอัตรา 12 กก.N/ไร่ สูงกว่าอัตราอื่นๆ ตามลำดับ สำหรับดัชนีการเก็บเกี่ยวมีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 และ ก.วก.2 ตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้งในอัตรา 12 และ 30 กก.N/ไร่ สูงกว่าอัตราอื่นๆ ตามลำดับ นอกจากนี้สำหรับผลผลิตมีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 และ ก.วก.2 ตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 และ 30 กก.N/ไร่ สูงกว่าอัตราอื่นๆ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลของการใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ดัชนีการเก็บเกี่ยว และผลผลิตที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น

ปัจจัย	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (ก.)[1/]	ดัชนีการเก็บเกี่ยว[1/]	ผลผลิต (กก./ไร่)[1/]
พันธุ์ข้าว			
ก.วก.1	26.93[b]	0.37[b]	424.45
ก.วก.2	29.04[a]	0.48[a]	429.42
อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง			
ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	28.34	0.38	341.76[b]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	27.81	0.43	347.17[b]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	28.33	0.45	425.28[ab]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	27.89	0.43	470.00[a]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	27.70	0.42	462.67[ab]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	27.84	0.46	514.75[a]
พันธุ์ข้าว x อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง			
ก.วก.1 x ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	27.25	0.32	298.03
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	27.05	0.36	366.24
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	27.08	0.42	449.87
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	27.15	0.35	479.36
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	26.18	0.39	488.38
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	26.88	0.41	464.85
ก.วก.2 x ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	29.43	0.45	385.50
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	28.58	0.49	328.11
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	29.58	0.48	400.69
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	28.63	0.50	460.64
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	29.23	0.45	436.96
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	28.80	0.51	564.64
F-test			
พันธุ์ข้าว	**	**	ns
อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง	ns	ns	*
พันธุ์ข้าว x อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง	ns	ns	ns
C.V. (%)	3.04	12.86	25.75

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * และ ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ [1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อการดูดใช้ไนโตรเจนในต้นและใบของข้าวญี่ปุ่นที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีการดูดใช้ไนโตรเจนในต้นและใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีค่าเท่ากับ 6.03 กก.N/ไร่ ซึ่งมากกว่าพันธุ์ ก.วก.2 ที่มีค่าเท่ากับ 4.47 กก.N/ไร่ อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งที่ต่างกันมีผลทำให้การดูดใช้ไนโตรเจนในต้นและใบของข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การใส่แหนแดงแห้งอัตรา 24 กก.N/ไร่ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 6.51 กก.N/ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างจากการใส่แหนแดงแห้งอัตรา 18 และ 30 กก.N/ไร่ ที่มีค่าเท่ากับ 5.57 และ 5.46 กก.N/ไร่ ตามลำดับ รองลงมาคือกรรมวิธีที่ไม่ใส่แหนแดงแห้งและการใส่แหนแดงแห้งอัตรา 12 กก.N/ไร่ ที่มีค่าเท่ากับ 5.25 และ 4.98 กก.N/ไร่ ตามลำดับ ส่วนการใส่แหนแดงแห้งอัตรา 6 กก.N/ไร่ มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 3.71 กก.N/ไร่ ผลของการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับอัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งต่อการดูดใช้ไนโตรเจนในต้นและใบ แต่มีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีการตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่ สูงกว่าอัตราอื่นๆ ส่วนข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่ สูงกว่าอัตราอื่นๆ **(ตารางที่ 4.8)**

แสดงผลของการใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อการดูดใช้ไนโตรเจนในเมล็ดของข้าวญี่ปุ่นที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีการดูดใช้ไนโตรเจนในเมล็ดไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 และพันธุ์ ก.วก.2 มีค่าเท่ากับ 6.33 และ 6.54 กก.N/ไร่ ตามลำดับ อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งที่ต่างกันมีผลทำให้ข้าวมีการดูดใช้ไนโตรเจนในเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่ ทำให้มีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.49 กก.N/ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยในอัตรา 24 กก.N/ไร่ ที่มีค่าเท่ากับ 7.12 กก.N/ไร่ รองลงมาคือการใส่แหนแดงแห้งอัตรา 18, 12 กก.N/ไร่ และกรรมวิธีไม่ใส่แหนแดงแห้งที่มีค่าเท่ากับ 6.91, 6.47 และ 5.38 กก.N/ไร่ ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยในอัตรา 6 กก.N/ไร่ มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 5.24 กก.N/ไร่ ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับอัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งต่อการดูดใช้ไนโตรเจนในเมล็ด แต่มีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีการตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่ สูงกว่าอัตราอื่นๆ ส่วนข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่ สูงกว่าอัตราอื่นๆ จากรายงานของ Wu *et al.* (2011) พบว่าการปลูกข้าวญี่ปุ่นพันธุ์นุ่มภายใต้การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่สูงด้วยอัตรา 48 กก./ไร่ มีผลทำให้ข้าวมีผลผลิตลดลง เนื่องจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่มากเกินความต้องการของพืช ทำให้ในดินมี NO_3^- ปริมาณมาก หากพืชไม่ได้ดูดใช้จะทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนโดยการชะล้างออกจากบริเวณรากพืช **(ตารางที่ 4.8)**

ซึ่งจากรายงานข้างต้น พบว่าการใส่แหนแดงแห้งในอัตรา 12 – 30 กก.N/ไร่ มีผลทำให้ความสูง จำนวนหน่อต่อกอ น้ำหนักแห้งรวม อัตราการเจริญเติบโต ผลผลิต และการดูดใช้ไนโตรเจนไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เนื่องจากข้าวจาปอนิกามีการตอบสนองต่ออัตราไนโตรเจนค่อนข้างสูง การใช้แหนแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แห้งในอัตรา 12 กก.N/ไร่ อาจทำให้ข้าวได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต เนื่องจากข้าวมีค่าการดูดใช้ไนโตรเจนในส่วนของต้น ใบ และเมล็ดได้ไม่ค่อยดี ส่วนการใช้แหนแดงแห้งในอัตรา 24 - 30 กก.N/ไร่ นอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองปริมาณแหนแดงแห้งที่นำมาใช้แล้ว อาจทำให้เกิดโรคและแมลงเข้าทำลายจนต้นข้าวเกิดการล้มได้ ดังนั้นอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากแหนแดงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น คือ 18 กก.N/ไร่

การใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในต้นและใบของข้าวญี่ปุ่นที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในต้นและใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีค่าเท่ากับ 44.57 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่ ซึ่งมากกว่าพันธุ์ ก.วก.2 ที่มีค่าเท่ากับ 28.68 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่ อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งที่ต่างกันมีผลทำให้ข้าวมีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในต้นและใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการใส่แหนแดงแห้งอัตรา 6 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในต้นและใบมากที่สุดเท่ากับ 70.30 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยในอัตรา 12, 18 และ 24 กก.N/ไร่ ที่มีค่าเท่ากับ 38.93, 31.22 และ 23.74 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่ ตามลำดับ ส่วนการใส่แหนแดงแห้งอัตรา 30 กก.N/ไร่ มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 18.95 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่ ผลการวิเคราะห์พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับอัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งต่อประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในต้นและใบ โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีการตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่ ทำให้มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในต้นและใบมากที่สุดเท่ากับ 88.54 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่ ส่วนข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีการตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่ ทำให้มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในต้นและใบน้อยสุดเท่ากับ 17.35 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่ และสอดคล้องกับการศึกษาของพักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์ และคณะ (2560) ได้รายงานว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 12.5 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนสูงที่สุดเท่ากับ 17.9 กก.N/ไร่ ซึ่งมีค่ามากกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราอื่นๆ ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวแต่ละพันธุ์ จะแปรผันตามสภาพแวดล้อมและการจัดการ เช่น อัตราของปุ๋ย และปริมาณของไนโตรเจน เป็นต้น ซึ่งประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนจะบ่งบอกถึงผลผลิตของพืชต่อปริมาณปุ๋ยที่ใส่ (Yoshida, 1981) **(ตารางที่ 4.9)**

แสดงผลของการใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในเมล็ดของข้าวญี่ปุ่นที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในเมล็ดไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีค่าเท่ากับ 32.20 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่ และพันธุ์ ก.วก.2 มีค่าเท่ากับ 30.14 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่ อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งที่ต่างกันมีผลทำให้ข้าวมีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยการใส่แหน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แดงแห้งอัตรา 6 กก.N/ไร่ ทำให้มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในเมล็ดมากที่สุดเท่ากับ 57.86 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยในอัตรา 12 และ 18 กก.N/ไร่ ที่มีค่าเท่ากับ 35.44 และ 26.11 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่ ตามลำดับ ส่วนการใส่แหนแดงแห้งอัตรา 24 และ 30 กก.N/ไร่ มีค่าน้อยสุดเท่ากับ 19.28 และ 17.16 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่ ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของวลัยพร แสนวงษ์ และคณะ (2540) ที่รายงานว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 24 กก.N/ไร่ จะทำให้ผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าวญี่ปุ่นไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยในอัตรา 30 กก.N/ไร่ โดยประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนจะมีค่าสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราที่ต่ำและค่าจะลดลงเมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราที่สูงขึ้น (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ, 2551) และผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับอัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งต่อประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในเมล็ด แต่มีแนวโน้มว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีการตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่ สูงกว่าอัตราอื่นๆ เนื่องจากความต้องการธาตุอาหารของข้าวมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน ดังนั้นการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่ จึงสอดคล้องกับความต้องการธาตุอาหารของข้าวญี่ปุ่นสูงกว่าอัตราอื่นๆ มีรายงานว่าประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในต้นและใบของข้าวญี่ปุ่นจะมีค่าสูงสุดเมื่อใช้แหนแดงแห้งในอัตราที่ต่ำสุด เช่นเดียวกันกับประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในเมล็ด (Suraphonphinit *et al.*, 2023) อาจเนื่องมาจากเกิดการสูญเสียไนโตรเจนในดิน แต่เมื่อข้าวได้รับไนโตรเจนประมาณ 40% ของไนโตรเจนทั้งหมดจะถูกดินดูดซับไว้ในรูป NO_3^- ทำให้ข้าวไม่สามารถใช้ไนโตรเจนได้เกินครึ่งหนึ่งของปุ๋ยที่ใส่ลงไป (Lee, 2021) การใช้ปุ๋ยพืชสดแหนแดงจึงมีแนวโน้มทำให้ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าวเพิ่มขึ้นได้เนื่องจากมีศักยภาพในการตรึงไนโตรเจนทางชีวภาพ **(ตารางที่ 4.9)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลของการใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อการดูดใช้ไนโตรเจนที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น

ปัจจัย	การดูดใช้ไนโตรเจน (กก.N/ไร่)[1/]	
	ต้นและใบ	เมล็ด
พันธุ์ข้าว		
ก.วก.1	6.03[a]	6.33
ก.วก.2	4.47[b]	6.54
อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง		
ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	5.25[ab]	5.38[bc]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	3.71[b]	5.24[c]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	4.98[ab]	6.47[abc]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	5.57[a]	6.91[ab]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	6.51[a]	7.12[a]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	5.46[a]	7.49[a]
พันธุ์ข้าว x อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง		
ก.วก.1 x ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	6.07	4.46
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	4.57	5.57
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	5.30	6.59
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	7.38	6.98
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	7.54	7.41
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	5.33	6.97
ก.วก.2 x ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	4.43	6.31
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	2.86	4.91
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	4.67	6.35
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	3.77	6.84
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	5.49	6.84
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	5.59	8.01
F-test		
พันธุ์ข้าว	**	ns
อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง	*	*
พันธุ์ข้าว x อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง	ns	ns
C.V. (%)	19.03	15.14

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * และ ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และ [1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลของการใส่แหนแดงแห้งในอัตราต่างๆ ต่อประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น

ปัจจัย	ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่)[1/]	
	ต้นและใบ	เมล็ด
พันธุ์ข้าว		
ก.วก.1	44.57[a]	32.20
ก.วก.2	28.68[b]	30.14
อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง		
ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	-	-
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	70.30[a]	57.86[a]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	38.93[b]	35.44[b]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	31.22[bc]	26.11[bc]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	23.74[cd]	19.28[c]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	18.95[d]	17.16[c]
พันธุ์ข้าว x อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง		
ก.วก.1 x ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	-	-
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	88.54[a]	61.04
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	45.41[c]	37.49
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	40.34[d]	26.63
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	28.05[e]	20.35
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	20.55[f]	15.50
ก.วก.2 x ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	-	-
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	52.06[b]	54.69
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	32.45[e]	33.39
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	22.11[f]	25.59
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	19.43[f]	18.21
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	17.35[f]	18.82
F-test		
พันธุ์ข้าว	**	ns
อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง	**	**
พันธุ์ข้าว x อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง	**	ns
C.V. (%)	20.70	24.33

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 ผลการวิเคราะห์ดินหลังปลูกข้าว

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในดินหลังปลูกข้าวทั้งสองพันธุ์ พบว่าดินหลังปลูกในกรรมวิธีที่ไม่ใส่แหนแดงแห้งและกรรมวิธีที่ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6, 12, 18, 24 และ 30 กก.N/ไร่ มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.12%, 0.12%, 0.14%, 0.13%, 0.13% และ 0.13% ตามลำดับ เพิ่มขึ้นจากดินก่อนปลูกเพียงเล็กน้อย ซึ่งในดินก่อนปลูกมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.11% และพบว่าดินหลังปลูกในกรรมวิธีที่ไม่ใส่แหนแดงแห้งและกรรมวิธีที่ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6, 12, 18, 24 และ 30 กก. N/ไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 12.00, 11.00, 12.00, 12.50, 11.50 และ 12.00 มก./กก. ตามลำดับ ลดลงจากดินก่อนปลูกเพียงเล็กน้อย ซึ่งในดินก่อนปลูกมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 13.49 มก./กก. ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นจากดินก่อนปลูกค่อนข้างมาก โดยในกรรมวิธีที่ไม่ใส่แหนแดงแห้งและกรรมวิธีที่ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6, 12, 18, 24 และ 30 กก.N/ไร่ มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 326.00, 320.00, 363.00, 340.50, 354.00 และ 328.00 มก./กก. ตามลำดับ ซึ่งในดินก่อนปลูกมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 161.47 มก./กก.

จากผลการวิเคราะห์ดินในการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการใส่แหนแดงแห้งในอัตราที่แตกต่างกันทำให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นจากดินก่อนปลูกค่อนข้างมาก สันนิษฐานว่าแหนแดงเป็นวัสดุอินทรีย์ที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก เมื่อผ่านกระบวนการหมักจนเกิดการย่อยสลายจะสามารถดูดซับอนุภาคของโพแทสเซียมไอออนและแอมโมเนียมไอออนได้มากขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2550) ในทำนองเดียวกันพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจากดินก่อนปลูกเล็กน้อย ผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูกพบว่าดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 2.09% จัดว่าดินมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับปานกลางและสามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารของพืชได้ โดยจะมีการปลดปล่อยธาตุอาหารที่มาจากการสลายตัวอย่างช้าๆ และจะช่วยดูดซับธาตุอาหารในดินเพื่อลดการถูกชะล้างไป (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ, 2551) ซึ่งการใส่แหนแดงแห้งในอัตรา 12 – 30 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีการดูดใช้ไนโตรเจนได้ไม่แตกต่างกัน โดยกรรมวิธีที่ไม่ใส่แหนแดงแห้งและใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโตที่ไม่ค่อยดีและมีการดูดใช้ไนโตรเจนเท่ากับ 5.38 และ 5.24 กก.N/ไร่ ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากการใส่ไนโตรเจนที่น้อยเกินไปทำให้ในดินมีปริมาณไนโตรเจนไม่เพียงพอต่อความต้องการและการดูดใช้ประโยชน์ของข้าว จึงทำให้ดินหลังปลูกมีปริมาณไนโตรเจนเหลืออยู่และเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.01% เมื่อใส่ปริมาณไนโตรเจนในอัตราที่เพิ่มขึ้น จุลินทรีย์ในดินจะช่วยย่อยสลายแหนแดงแห้งและปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนออกมาในดิน ทำให้การใส่แหนแดงแห้งในอัตรา 18 – 30 กก. N/ไร่ ข้าวจึงมีการเจริญเติบโตที่ดีและมีการดูดใช้ไนโตรเจนอยู่ประมาณ 6.47 – 7.49 กก.N/ไร่ ส่งผลให้ดินหลังปลูกมีปริมาณไนโตรเจนเหลืออยู่และเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 0.02 – 0.03%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังปลูกข้าว

ปัจจัย	ไนโตรเจน (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)
ไม่ใส่แหนแดงแห้ง (กรรมวิธีควบคุม)	0.12	12.00	326.00
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 6 กก.N/ไร่	0.12	11.00	320.00
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 12 กก.N/ไร่	0.14	12.00	363.00
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	0.13	12.50	340.50
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 24 กก.N/ไร่	0.13	11.50	354.00
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 30 กก.N/ไร่	0.13	12.00	328.00
F-test	ns	ns	ns
C.V. (%)	6.97	5.98	6.00

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

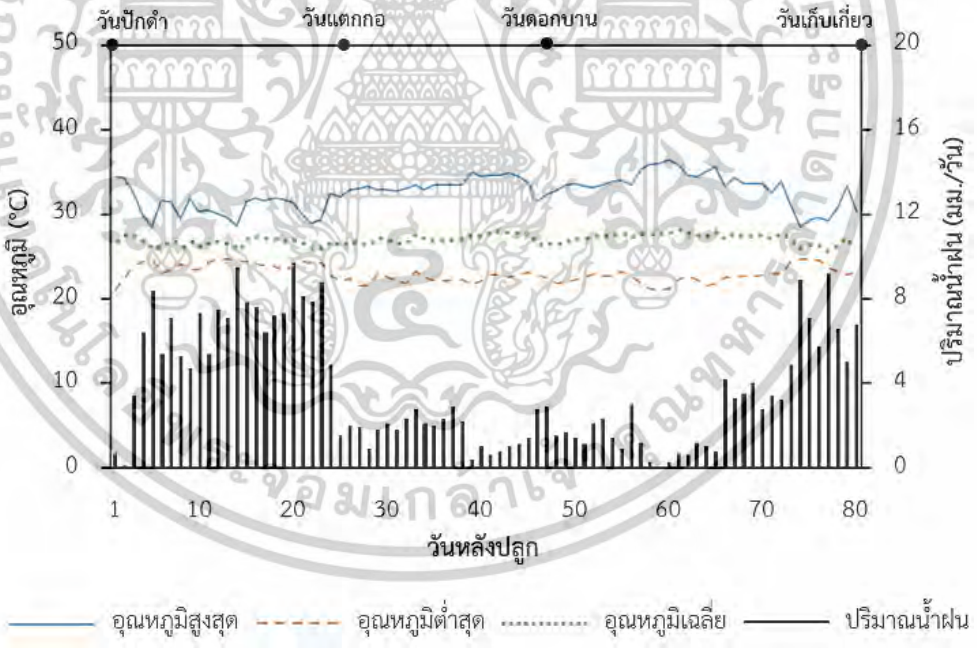
* วิเคราะห์ที่กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กทม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาส่วนที่ 2 อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสดจากแหนแดง ปอเทือง และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพการหุงต้มของข้าวจาปอนิกา

4.2.1 สภาพภูมิอากาศ

ภาพที่ 4.2 แสดงอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนรายวัน ตั้งแต่วันปลูก (วันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2566) จนถึงวันเก็บเกี่ยว (วันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2566) ซึ่งเป็นการปลูกในช่วงฤดูฝน พบว่าอุณหภูมิตลอดฤดูปลูกมีความแปรปรวนน้อยกว่าการศึกษาส่วนที่ 1 โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 22.9 °C และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 32.3 °C เริ่มมีอากาศเริ่มร้อนขึ้นในตอนกลางวันสลับกับมีฝนตกบ่อยอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในวันปักดำมีฝนตกเพียงเล็กน้อยแต่หลังจากวันนั้นจนถึงวันที่ข้าวแตกกอ พบว่าฝนตกบ่อยและหนักขึ้นทำให้มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดเท่ากับ 9.7 มม./วัน หลังจากนั้นปริมาณน้ำฝนน้อยลงแต่ยังมีการกระจายตัวสม่ำเสมอจนถึงวันก่อนเก็บเกี่ยว โดยในช่วงวันเก็บเกี่ยวพบว่ามีฝนตกบ่อยขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้มีปริมาณน้ำฝนสะสมรวมตลอดฤดูปลูกข้าวเท่ากับ 294.7 มม. ซึ่งชี้ให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนในการศึกษานี้มีปริมาณสูงกว่าการศึกษาส่วนที่ 1 อย่างเห็นได้ชัด



ภาพที่ 4.2 แสดงอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนรายวัน ตั้งแต่วันปลูก (วันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2566) จนถึงวันเก็บเกี่ยว (วันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกข้าว

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินก่อนปลูกข้าวที่ระดับความลึก 0 - 15 ซม.พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพมีลักษณะเป็นดินเหนียว ซึ่งเหมาะสมต่อการปลูกข้าว และพบว่าคุณสมบัติทางเคมีมีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) เท่ากับ 4.50 (กรดรุนแรงมาก) สภาพการนำไฟฟ้าของดิน (EC) เท่ากับ 0.30 มิลลิซีเมนส์/เซนติเมตร (ไม่มีความเค็ม) ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter) เท่ากับ 3.46% ปริมาณไนโตรเจน (N) เท่ากับ 0.17% ปริมาณฟอสฟอรัส (P) ที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 11 มก./กก. และมีปริมาณโพแทสเซียม (K) ที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 105 มก./กก.

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินก่อนปลูกข้าว

คุณสมบัติของดิน	ปริมาณ
คุณสมบัติทางกายภาพ	
Sand (%)	14.20
Silt (%)	20.40
Clay (%)	65.40
Texture	Clay
คุณสมบัติทางเคมี	
pH	4.50
EC (mS/cm)	0.30
Organic matter (%)	3.46
Total N (%)	0.17
Available P (mg/kg)	11.00
Exchangeable K (mg/kg)	105.00

* วิเคราะห์ที่กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กทม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การย่อยสลายไนโตรเจนในดินหลังหมักแหนแดงและปอเทือง

ตารางที่ 4.12 แสดงปริมาณแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ในดินหลังจากการหมักแหนแดงและปอเทืองเป็นระยะเวลา 14 วัน ก่อนการปักดำข้าว พบว่าในดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย (Control) มีปริมาณแอมโมเนียมไอออนน้อยที่สุดเท่ากับ 81.82 มก./กก. ส่วนดินที่มีการใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่ (545.5 กก.แห้ง/ไร่) และใส่ปุ๋ยพืชสดจากปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่ (532.5 กก.แห้ง/ไร่) มีปริมาณแอมโมเนียมไอออนเท่ากับ 142.87 และ 142.53 มก./กก. ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่ มีปริมาณแอมโมเนียมไอออนเท่ากับ 100.16 มก./กก. จากผลการวิเคราะห์ดินหลังหมักแหนแดงและปอเทืองจะสังเกตว่าดินของกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยและใส่ปุ๋ยเคมีจะมีค่าแอมโมเนียมต่ำ ทั้งนี้เพราะในกรรมวิธีนี้ยังไม่ได้มีการใส่ปุ๋ยเคมีลงไป แต่จะแบ่งใส่ปุ๋ยเป็น 2 ครั้ง ในช่วง 20 และ 40 วัน หลังปักดำข้าว ดังนั้นแสดงว่าค่าแอมโมเนียมที่วัดได้จะเป็นค่าแอมโมเนียมไอออนที่มีอยู่เดิมในดิน และคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541) ได้รายงานว่าอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20:1 ถึง 30:1 จะส่งผลให้การย่อยสลายสารอินทรีย์มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยแหนแดงแห้งและปอเทืองแห้งมีค่า C/N ratio ประมาณ 10:1 และ 19:1 ตามลำดับ ซึ่งค่าอยู่ในช่วงที่ต่ำ ทำให้เกิดกระบวนการ ammonification สามารถปลดปล่อยแอมโมเนียมออกมาในดินได้เร็ว สอดคล้องกับรายงานของ Kaleem *et al.* (2015) พบว่าต้นถั่วเหลืองมีอัตราการย่อยสลายสูงสุด 109.8 มก.N/กก. เนื่องจากมีปริมาณไนโตรเจนสูงและมีค่า C/N ratio ต่ำ

ตารางที่ 4.12 ปริมาณแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ในดินหลังหมักแหนแดงและปอเทืองเป็นระยะเวลา 14 วัน

ปัจจัย	แอมโมเนียมไอออน (มก./กก.)
ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	81.82[b]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่ (545.5 กก.แห้ง/ไร่)	142.87[a]
ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่ (532.5 กก.แห้ง/ไร่)	142.53[a]
ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่	100.16[b]
F-test	**
C.V. (%)	8.88

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

* วิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น

ตารางที่ 4.13 แสดงผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อความสูงของข้าวญี่ปุ่นที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีความสูงเท่ากับ 79.32 ซม. และพันธุ์ ก.วก.2 มีค่าเท่ากับ 77.16 ซม. การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดมีผลทำให้ข้าวมีความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยจะทำให้ข้าวมีความสูงแตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย การใส่แหนแดงแห้งทำให้ข้าวมีความสูงมากที่สุดเท่ากับ 87.09 ซม. สอดคล้องกับรายงานของพัชรี สินธุนาวา และ ธนิดา ยงยืน (2556) พบว่าแปลงที่มีการใช้แหนแดงทำให้ต้นข้าวแข็งแรง มีความเขียวสดจนถึงอายุเก็บเกี่ยว และข้าวมีความสูงมากกว่าแปลงที่ใช้ปุ๋ยเคมี รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเคมีและการใส่ปอเทืองแห้งที่มีความสูงเท่ากับ 79.13 และ 78.70 ซม. ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 68.04 ซม. ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับชนิดของปุ๋ยต่อความสูงของข้าว แต่มีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีการตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้งสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ ส่วนข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่ปอเทืองแห้งสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ

สำหรับการแตกกอ พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีจำนวนหน่อต่อกอแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีจำนวนหน่อต่อกอเท่ากับ 8.06 หน่อ ซึ่งน้อยกว่าพันธุ์ ก.วก.2 ที่มีค่าเท่ากับ 10.19 หน่อ การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดมีผลทำให้ข้าวมีจำนวนหน่อต่อกอแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยจะทำให้ข้าวมีจำนวนหน่อต่อกอแตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งธาตุไนโตรเจนจะมีผลทำให้ข้าวมีการแตกกอเพิ่มขึ้น (Wang *et al.*, 2017) การใส่ปอเทืองแห้งทำให้ข้าวมีจำนวนหน่อต่อกอมากที่สุดเท่ากับ 10.25 หน่อ สอดคล้องกับการศึกษาของสมพร ดำยศ (2556) รายงานว่าการใช้เมล็ดปอเทืองในอัตรา 15 - 20 กก./ไร่ ทำให้ข้าวมีการแตกกอสูงสุด รองลงมาคือการใส่แหนแดงแห้งและการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีจำนวนหน่อต่อกอเท่ากับ 9.75 และ 9.38 หน่อ ตามลำดับ และเนื่องจากปุ๋ยพืชสดมักมีจุลธาตุที่จำเป็นต่อจุลินทรีย์ในดินและพืช จึงมีส่วนช่วยให้การแตกกอและการสะสมน้ำหนักแห้งของข้าวเพิ่มขึ้นได้ (Mirza *et al.*, 2010) ส่วนกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยมีจำนวนหน่อต่อกอน้อยที่สุดเท่ากับ 7.13 หน่อ ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับชนิดของปุ๋ยต่อจำนวนหน่อต่อกอ แต่มีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีการตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้งสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ ส่วนข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่ปอเทืองแห้งสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อความสูงและจำนวนหน่อต่อกอที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น

ปัจจัย	ความสูง (ซม.)[1/]	จำนวนหน่อต่อกอ[1/]
พันธุ์ข้าว		
ก.วก.1	79.32	8.06[b]
ก.วก.2	77.16	10.19[a]
ชนิดของปุ๋ย		
ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	68.04[b]	7.13[b]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	87.09[a]	9.75[ab]
ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	78.70[ab]	10.25[a]
ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่	79.13[ab]	9.38[ab]
พันธุ์ข้าว x ชนิดของปุ๋ย		
ก.วก.1 x ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	68.48	6.75
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก. N/ไร่	95.03	8.75
ก.วก.1 x ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก. N/ไร่	74.75	8.25
ก.วก.1 x ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก. N/ไร่	79.03	8.50
ก.วก.2 x ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	67.60	7.50
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก. N/ไร่	79.15	10.75
ก.วก.2 x ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก. N/ไร่	82.65	12.25
ก.วก.2 x ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก. N/ไร่	79.23	10.25
F-test		
พันธุ์ข้าว	ns	**
ชนิดของปุ๋ย	**	**
พันธุ์ข้าว x ชนิดของปุ๋ย	ns	ns
C.V. (%)	12.37	20.32

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 แสดงผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อค่าดัชนีพื้นที่ใบของข้าวญี่ปุ่นที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีค่าดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีค่าเท่ากับ 0.28 ซึ่งน้อยกว่าพันธุ์ ก.วก.2 ที่มีค่าเท่ากับ 0.43 การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดไม่มีผลทำให้ข้าวมีค่าดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย การใส่แหนแดงแห้ง การใส่ปอเทืองแห้ง และการใส่ปุ๋ยเคมีมีค่าดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 0.23, 0.36, 0.39 และ 0.43 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับชนิดของปุ๋ยต่อค่าดัชนีพื้นที่ใบ แต่มีแนวโน้มว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเคมีสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ

สำหรับพื้นที่ใบเฉพาะ พบว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 และ ก.วก.2 มีพื้นที่ใบเฉพาะไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 56.08 และ 63.04 ตร.ซม./ก. ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดไม่มีผลทำให้ข้าวมีค่าพื้นที่ใบเฉพาะแตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย การใส่แหนแดงแห้ง การใส่ปอเทืองแห้ง และการใส่ปุ๋ยเคมีมีค่าพื้นที่ใบเฉพาะเท่ากับ 56.42, 54.21, 63.26 และ 64.37 ตร.ซม./ก. ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับชนิดของปุ๋ยต่อพื้นที่ใบเฉพาะ แต่พบว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเคมีสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ ส่วนข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่ปอเทืองแห้งสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อดัชนีพื้นที่ใบและพื้นที่ใบเฉพาะที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น

ปัจจัย	ดัชนีพื้นที่ใบ[1/]	พื้นที่ใบเฉพาะ (ตร.ซม./ก.)[1/]
พันธุ์ข้าว		
ก.วก.1	0.28[b]	56.08
ก.วก.2	0.43[a]	63.04
ชนิดของปุ๋ย		
ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	0.23	56.42
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	0.36	54.21
ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	0.39	63.26
ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่	0.43	64.37
พันธุ์ข้าว x ชนิดของปุ๋ย		
ก.วก.1 x ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	0.23	56.36
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก. N/ไร่	0.26	42.66
ก.วก.1 x ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก. N/ไร่	0.28	60.75
ก.วก.1 x ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก. N/ไร่	0.34	64.58
ก.วก.2 x ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	0.23	56.48
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก. N/ไร่	0.46	65.76
ก.วก.2 x ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก. N/ไร่	0.51	65.78
ก.วก.2 x ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก. N/ไร่	0.53	64.16
F-test		
พันธุ์ข้าว	**	ns
ชนิดของปุ๋ย	ns	ns
พันธุ์ข้าว x ชนิดของปุ๋ย	ns	ns
C.V. (%)	42.97	26.71

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่ออัตราการเจริญเติบโตที่ระยะปักดำจนถึงเก็บเกี่ยว พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีค่าเท่ากับ 2.08 ก./ตร.ม./วัน ซึ่งน้อยกว่าพันธุ์ ก.วก.2 ที่มีค่าเท่ากับ 3.54 ก./ตร.ม./วัน การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยจะทำให้ข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย การใส่แหนแดงแห้งทำให้ข้าวมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 3.55 ก./ตร.ม./วัน แต่ก็ไม่แตกต่างจากการใส่ปอเทืองแห้งและการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีค่าเท่ากับ 3.30 และ 2.85 ก./ตร.ม./วัน ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 1.55 ก./ตร.ม./วัน จากรายงานของจุไรรัตน์ เข็มทอง (2566) ที่ได้ศึกษาแหล่งปุ๋ยไนโตรเจนต่อข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.1 พบว่าที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยปอเทือง อัตรา 24 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งรวมมีค่าสูงที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งการใส่ปุ๋ยพืชสดในดินนาน้ำขังจะทำให้ข้าวจาปอนิกามีการเจริญเติบโตเทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 6.4 กก.N/ไร่ (ประยูร สวัสดี และคณะ, 2521) แต่ในขณะที่ Phopaijit *et al.* (2022) ได้ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยคอกมูลไก่และปุ๋ยเคมีต่อข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก.1 และ ก.วก.2 พบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งรวมมีค่าสูงที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยคอกมูลไก่ อาจกล่าวได้ว่าข้าวชนิดจาปอนิกาจะมีการตอบสนองต่อชนิดของปุ๋ยที่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับข้าวชนิดอินดิกาจากการศึกษาของสิรวิชญ์ จำปาเงิน (2565) เกี่ยวกับอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และปทุมธานี 80 มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยปอเทือง อัตรา 20 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งรวมมีค่าสูงที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยคอกมูลวัว แต่ในขณะที่รายงานของสโรชา โพธิ์ไพจิตร์ และ นิตยา ผกามาศ (2565) พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 20 กก.N/ไร่ มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งรวมมีค่าสูงที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยชนิดอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสโรชา โพธิ์ไพจิตร์ (2566) ที่ได้ศึกษาอิทธิพลของแหล่งปุ๋ยไนโตรเจนต่อข้าวพันธุ์ กข43 และข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่าที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 20 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งรวมมีค่าสูงที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยชนิดอื่นๆ จากรายงานข้างต้นมีความสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่ปลูกข้าวจาปอนิกาพันธุ์ ก.วก.1 และ ก.วก.2 มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน โดยการใส่แหนแดงจะทำให้ข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งรวมสูงสุดอีกด้วย ส่วนผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับชนิดของปุ๋ยต่ออัตราการเจริญเติบโต แต่มีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีการตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้งสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ ส่วนข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่ปอเทืองแห้งสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ **(ตารางที่ 4.15)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับน้ำหนักแห้งรวมของข้าวญี่ปุ่นที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีน้ำหนักแห้งรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีค่าเท่ากับ 398.60 กก./ไร่ ซึ่งน้อยกว่าพันธุ์ ก.วก.2 ที่มีค่าเท่ากับ 665.61 กก./ไร่ การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดมีผลทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01) โดยทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยจะทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งรวมแตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย การใส่แหนแดงแห้งทำให้ข้าวมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 673.47 กก./ไร่ แต่ก็ไม่แตกต่างจากการใส่ปอเทืองแห้งและการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีค่าเท่ากับ 623.36 และ 534.69 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยมีน้ำหนักแห้งรวมน้อยที่สุดเท่ากับ 296.91 กก./ไร่ ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับชนิดของปุ๋ยต่อน้ำหนักแห้งรวม แต่มีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีการตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้งสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ ส่วนข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่ปอเทืองแห้งสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ **(ตารางที่ 4.15)**

การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของข้าวญี่ปุ่นที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีแลเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีค่าเท่ากับ 72.06 และ 27.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ ก.วก.2 มีค่าเท่ากับ 61.60 และ 38.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01) การใส่แหนแดงแห้งทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีมากที่สุดและมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบน้อยที่สุดเท่ากับ 75.65 และ 24.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเท่ากับ 67.71 และ 32.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการใส่ปอเทืองแห้งมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเท่ากับ 65.17 และ 34.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีน้อยที่สุดและมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบมากที่สุดเท่ากับ 58.78 และ 41.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับชนิดของปุ๋ยต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ แต่มีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 และ ก.วก.2 มีการตอบสนองดีต่อการใส่แหนแดงแห้ง โดยข้าวมีแนวโน้มได้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีมากและมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบน้อยกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ **(ตารางที่ 4.16)**

ทั้งนี้สันนิษฐานว่าการที่ข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ 38.40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าในการศึกษาส่วนที่ 1 ที่มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเพียง 18.78 เปอร์เซ็นต์ อาจเกิดจากหลายปัจจัยเนื่องจากข้าวจาปอนิกามีความต้องการธาตุไนโตรเจนค่อนข้างสูง การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่น้อยเกินไปจะทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบมากขึ้น (ยงยุทธ โอสภสภา และคณะ, 2551) และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอาจเกิดการสูญเสียไนโตรเจนรูปที่พืชสามารถดูดใช้ไปได้ง่ายกว่าจึงไม่เพียงพอต่อความต้องการของข้าว สอดคล้องกับรายงานของจักรชัยวัฒน์ กาวีวงศ์ (2563) พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนน้อยเกินไปจะทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโตได้ช้าและส่งผลให้ผลผลิตลดลง ยงยุทธ โอสภสภา (2558) รายงานว่าหากช่วงก่อนออกดอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวมีการดูดใช้ไนโตรเจนลดลงจะทำให้มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงขึ้น และในการศึกษานี้ปลูกในช่วงฤดูฝนสลับกับมีสภาพอากาศร้อนทำให้มีปริมาณน้ำฝนสะสมรวมตลอดอายุข้าวเท่ากับ 294.7 มม. ซึ่งแตกต่างจากในการศึกษาส่วนที่ 1 อย่างชัดเจน จึงทำให้ข้าวเกิดการผสมไม่ติดจึงมีเมล็ดลีบสูงมาก นอกจากนี้ยังพบโรคไหม้ที่มีสาเหตุมาจากความชื้นในอากาศสูงและหนอนกอซึ่งจะเข้าทำลายต้นข้าวจนเกิดเมล็ดลีบได้

ตารางที่ 4.15 ผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่ออัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งรวมที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น

ปัจจัย	อัตราการเจริญเติบโต (ก./ตร.ม./วัน)[1/] ที่ระยะปักดำถึงเก็บเกี่ยว	น้ำหนักแห้งรวม (กก./ไร่)[1/]
พันธุ์ข้าว		
ก.วก.1	2.08[b]	398.60[b]
ก.วก.2	3.54[a]	665.61[a]
ชนิดของปุ๋ย		
ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	1.55[b]	296.91[b]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	3.55[a]	673.47[a]
ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	3.30[a]	623.36[a]
ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่	2.85[a]	534.69[a]
พันธุ์ข้าว x ชนิดของปุ๋ย		
ก.วก.1 x ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	1.37	264.43
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก. N/ไร่	2.73	526.72
ก.วก.1 x ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก. N/ไร่	2.13	404.70
ก.วก.1 x ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก. N/ไร่	2.10	398.56
ก.วก.2 x ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	1.73	329.39
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก. N/ไร่	4.37	820.21
ก.วก.2 x ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก. N/ไร่	4.47	842.03
ก.วก.2 x ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก. N/ไร่	3.60	670.83
F-test		
พันธุ์ข้าว	**	**
ชนิดของปุ๋ย	**	**
พันธุ์ข้าว x ชนิดของปุ๋ย	ns	ns
C.V. (%)	28.84	28.73

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น

ปัจจัย	เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี[1/]	เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ[1/]
พันธุ์ข้าว		
ก.วก.1	72.06[a]	27.94[b]
ก.วก.2	61.60[b]	38.40[a]
ชนิดของปุ๋ย		
ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	67.71[ab]	32.29[ab]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	75.65[a]	24.35[b]
ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	65.17[ab]	34.83[ab]
ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่	58.78[b]	41.22[a]
พันธุ์ข้าว x ชนิดของปุ๋ย		
ก.วก.1 x ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	69.43	30.57
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก. N/ไร่	82.38	17.62
ก.วก.1 x ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก. N/ไร่	67.56	32.44
ก.วก.1 x ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก. N/ไร่	68.85	31.15
ก.วก.2 x ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	65.99	34.01
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก. N/ไร่	68.92	31.08
ก.วก.2 x ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก. N/ไร่	62.78	37.22
ก.วก.2 x ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก. N/ไร่	48.72	51.28
F-test		
พันธุ์ข้าว	**	**
ชนิดของปุ๋ย	**	**
พันธุ์ข้าว x ชนิดของปุ๋ย	ns	ns
C.V. (%)	13.35	26.89

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 แสดงผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ดัชนีการเก็บเกี่ยว และผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตเท่ากับ 25.50 ก. และ 142.84 กก./ไร่ ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าพันธุ์ ก.วก.2 ที่มีค่าเท่ากับ 26.96 ก. และ 249.84 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนดัชนีการเก็บเกี่ยวของข้าวทั้งสองพันธุ์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 และ ก.วก.2 มีค่าเท่ากับ 0.33 และ 0.31 ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดมีผลทำให้ข้าวมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01) โดยทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยจะทำให้ข้าวมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด แตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย การใส่แหนแดงแห้งมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด สูงที่สุดเท่ากับ 28.04 ก. แต่ก็ไม่แตกต่างจากการใส่ปอเทืองแห้งและการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีค่าเท่ากับ 27.75 และ 26.09 ก. ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 23.06 ก. ผลการวิเคราะห์พบว่าการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดทำให้ผลผลิตของข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) โดยทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยจะทำให้ข้าวมีผลผลิตแตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปอเทืองแห้งทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 246.80 กก./ไร่ เนื่องจากในสภาพดินน้ำขังข้าวชนิดอินดิกาและจาปอนิกาจะมีการดูดซึมแอมโมเนียมและการตอบสนองต่อชนิดของปุ๋ยที่แตกต่างกัน โดยข้าวชนิดอินดิกาจะมีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนมากกว่าข้าวจาปอนิกาประมาณ 30 - 40% (Zhang and Chu, 2020) เมื่อใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่น้อยเกินไปอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการของข้าวชนิดอินกาเช่นเดียวกัน จากการศึกษาของกิตติพงศ์ ก่อการ และคณะ (2563) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยพืชสดปอเทืองในอัตรา 20 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีผลผลิตสูงที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยพืชสดปอเทืองในอัตรา 15 กก.N/ไร่ ส่วนการใช้เมล็ดปอเทืองอัตรา 15 - 20 กก./ไร่ และการใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำมีผลทำให้ข้าวสังข์หยดพัทลุงมีผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด (สมพร ดำยศ, 2556) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของจักรชัยวัฒน์ กาวีวงศ์ และ จิรายุส สุทะยะ (2562) พบว่าการใช้เมล็ดปอเทืองอัตรา 15 - 20 กก./ไร่ ทำให้น้ำหนักผลผลิตและเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมดในดินของข้าวพันธุ์ กข6 มีค่าสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มอัตราของเมล็ดปอเทืองมีผลต่อการปลดปล่อยปริมาณไนโตรเจนในดิน เมื่อต้นข้าวได้รับธาตุไนโตรเจนเพียงพอจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ แต่ก็ไม่แตกต่างจากการใส่แหนแดงแห้งที่มีค่าเท่ากับ 245.87 กก./ไร่ ในขณะที่การศึกษาของพัชรี สินธุนาวา และ ธนิดา ยงยืน (2556) พบว่าการใช้แหนแดงร่วมกับปุ๋ยเคมี (16-20-0 และ 46-0-0) หลังการปักดำ มีแนวโน้มทำให้ผลผลิตของข้าวสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีค่าเท่ากับ 176.48 กก./ไร่ เนื่องจากธาตุอาหารอาจถูกดึงไปใช้ในช่วงแรกๆ ของการแตกกอ ทำให้มีธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อการสร้างเมล็ด (ยงยุทธ โอสภสภา และคณะ, 2551) ส่วนกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยมีผลผลิตน้อยที่สุดเท่ากับ 116.21 กก./ไร่ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของอร่าม คุ้มกลาง และคณะ (2523) พบว่าในนาข้าวที่ใช้แหนแดงจะให้ผลผลิตประมาณ 612 กก./ไร่ ส่วนนาข้าวที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 จะให้ผลผลิตข้าวประมาณ 513 กก./ไร่ และถ้าหากในดินมีอินทรียวัตถุซึ่งเป็นแหล่งของธาตุไนโตรเจนอยู่เพียงพอต่อความต้องการของข้าวอาจจะไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเคมี

นอกจากนี้อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของข้าวญี่ปุ่น ซึ่งส่วนใหญ่คนจะนิยมปลูกข้าวญี่ปุ่นแถบทางภาคเหนือของประเทศไทยที่มีสภาพอากาศค่อนข้างหนาวเย็น แต่เมื่อนำมาปลูกในภาคกลางที่มีสภาพอากาศค่อนข้างร้อนขึ้นจะทำให้ข้าวญี่ปุ่นที่มีความไวต่ออุณหภูมิมีอายุเก็บเกี่ยวที่สั้นลงและผลผลิตจะต่ำกว่าเดิม จากรายงานของนิวัฒน์ นภีรงค์ และคณะ (2548) ได้ทดสอบพันธุ์ข้าวญี่ปุ่นหลายพันธุ์ในจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง พบว่าในฤดูนาปรังข้าวพันธุ์ ก.วก.1 ให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 333 - 919 กก./ไร่ และพันธุ์ ก.วก.2 ให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 436 - 883 กก./ไร่ ส่วนในฤดูนาปีข้าวพันธุ์ ก.วก.1 ให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 296 - 733 กก./ไร่ และพันธุ์ ก.วก.2 ให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 227 - 735 กก./ไร่ ซึ่งได้ผลผลิตที่ต่ำกว่าข้าวที่ปลูกในฤดูนาปรังเนื่องจากอยู่ในช่วงฤดูฝนและได้รับความเสียหายจากเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล สอดคล้องกับรายงานของสิริพร พูลเต็ม (2560) ที่นำข้าวจาปอนิกามาปลูกในจังหวัดนครปฐมตั้งแต่เดือนสิงหาคม - เดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 พบว่าข้าวจาปอนิกามีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีอยู่เพียง 41.40 - 48.16 เปอร์เซ็นต์ และได้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 345.58 – 442.48 กก./ไร่ ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝนเช่นเดียวกันจึงทำให้องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตจะน้อยกว่าการปลูกข้าวในช่วงฤดูหนาว และในการศึกษานี้ปลูกในช่วงฤดูฝน ฝนตกบ่อยมากจึงทำให้มีปริมาณน้ำฝนสะสมรวมตลอดอายุข้าวเท่ากับ 294.7 มม. ซึ่งมากกว่าในการศึกษาส่วนที่ 1 อย่างชัดเจน การมีความชื้นในอากาศสูงส่งผลให้เกิดโรคและแมลงเข้าทำลายจนกระทบกับผลผลิตของข้าวได้ ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับชนิดของปุ๋ยต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิต แต่มีแนวโน้มว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 และ ก.วก.2 มีการตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้งสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ ต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ส่วนผลผลิตพบว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้งสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ และ ก.วก.2 ตอบสนองต่อการใส่ปอเทืองแห้งสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับชนิดของปุ๋ยต่อดัชนีการเก็บเกี่ยว โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเคมี และพันธุ์ ก.วก.2 มีการตอบสนองต่อกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ย ทำให้มีดัชนีการเก็บเกี่ยวสูงสุดเท่ากับ 0.37 และ 0.37 ตามลำดับ รองลงมาคือข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีการตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้ง และ ก.วก.2 มีการตอบสนองต่อการใส่ปอเทืองแห้ง ทำให้มีดัชนีการเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.35 และ 0.35 ตามลำดับ ส่วนการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเคมีของข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีผลทำให้ดัชนีการเก็บเกี่ยวมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ดัชนีการเก็บเกี่ยว และผลผลิตที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น

ปัจจัย	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (ก.)[1/]	ดัชนีการเก็บเกี่ยว[1/]	ผลผลิต (กก./ไร่)[1/]
พันธุ์ข้าว			
ก.วก.1	25.50[b]	0.33	142.84[b]
ก.วก.2	26.96[a]	0.31	249.84[a]
ชนิดของปุ๋ย			
ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	23.06[b]	0.34	116.21[b]
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	28.04[a]	0.34	245.87[a]
ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	27.75[a]	0.32	246.80[a]
ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่	26.09[a]	0.29	176.48[ab]
พันธุ์ข้าว x ชนิดของปุ๋ย			
ก.วก.1 x ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	23.19	0.31[bc]	91.89
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	26.58	0.35[ab]	185.98
ก.วก.1 x ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	26.33	0.30[c]	133.55
ก.วก.1 x ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่	25.93	0.37[a]	159.95
ก.วก.2 x ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	22.93	0.37[a]	140.54
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	29.50	0.33[bc]	305.76
ก.วก.2 x ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	29.18	0.35[ab]	360.06
ก.วก.2 x ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่	26.25	0.21[d]	193.02
F-test			
พันธุ์ข้าว	**	ns	**
ชนิดของปุ๋ย	**	ns	*
พันธุ์ข้าว x ชนิดของปุ๋ย	ns	*	ns
C.V. (%)	5.48	22.05	52.14

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 แสดงผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อการดูดใช้ไนโตรเจนในต้นและใบของข้าวญี่ปุ่นที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีการดูดใช้ไนโตรเจนในต้นและใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีค่าเท่ากับ 2.65 กก.N/ไร่ ซึ่งน้อยกว่าพันธุ์ ก.วก.2 ที่มีค่าเท่ากับ 4.68 กก.N/ไร่ การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดมีผลทำให้การดูดใช้ไนโตรเจนในต้นและใบของข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01) โดยทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยจะทำให้ข้าวมีการดูดใช้ไนโตรเจนในต้นและใบแตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 5.39 กก.N/ไร่ รองลงมาคือการใส่แหนแดงแห้งและการใส่ปอเทืองแห้งที่มีค่าเท่ากับ 3.82 และ 3.63 กก.N/ไร่ ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 1.84 กก.N/ไร่ อาจเป็นเพราะการใส่ปุ๋ยเคมีจะอยู่ในรูปยูเรียทำให้ข้าวสามารถดูดใช้ธาตุอาหารได้ทันที แต่ในขณะที่การใส่แหนแดงแห้งและปอเทืองแห้งต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายก่อนที่พืชจะดูดใช้ธาตุอาหาร การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินทำให้ข้าวมีการดูดใช้ไนโตรเจนมากกว่าปุ๋ยเคมีในอัตราอื่นๆ และปุ๋ยอินทรีย์ (อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์, 2557) ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับชนิดของปุ๋ยต่อการดูดใช้ไนโตรเจนในต้นและใบ พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีการตอบสนองต่อชนิดของปุ๋ยที่นำมาใช้ในการศึกษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเคมีสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ มีค่าการดูดใช้ไนโตรเจนในต้นและใบมากที่สุดเท่ากับ 7.35 กก.N/ไร่ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wang *et al.* (2017) พบว่าการดูดใช้ไนโตรเจนในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ เพราะระบบรากยังเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ แต่เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะที่ข้าวตั้งท้องหลังจากนั้นไม่กี่วันปุ๋ยจะถูกดูดใช้อย่างเต็มที่ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยพืชสดเพียงอย่างเดียวทำให้มีอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างช้าๆ ข้าวอาจได้รับธาตุอาหารหลักไม่เพียงพอต่อการสร้างผลผลิต และสอดคล้องกับพักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์ และคณะ (2559) ที่รายงานว่าเมื่อใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดในอัตราที่เท่ากันจะทำให้ข้าวสามารถดูดใช้ธาตุอาหารจากการใส่ปุ๋ยเคมีได้ทันที ในขณะที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ก่อน ส่วนข้าวพันธุ์ ก.วก.1 พบว่ามีการตอบสนองต่อการไม่ใส่ปุ๋ยมากกว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย โดยมีค่าการดูดใช้ไนโตรเจนในต้นและใบน้อยที่สุดเท่ากับ 1.55 กก.N/ไร่

ผลการวิเคราะห์พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีการดูดใช้ไนโตรเจนในเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีค่าเท่ากับ 2.26 กก.N/ไร่ ซึ่งน้อยกว่าพันธุ์ ก.วก.2 ที่มีค่าเท่ากับ 3.97 กก.N/ไร่ การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดมีผลทำให้ข้าวมีการดูดใช้ไนโตรเจนในเมล็ดได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) โดยทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยจะทำให้ข้าวมีการดูดใช้ไนโตรเจนในเมล็ดแตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย การใส่แหนแดงแห้งมีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.99 กก.N/ไร่ แต่ก็ไม่แตกต่างจากการใส่ปอเทืองแห้งที่มีค่าเท่ากับ 3.90 กก.N/ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีค่าเท่ากับ 2.73 กก.N/ไร่ ส่วนกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 1.85 กก.N/ไร่ ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างพันธุ์ข้าวกับชนิดของปุ๋ยต่อการดูดใช้ไนโตรเจนในเมล็ด แต่ข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้งสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ ส่วนข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่ปอเทืองแห้งสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ และสอดคล้องกับการศึกษาของพักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์ และคณะ (2559) ได้รายงานว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 12.5 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีการดูดใช้ไนโตรเจนสูงที่สุดเท่ากับ 17.9 กก.N/ไร่ ซึ่งมีค่ามากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่เท่ากัน

ตารางที่ 4.18 ผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อการดูดใช้ไนโตรเจนที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น

ปัจจัย	การดูดใช้ไนโตรเจน (กก.N/ไร่)[1/]	
	ต้นและใบ	เมล็ด
พันธุ์ข้าว		
ก.วก.1	2.65^{b}	2.26^{b}
ก.วก.2	4.68^{a}	3.97^{a}
ชนิดของปุ๋ย		
ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	1.84^{c}	1.85^{b}
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	3.82^{b}	3.99^{a}
ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	3.63^{b}	3.90^{a}
ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่	5.39^{a}	2.73^{ab}
พันธุ์ข้าว x ชนิดของปุ๋ย		
ก.วก.1 x ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	1.55^{g}	1.49
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	2.66^{ef}	3.02
ก.วก.1 x ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	2.99^{de}	2.16
ก.วก.1 x ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่	3.43^{d}	2.39
ก.วก.2 x ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	2.13^{f}	2.21
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	4.98^{b}	4.97
ก.วก.2 x ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	4.28^{c}	5.64
ก.วก.2 x ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่	7.35^{a}	3.08
F-test		
พันธุ์ข้าว	**	**
ชนิดของปุ๋ย	**	*
พันธุ์ข้าว x ชนิดของปุ๋ย	*	ns
C.V. (%)	17.75	25.83

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 แสดงผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในต้นและใบของข้าวญี่ปุ่นที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในต้นและใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีค่าเท่ากับ 15.46 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่ ซึ่งน้อยกว่าพันธุ์ ก.วก.2 ที่มีค่าเท่ากับ 26.38 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่ การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในต้นและใบของข้าวแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่แหนแดงแห้ง การใส่ปอเทืองแห้ง และการใส่ปุ๋ยเคมีมีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในต้นและใบเท่ากับ 23.11, 20.30 และ 19.35 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับชนิดของปุ๋ยต่อประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในต้นและใบ แต่มีแนวโน้มว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีการตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้งสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ ในขณะที่ Khemtong *et al.* (2023) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยปอเทืองแห้ง 24 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของต้นและใบสูงสุดเท่ากับ 25.08 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่

ผลการวิเคราะห์พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีค่าเท่ากับ 8.88 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่ ซึ่งน้อยกว่าพันธุ์ ก.วก.2 ที่มีค่าเท่ากับ 15.40 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่ การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในเมล็ดของข้าวแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่แหนแดงแห้ง การใส่ปอเทืองแห้ง และการใส่ปุ๋ยเคมีมีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในเมล็ดเท่ากับ 13.66, 13.12 และ 9.64 กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับชนิดของปุ๋ยต่อประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในเมล็ด แต่ข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่แหนแดงแห้งสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ ส่วนข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีแนวโน้มตอบสนองต่อการใส่ปอเทืองแห้งสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 ผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น

ปัจจัย	ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (กก.น้ำหนักแห้ง/กก.N ที่ใส่)[1/]	
	ต้นและใบ	เมล็ด
พันธุ์ข้าว		
ก.วก.1	15.46[b]	8.88[b]
ก.วก.2	26.38[a]	15.40[a]
ชนิดของปุ๋ย		
ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	-	-
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	23.11	13.66
ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	20.30	13.12
ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่	19.35	9.64
พันธุ์ข้าว x ชนิดของปุ๋ย		
ก.วก.1 x ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	-	-
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	18.91	10.33
ก.วก.1 x ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	14.73	7.42
ก.วก.1 x ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่	12.74	8.89
ก.วก.2 x ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	-	-
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	27.32	16.99
ก.วก.2 x ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	25.87	18.82
ก.วก.2 x ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่	25.96	10.40
F-test		
พันธุ์ข้าว	**	**
ชนิดของปุ๋ย	ns	ns
พันธุ์ข้าว x ชนิดของปุ๋ย	ns	ns
C.V. (%)	25.32	47.35

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 คุณภาพการหุงต้มของข้าวจาปอนิกา

ตารางที่ 4.20 แสดงผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกทินของข้าวญี่ปุ่นที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01) ข้าวพันธุ์ ก.วก. 1 มีปริมาณอะไมโลสเท่ากับ 16.43% ซึ่งมากกว่าพันธุ์ ก.วก.2 ที่มีค่าเท่ากับ 15.69% ตามลำดับ ในทางกลับกันพบว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีปริมาณอะไมโลเพกทินมากกว่าพันธุ์ ก.วก.1 โดยมีค่าเท่ากับ 84.31 และ 83.57% ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์พบว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 และ ก.วก.2 มีความคงตัวของแป้งสุกไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 83.38 และ 86.13 มม. ตามลำดับ และพบว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 และ ก.วก.2 มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 9.48 และ 9.65% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดไม่มีผลทำให้ข้าวมีปริมาณอะไมโลส อะไมโลเพกทิน และโปรตีนแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีผลทำให้ความคงตัวของแป้งสุกของข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 126.00 มม. (ความคงตัวของแป้งสุกอ่อน) รองลงมาคือการใส่แหนแดงแห้งมีค่าเท่ากับ 85.75 มม. (ความคงตัวของแป้งสุกอ่อน) การไม่ใส่ปุ๋ยมีค่าเท่ากับ 77.75 มม. (ความคงตัวของแป้งสุกอ่อน) และการใส่ปอเทืองแห้งที่มีค่าเท่ากับ 49.50 มม. (ความคงตัวของแป้งสุกปานกลาง) ผลการวิเคราะห์พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับชนิดของปุ๋ยต่อความคงตัวของแป้งสุก พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีการตอบสนองต่อชนิดของปุ๋ยที่นำมาใช้ในการศึกษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเคมีสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ ทำให้ข้าวมีความคงตัวของแป้งสุกมากที่สุดเท่ากับ 138.00 มม. และการตอบสนองต่อการใส่ปอเทืองแห้งของข้าวพันธุ์ ก.วก. 2 มีผลทำให้ความคงตัวของแป้งสุกมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 43.50 มม. จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น พบว่าการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดทำให้ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีปริมาณอะไมโลสอยู่ระหว่าง 15.91 – 16.21% ไม่แตกต่างกันทางสถิติ จัดว่าเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำเมื่อหุงต้มข้าวสุกจะมีลักษณะเหนียวนุ่ม และมีรายงานว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสเท่าๆ กัน จะมีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากันและลักษณะของข้าวสุกก็จะแตกต่างกัน เมื่อเป็นแป้งสุกทำให้ข้าวมีความแข็งและอ่อนแตกต่างกัน โดยข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อนจะทำให้ข้าวที่หุงต้มแล้วมีความนุ่มมากกว่าข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็ง (ลักษณะเป็นข้าวร่วน) (ปนัดดา เภกะสุต, ม.ป.ป.) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของอภิวัฒน์ อินทร์นก (2558) พบว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ทำให้มีปริมาณอะไมโลสในเมล็ดน้อยกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมี แต่ในทางกลับกันจะมีความเหนียวนุ่มมากกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมี และยังสอดคล้องกับการศึกษาของกนกพร ชัยวุฒิกุล (2544) พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ไม่มีผลทำให้ปริมาณอะไมโลสของข้าวแตกต่างกัน เมื่ออัตราไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มีคุณภาพการขัดสีและปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณอะไมโลส ความคงตัวแป้งสุก และคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานจะลดลง ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของข้าวที่มีผลต่อคุณภาพการหุงต้มจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ การปลูก และการเก็บเกี่ยว จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีปริมาณโปรตีนอยู่ระหว่าง 9.33 – 9.76% ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่ามีการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดในอัตราที่เท่ากัน คือ 18 กก.N/ไร่ ยกเว้นกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวจะแตกต่างกันตามพันธุ์และปริมาณธาตุอาหารที่ได้รับ หากข้าวมีโปรตีนสูงจะทำให้ความเหนียวนุ่มของข้าวลดลงและส่งผลให้มีระยะเวลาการหุงต้มข้าวให้สุกนานขึ้น มีรายงานว่าการใส่ปุ๋ยเคมีและการใส่ปุ๋ยปอเทืองร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ข้าวอินดิกา 2 พันธุ์ มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด ซึ่งมีค่าสูงกว่าการใส่ปุ๋ยปอเทืองเพียงอย่างเดียว (สโรชา โพธิ์ไพจิตร์, 2566) และการใช้อัตราไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนสูงขึ้น แต่ความคงตัวของแป้งสุกลดลง (Gao *et al.*, 2010) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Liu *et al.* (2011) พบว่าเมื่ออัตราไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มีปริมาณโปรตีนสูงขึ้นและคุณภาพการขัดสีลดลง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับรายงานของพักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์ และคณะ (2560) พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงอัตรา 50 กก.N/ไร่ มีผลทำให้ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีความเหนียวนุ่มในเมล็ดลดลง เนื่องจากข้าวมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น

จากรายงานข้างต้น พบว่าการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพการหุงต้มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่ข้าวได้อย่างรวดเร็วและหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด เมื่อใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินเสื่อมลง ส่วนการใช้ปุ๋ยพืชสดจะปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างช้าๆ อย่างต่อเนื่อง ช่วยปรับปรุงโครงสร้างดิน ส่งเสริมให้ปุ๋ยเคมีและจุลินทรีย์เป็นประโยชน์มากขึ้น แต่มีปริมาณธาตุอาหารบางชนิดต่อน้ำหนักปุ๋ยค่อนข้างต่ำ ถ้าหากใช้ในปริมาณมากจะไม่สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย ซึ่งขั้นตอนในการเตรียมปุ๋ยแหนแดงแห้งอาจใช้เวลาไม่นานและสะดวกกว่าการเตรียมปอเทืองแห้ง มีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากแหนแดงมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ต่ำกว่าปอเทือง จึงทำให้มีการย่อยสลายได้ไวและมีปริมาณไนโตรเจนที่เหลือจากการย่อยสลายปลดปล่อยออกมาในดินได้มากกว่า นอกจากนี้แหนแดงสามารถซึมน้ำได้มากและกักเก็บจุลินทรีย์ได้ดี ดังนั้นการใส่ปุ๋ยพืชสดจากแหนแดง อัตรา 18 กก.N/ไร่ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำมาปรับใช้ร่วมกับปุ๋ยชนิดอื่นๆ เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพการหุงต้มของข้าวญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ผลของการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดต่อปริมาณอะไมโลส อะไมโลเพกทิน ความคงตัวของแป้งสุก และโปรตีนที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่น

ปัจจัย	อะไมโลส (%)	อะไมโลเพกทิน (%)	ความคงตัวของแป้งสุก (มม.)	โปรตีน (%)
พันธุ์ข้าว				
ก.วก.1	16.43[a]	83.57[b]	83.38	9.48
ก.วก.2	15.69[b]	84.31[a]	86.13	9.65
ชนิดของปุ๋ย				
ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	15.91	84.09	77.75[b]	9.49
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	16.10	83.90	85.75[b]	9.69
ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	16.04	83.96	49.50[b]	9.76
ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่	16.21	83.79	126.00[a]	9.33
พันธุ์ข้าว x ชนิดของปุ๋ย				
ก.วก.1 x ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	16.25	83.75	49.50[cd]	9.67
ก.วก.1 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	16.47	83.53	114.50[b]	9.67
ก.วก.1 x ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	16.42	83.58	55.50[cd]	9.64
ก.วก.1 x ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่	16.59	83.41	114.00[b]	8.93
ก.วก.2 x ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	15.57	84.43	106.00[b]	9.31
ก.วก.2 x ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	15.74	84.26	57.00[c]	9.70
ก.วก.2 x ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	15.65	84.35	43.50[d]	9.88
ก.วก.2 x ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่	15.82	84.18	138.00[a]	9.73
F-test				
พันธุ์ข้าว	**	**	ns	ns
ชนิดของปุ๋ย	ns	ns	**	ns
พันธุ์ข้าว x ชนิดของปุ๋ย	ns	ns	*	ns
C.V. (%)	1.42	0.27	24.88	6.13

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] = ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 ผลการวิเคราะห์ดินหลังปลูกข้าว

ตารางที่ 4.21 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในดินหลังปลูกข้าวทั้งสองพันธุ์ พบว่าดินหลังปลูกในกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ย ใส่แหนแดงแห้งอัตรา 18 กก.N/ไร่ ใส่ปอเทืองแห้งอัตรา 18 กก.N/ไร่ และใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่ มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.14%, 0.15%, 0.15% และ 0.14% ตามลำดับ ซึ่งในดินก่อนปลูกมีปริมาณไนโตรเจนประมาณ 0.17% แสดงว่าดินหลังปลูกมีปริมาณไนโตรเจนลดลงเล็กน้อย ในทำนองเดียวกันพบว่าผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินหลังปลูกในกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ย ใส่แหนแดงแห้งอัตรา 18 กก.N/ไร่ ใส่ปอเทืองแห้งอัตรา 18 กก.N/ไร่ และใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 5.19, 5.12, 4.38 และ 5.02 มก./กก. ตามลำดับ ซึ่งลดลงเพียงเล็กน้อยจากปริมาณที่พบในดินก่อนปลูก 11.00 มก./กก. ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังปลูกข้าวทั้งสองพันธุ์ พบว่าดินหลังปลูกมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นจากดินก่อนปลูกเพียงเล็กน้อย โดยกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ย ใส่แหนแดงแห้งอัตรา 18 กก.N/ไร่ ใส่ปอเทืองแห้งอัตรา 18 กก.N/ไร่ และใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่ มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 133.50, 171.50, 194.50 และ 140.50 มก./กก. ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ดินในการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดจะทำให้ดินมีปริมาณไนโตรเจนลดลงจากดินก่อนปลูกเล็กน้อย ผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูกพบว่าดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 3.46% จัดว่าดินมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับค่อนข้างสูง ทำให้ดินสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารของพืชออกมาได้ค่อนข้างมาก จึงทำให้ข้าวมีการดูดใช้ไนโตรเจนจากการใส่แหนแดงแห้ง การใส่ปอเทืองแห้ง และการใส่ปุ๋ยเคมีเท่ากับ 3.99, 3.90 และ 2.73 กก.N/ไร่ ตามลำดับ เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ใช้ปุ๋ยแต่ละชนิดด้วยอัตราที่เท่ากัน ทำให้การดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวจึงมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังปลูกข้าว

ปัจจัย	ไนโตรเจน (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)
ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	0.14	5.19	133.50
ใส่แหนแดงแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	0.15	5.12	171.50
ใส่ปอเทืองแห้ง อัตรา 18 กก.N/ไร่	0.15	4.38	194.50
ใส่ปุ๋ยเคมี (46-0-0) อัตรา 18 กก.N/ไร่	0.14	5.02	140.50
F-test	ns	ns	ns
C.V. (%)	3.51	11.87	10.67

* วิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการโครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ย และสิ่งแวดล้อม ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาส่วนที่ 1 อิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากแหนแดงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวจาปอนิกา สรุปได้ว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 มีความสูงต้น ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งรวม อัตราการเจริญเติบโต เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ การดูดใช้ไนโตรเจน และประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนสูงกว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.2 อัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้งที่ต่างกันมีผลต่อความสูงต้น จำนวนหน่อต่อกอ น้ำหนักแห้งรวม อัตราการเจริญเติบโต ผลผลิต การดูดใช้ไนโตรเจน และประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับอัตราไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง โดยการใส่แหนแดงแห้งในอัตรา 12 - 30 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีการเจริญเติบโตและผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใส่แหนแดงแห้งในอัตราที่น้อยเกินไปอาจจะไม่เพียงพอต่อการให้ผลผลิตข้าวหรือการใส่มากเกินไปอาจทำให้สิ้นเปลือง ดังนั้นอัตราการใส่แหนแดงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวญี่ปุ่น คือ 18 กก.N/ไร่

การศึกษาส่วนที่ 2 อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสดจากแหนแดง ปอเทือง และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพการหุงต้มของข้าวจาปอนิกา สรุปได้ว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีจำนวนหน่อต่อกอ ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งรวม อัตราการเจริญเติบโต เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ผลผลิต การดูดใช้ไนโตรเจน ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน และปริมาณอะไมโลเพกทินสูงกว่าข้าวพันธุ์ ก.วก.1 แต่มีปริมาณอะไมโลสที่ต่ำกว่าพันธุ์ ก.วก.1 การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดมีผลต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต และความคงตัวของแป้งสุก โดยการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีความคงตัวของแป้งสุกสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ ผลการวิเคราะห์พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับชนิดของปุ๋ยสำหรับอัตราการเจริญเติบโต การดูดใช้ไนโตรเจน และความคงตัวของแป้งสุก โดยข้าวพันธุ์ ก.วก.2 มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเคมีสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ ทำให้มีความคงตัวของแป้งสุกสูงสุด การใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดทำให้ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพการหุงต้มไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เนื่องจากการเตรียมปุ๋ยแหนแดงแห้งมีความสะดวกและย่อยสลายได้ไว ดังนั้นการใส่แหนแดงแห้งในอัตรา 18 กก.N/ไร่ จึงน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำมาปรับใช้ร่วมกับการใส่ปุ๋ยชนิดอื่นๆ เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพการหุงต้มของข้าวญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาในประเด็นของคุณภาพการหุงต้มเพิ่มเติม เนื่องจากการศึกษานี้ยังไม่ได้ข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับอัตราไนโตรเจนของปุ๋ยแต่ละชนิดที่ส่งผลต่อคุณภาพการหุงต้มของข้าวจาปอนิกา จึงควรใส่ปุ๋ยพืชสดจากแหนแดง ปอเทือง และปุ๋ยเคมีในอัตราที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กนกพร ชัยวุฒิกุล. ผลของเถ้าลอยลิกไนต์ต่อองค์ประกอบทางเคมีและผลผลิตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย สหสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2544.

กรมการข้าว. **องค์ความรู้เรื่องข้าว พันธุ์ข้าวญี่ปุ่น.** [Online]. Available: https://ricecloud.ricethailand.go.th/RKB/vrt_Groups.php?m_id=22&g=99. 2565ก.

กรมการข้าว. **องค์ความรู้เรื่องข้าว การจัดการดินและปุ๋ยในนาข้าว.** [Online]. Available: https://newwebs2.ricethailand.go.th/webmain/rkb3/title-index.php-file=content.php&id=005.htm. 2565ข.

กรมวิชาการเกษตร. **พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2).** [Online]. Available: https://www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2019/11/FERTACT2550T.pdf. 2550.

กรมวิชาการเกษตร. **แผ่นพับความรู้ (แหนแดง).** [Online]. Available: https://www.doa.go.th/apsrdo/?page_id=5140. 2565.

กรรณิกา นากลาง, สว่าง โรจนกุศล, ชนินทร์ เภสัชชา และสุรพล ใจดี. **รายงานประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2554.** กรุงเทพฯ: กรมการข้าว, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2554. หน้า 179-188.

กฤษฎ์ ใจปัญญา. ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเหนียวสันป่าตอง 1. **วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร,** ปีที่ 37, ฉบับที่ 1, เมษายน 2563. หน้า 10-19.

กิตติพงศ์ ก่อการ, สิรวิชญ์ จำปาเงิน และนิตยา ผกามาศ. ผลของการใส่ปุ๋ยพืชสดปอเทืองในอัตราไนโตรเจนที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1. **แก่นเกษตร,** ปีที่ 48, ฉบับที่ 1, 2563. หน้า 541-546.

เกษตร สันติวงศ์, เนตรนภา อินสลุด, วิชญ์ภาส สังพาลี และเพ็ญนภา จักรสมศักดิ์. การเปรียบเทียบเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดินบางประการของพืชตระกูลถั่ว 4 ชนิด ในชุดดินสันทราย. **แก่นเกษตร,** ปีที่ 46, ฉบับพิเศษที่ 1, 2561. หน้า 551-555.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2541. 547 หน้า.

คลอดเพ็ง ถนอม, ประเสริฐชัย กิจ และพรมศิริ อำพรรณ. ผลของการไถกลบแหนแดงต่อสมบัติบางประการของดิน. **วารสารวิทยุเกษตร,** ปีที่ 16, ฉบับที่ 2, 2526. หน้า 85-87.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จักรชัยวัฒน์ กาวีวงศ์, จิรายุส สุทะยะ. ผลของปอเทืองต่อสมบัติบางประการของดินและผลผลิตของข้าวที่ปลูกในดินเนื้อหยาบ. **การเกษตรราชภัฏ,** ปีที่ 18, ฉบับที่ 1, 2562. หน้า 56-63.

จักรชัยวัฒน์ กาวีวงศ์. การจัดการไนโตรเจนเพื่อการผลิตข้าวหอมนิลในชุดดินแม่ทะ. **แก่นเกษตร,** ปีที่ 48, ฉบับที่ 1, 2563. หน้า 189-200.

จุไรรัตน์ เข็มทอง. **การประเมินอิทธิพลของวันปลูกและแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นโดยใช้แบบจำลอง CSM-CERES-Rice.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2566. 113 หน้า.

ชุติมณฑ์ ชูพุดซา. **ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์กับการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้า (*Brassica oleracea*) ในระบบเกษตรอินทรีย์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2553. 86 หน้า.

ตุลาพร กิ่งไทร, สุรางค์รัตน์ พันแสง, พวงผกา แก้วกรม และสุวิทย์ วรรณศรี. การศึกษาการเจริญเติบโตของแหนแดงโดยใช้สารอาหารที่แตกต่างกัน. **การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 2 งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น.** เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. 2558. 6 หน้า.

ธงชัย มาลา. **ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2546. 300 หน้า.

ธนกฤต เขียวอร่าม, อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์. ผลของการจัดการรูปแบบปุ๋ยที่มีต่อการให้ผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในชุดดินสมุทรปราการ. **การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ประจำปี 2561 "ราชธานีวิชาการ ครั้งที่ 3".** อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยราชธานี. 2561. หน้า 274-279.

นพพร ศิริพานิช. **เทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชในเขตภาคกลางและภาคตะวันตก (แหนแดง).** [Online]. Available: https://www.doa.go.th/share/attachment.php?aid=2991. 2565.

นวพล สะสาร. **การศึกษาเปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมักชีวภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวญี่ปุ่น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 2556. 74 หน้า.

นิวัฒน์ นภีรงค์, พิษณุ หินตั้ง และมณฑล ปุญญฤทธิ์. การทดสอบพันธุ์ข้าวญี่ปุ่นในนาเกษตรกรภาคเหนือตอนล่าง. **วารสารวิชาการเกษตร,** ปีที่ 23, ฉบับที่ 3, 2548. หน้า 228-240.

บุญดิษฐ์ วรินทร์รักษ์. **เทคโนโลยีการผลิตข้าวจาปอนิกาในไทย.** พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงราย: เอพีคอม. 2556.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปนัดดา เภกะสุต. การศึกษาคุณภาพทางเคมีของเมล็ดข้าวขึ้นน้ำและน้ำลึก. **ผลงานฉบับเต็มขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิชาการเกษตร 6 ว.** ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี, สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6. ม.ป.ป. 29 หน้า.

ประยูร สวัสดี, วิทยา ศรีทานันท์, หรรษา คุณาไท, ศิริชัย สมบูรณ์พงษ์, เจนวิทย์ สุขทองสา, จันทนา สุดโต และชอบ คณะฤกษ์. การใช้แหนแดงเป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี. **งานประชุมวิชาการ ครั้งที่ 19 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** กรุงเทพฯ: กองการข้าว, กรมวิชาการเกษตร. 2521. 6 หน้า.

ปิยะพันธ์ ศรีคุ้ม. **การปลูกข้าวญี่ปุ่นในประเทศไทย.** [Online]. Available: https://newwebs2.ricethailand.go.th/upload/doc/331/1619598217.pdf. 2559.

พนมพร วรรณประเสริฐ, ดุสิต อธินุวัฒน์ และชนัญ ผลปะไพ. ผลของการใช้ปอเทืองร่วมกับปุ๋ยคอกในการผลิตผักคะน้าอินทรีย์. **Thai Journal of Science and Technology,** ปีที่ 2, ฉบับที่ 2, 2556. หน้า 115-124.

พรเพ็ญ สมจิตร์, นิตยา ผกามาศ. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CERES-Rice สำหรับการประเมินอัตราการเจริญเติบโตของข้าว. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2555. หน้า 248-254.

พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์, สมชาย ชคตระการ, วรภัทร ลัคนทินวงศ์, ชวินทร์ ปลื้มเจริญ และภิรญา ชมพูผิว. การเปรียบเทียบระหว่างปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อคุณภาพข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,** ปีที่ 24, ฉบับที่ 5, 2559. หน้า 753-765.

พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์, สมชาย ชคตระการ, วรภัทร ลัคนทินวงศ์, ชวินทร์ ปลื้มเจริญ และภิรญา ชมพูผิว. ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อการผลิตข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,** ปีที่ 25, ฉบับที่ 2, 2560. หน้า 248-259.

พัชรี สินธุนาวา, ธนิดา ยงยืน. **การเปรียบเทียบผลผลิตและคุณภาพของข้าวที่ได้จากปุ๋ยแหนแดงและปุ๋ยเคมี.** โครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์ปีที่ 1 การเรียนรู้แบบบูรณาการของเกษตรกร, สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ. 2556. 66 หน้า.

ภาษิตา ทุ่นศิริ, ศิริรัตน์ แจ้งกรณ์, กานดา ปุ่มสิน, ฉันทนา เคนศรี และพันธ์ทิวา กระจาย. แหนแดงแหล่งไนโตรเจนในแปลงผัก. **วารสารสิ่งแวดล้อม,** ปีที่ 24, ฉบับที่ 4, 2563. หน้า 1-8.

ภาสินี สืบสวน. **อิทธิพลของชนิดและช่วงเวลาในการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ต่อการเจริญเติบโตของข้าวและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินที่ใช้ปลูกข้าว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2562. 127 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยงยุทธ โอสภสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2551. 519 หน้า.

ยงยุทธ โอสภสภา. **ธาตุอาหารพืช.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2558. 548 หน้า.

วงศ์ต้นกาศ นพพร. **การศึกษาผลกระทบของฟอสฟอรัสต่อผลผลิต ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของแหนแดง และผลของปริมาณฟอสฟอรัสในใบแหนแดงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแหนแดงภายใต้สภาพที่ขาดฟอสฟอรัส.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2528. 48 หน้า.

วนิดา วัฒนพายัพกุล. **อิทธิพลของการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์.** รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์. 2556. 76 หน้า.

วนิดา วัฒนพายัพกุล, สุชาดา สานุสันต์ และประยงค์ ธรรมสุภา. **ผลของการใช้ปุ๋ยคอกมูลไก่และปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรในระบบการผลิตข้าวพันธุ์ไรซ์เบอรี่.** รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์. 2558. 59 หน้า.

วลัยพร แสนวงษ์, นพรัตน์ ม่วงประเสริฐ และสถิตย์ อินทราวุธ. ไนโตรเจนที่ข้าวญี่ปุ่นต้องการในการให้ผลผลิตในดินนาชุดลำปาง. **การสัมมนาวิชาการการพัฒนางานวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ครั้งที่ 10.** ศูนย์วิจัยข้าวแพร่, แพร่. 2538. หน้า 50-70.

วลัยพร แสนวงษ์, นพรัตน์ ม่วงประเสริฐ และสถิตย์ อินทราวุธ. ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ข้าวญี่ปุ่นต้องการในการให้ผลผลิตในดินนาชุดลำปาง. **สรุปผลงานวิจัยในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 ปี (2535-2539).** แพร่: ศูนย์วิจัยข้าวแพร่และสถานีทดลองเครือข่าย. 2540. หน้า 66-72.

วีณา นิลวงศ์. ศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า,** ปีที่ 36, ฉบับที่ 3, ธันวาคม 2561. หน้า 178-188.

ศรัญญุพงศ์ ชัยวัฒนกุล. **ผลของการศึกษาถึงชนิดของปุ๋ยพืชสดต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวนาดำในกลุ่มชุดดินที่ 21 ชุดดินสรรพยา (Sa).** [Online]. Available: http://r07.ldd.go.th/Web/12_Major/Data/paper3.pdf. 2565.

ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต. **แหนแดง โรงงานผลิตปุ๋ยชีวภาพไนโตรเจนลอยน้ำ.** หนังสือพิมพ์กสิกร. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร. ปีที่ 94, ฉบับที่ 4, 2564. หน้า 67-72.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอำนาจเจริญ. **แหนแดง พืชน้ำมหัศจรรย์ โรงงานผลิตปุ๋ยไนโตรเจน.** [Online]. Available: https://www.doa.go.th/ac/amnatcharoen/wp-content/uploads/2022/09/แหนแดง-พืชมหัศจรรย์.pdf. 2565.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานีพัฒนาที่ดินสุพรรณบุรี. **ปุ๋ยพืชสด การสร้างโรงงานปุ๋ยไว้ในไร่นา.** [Online]. Available: http://r01.ldd.go.th/spb/Document%2059/Rongpuiraina.pdf. 2557.

สถาพร กาญจนพันธุ์, เคนสงค์ หาตรงจิตร, สารนิติ สงวนสัจ, เล็ก จันทร์เกษม และจันทนา สรสิริ. การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในข้าวญี่ปุ่น วิธีปักดำ วิธีหว่านน้ำตม. **การสัมมนาทางวิชาการ การพัฒนางานวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2538.** เพชรบุรี: โรงแรมลองบีชชะอำ. 2538. 19 หน้า.

สมพร ดำยศ. อิทธิพลของอัตราเมล็ดปอเทืองที่มีต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และปริมาณไนโตรเจนของข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ปลูกในดินนาชุดดินพัทลุง. **วารสารดินและปุ๋ย,** ปีที่ 35, ฉบับที่ 1-4, 2556. หน้า 36-44.

สโรชา โพธิ์ไพจิตร, นิตยา ผกามาศ. ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสดปอเทืองในระยะแตกกอของข้าว. **แก่นเกษตร,** ปีที่ 50, ฉบับพิเศษที่ 1, 2565. หน้า 457-462.

สโรชา โพธิ์ไพจิตร์. **การประยุกต์ใช้แบบจำลองพืชเพื่อประเมินอิทธิพลของแหล่งปุ๋ยไนโตรเจนต่อความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสรีรวิทยา ผลผลิต และค่าดัชนีน้ำตาลของข้าวเพื่อสุขภาพ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2566. 130 หน้า.

สิรวิชญ์ จำปาเงิน, นิตยา ผกามาศ. อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยยูเรียต่อผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง. **แก่นเกษตร,** ปีที่ 48, ฉบับพิเศษที่ 1, 2563. หน้า 567-572.

สิรวิชญ์ จำปาเงิน. **การประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อประเมินผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2565. 108 หน้า.

สิริพร พูลเต็ม, สุมิตตา แสนจำหน่าย, คนึงนิจ เจียวพ่วง, นงภัทร ไชยชนะ และทิวา พาโคกทม. ผลของอัตราและชนิดปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวจาปอนิกา. **แก่นเกษตร,** ปีที่ 45, ฉบับพิเศษที่ 1, 2560. หน้า 176-181.

สุทธิ์เดชา ขุนทอง, ชัยสิทธิ์ วัฒนาวังจงสุข และสุรเชษฐ์ นาราภัทร์. ผลของลิกนิน คาร์บอน ไนโตรเจน และโพลีฟีนอลของต้นปอเทืองต่อปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน. **แก่นเกษตร,** ปีที่ 46, ฉบับที่ 4, สิงหาคม 2561. หน้า 665-674.

สุทธิ์เดชา ขุนทอง, ชัยสิทธิ์ วัฒนาวังจงสุข และสุรเชษฐ์ นาราภัทร์. การเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนที่เกิดจากกระบวนการมิเนอรัลไลเซชันและอินทรียวัตถุที่ปรับปรุงดินด้วยปอเทือง. **วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร,** ปีที่ 36, ฉบับที่ 2, สิงหาคม 2562. หน้า 33-44.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โสพส แซ่ลิ้ม. **ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย.** [Online]. Available: http://www1.ldd.go.th/WEB_PSD/PDF/expert%20work/3.pdf. 2559.

อภิวัฒน์ อินทร์นก. **ผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2558. 107 หน้า.

อภิวัฒน์ อินทร์นก, พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์ และอรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์. ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี. **Thai Journal of Science and Technology,** ปีที่ 5, ฉบับที่ 3, 2559. หน้า 233-245.

อร่าม คุ้มกลาง, ธรรมนูญ ฤทธิมณี และสาวิตร มีจุ้ย. **ผลการใช้แหนแดงแทนปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตของข้าว.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. 2523. หน้า 66-76.

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์. การจัดการปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโตผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าวที่ปลูกในชุดดินสรรพยา. **วารสารเกษตร,** ปีที่ 30, ฉบับที่ 2, 2557. หน้า 133-140.

AOAC. Chapter 17 AOAC official method 966. **Official methods of analysis of AOAC international.** Maryland. 2006.

Ata-Ul-Karim S. T., Zhu Y., Cao Q., Rehmani M. I. A., Cao W. and Tang L. In-Season Assessment of Grain Protein and Amylose Content in Rice Using Critical Nitrogen Dilution Curve**. European Journal of Agronomy,** no. 90, 2017. pp. 139-151.

Azarpour E., Bozorgi H. R. and Moraditochaee M. Effects of Ascorbic Acid Foliar Spraying and Nitrogen Fertilizer Management in Spring Cultivation of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) in North of Iran. **Biological Forum,** no. 6, vol. 2, 2014. pp. 254-260.

Bray R. H., Kurtz L. T. Determination of Total, Organic, and Available Forms of Phosphorus in Soils. **Soil Science,** no. 59, vol. 1, 1945. pp. 39-46.

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

Bryson G. M., Mills H. A. Nitrogen (N) and Potassium (K). **Plant Analysis Handbook IV.** Athens, Georgia. 2015. pp. 62-103.

Cagampang G. B., Perez C. M. and Juliano B. O. A Gel Consistency Test for Eating Quality of Rice. **Journal of the Science of Food and Agriculture,** no. 24, vol. 12, December 1973. pp. 1589-1594.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dobermann A. R. Nitrogen Use Efficiency-State of the Art. **Agronomy & Horticulture--Faculty Publications,** 2005. pp. 1-16.

Gao H., Ma Q., Li G. Y., Yang X., Li X. Q., Yin C. Y., Li M., Zhang Q., Zhang H. C., Dai Q. G. and Wei H. Y. Effect of Nitrogen Application Rate on Cooking and Eating Qualities of Different Growth-Development Types of Japonica Rice. **Scientia Agricultura Sinica,** no. 43, vol. 21, November 2010. pp. 4543-4552.

Harry O. B., Nyle C. B. **The Nature and Properties of Soils.** 7th rev.ed. The Macmillan Company. January 1969. 653 p.

Huang S. J., Zhao C. F., Zhu Z., Zhou L. H., Zheng Q. H. and Wang C. L. Characterization of Eating Quality and Starch Properties of Two Wx Alleles Japonica Rice Cultivars Under Different Nitrogen Treatments. **Journal of Integrative Agriculture,** no. 19, vol. 4, April 2020. pp. 988-998.

Jackson M. L. **Soil Chemical Analysis.** New Delih: Prentice Hall of India Private Limited. 1973.

Jetro Bangkok. 2021 Survey of Japanese Restaurants. [Online]. Available: https://www.jetro.go.jp/ext_images/thailand/food/JapaneseRestaurantsSurveyTH2021.p df. 2021.

Juliano B. O. A Simplified Assay for Milled Rice Amylose. **Cereal Science Today,** no. 11, vol. 16, October 1971. pp. 333-340.

Kakar K., Tran D. X., Zubair Noori., Aryan S. and Gulab G. Effects of Organic and Inorganic Fertilizer Application on Growth, Yield, and Grain Quality of Rice. **Agriculture,** no. 10, vol. 11, November 2020. pp. 1-11.

Kaleem A., Aziz S., Iqtedar M., Abdullah R., Aftab M., Rashid F., Shakoori F. R. and Naz S. Investigating Changes and Effect of Peroxide Values in Cooking Oils Subject to Light and Heat. **FUUAST Journal of Biology,** no. 5, vol. 2, 2015. pp. 191-196.

Khemtong J., Phakamas N. and Somchit P. Effects of urea and sunn hemp on nitrogen use efficiency and physiological traits related to Japonica rice yield. **International Journal of Agricultural Technology,** no. 19, vol. 3, 2023. pp. 997-1010.

Khing C. S., Durecu and Beri V. **N Release from Susbania Green Manure and Effect of Time of Application of N Fertilizer on Low Land Rice.** Manila, Philippines: International Rice Research Newsletter. 1985. pp. 26-27.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kulasooriya S. A., Hirimburegama W. K. and Abeysekera S. W. **Azolla Utilization International Rice Research Institute.** Manila, Philippines: International Rice Research Institute. 1987. pp. 131-139.

Kwon Y. R., Kim J., Ahn B. K. and Lee S. B. Effect of Liquid Pig Manure and Synthetic Fertilizer on Rice Growth, Yield and Quality. **Korean Journal of Environmental Agriculture,** no. 29, vol. 1, March 2010. pp. 54-60.

LECO Corporation. **Trumac CNS/NS Carbon/Nitrogen/Sulfur Determin ators Instruction Manual.** United States of America: LECO Europe B.V. 2016. pp. 1-56.

Lee S. Recent Advances on Nitrogen Use Efficiency in Rice. **Agronomy,** no. 11, vol. 4, February 2021. 17 p.

Li G. H., Zhang G. F., Chen G. L., Wang S. H., Ling Q. H. and Ding Y. F. Population Characteristics of Super Japonica Rice Ningjing 1 and Ningjing 3 and Its Responses to Nitrogen. **Acta Agronomica Sinica,** no. 35, vol. 6, June 2009. pp. 1106-1114.

Liu Y., Ding Y., Wang Q., Meng D. and Wang S. Effects of Nitrogen and 6-Benzylaminopurine on Rice Tiller Bud Growth and Changes in Endogenous Hormones and Nitrogen. **Crop Science,** no. 51, vol. 2, March 2011. pp. 786-792.

Loudhapasitiporn L., Kanareugsa C. **Azolla Utilization International Rice Research Institute.** Manila, Philippines: International Rice Research Institute. 1987. pp. 119-122.

Maejima K., Uheda E., Kitoh S. and Shiomi N. Differences in Growth Rate, Nitrogen Fixation and Numbers of Cyanobionts and Heterocysts Among Three Azolla Pinnata var. Pinnata Strains. **Environmental and Experimental Botany,** no. 47, vol. 2, March 2002. pp. 143-147.

Mirza H., Ahmed K. U., Rahmatullah N. M., Akhter N., Nahar K. and Rahman M. L. Plant Growth Characters and Productivity of Wetland Rice (*Oryza sativa* L.) as Affected by Different Application of Different Manures. **Emirates Journal of Food and Agriculture,** no. 22, vol. 1, February 2010. pp. 46-58.

Nishio M., Kusano S. Fluctuation Patterns of Microbial Numbers in Soil Applied with Compost. **Soil Science and Plant Nutrition,** no. 26, vol. 4, May 1980. pp. 581-593.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Patro H. K., Kumar A., Shukla D. K. and Mahapatra B. S. Total Productivity, Nutrient Uptake and Economics of Rice-Wheat Cropping System as Influenced by Crotalaria Juncea Green Manuring. **Journal of Environmental Research and Development,** vol. 5, no. 3, 2011. pp. 532-541.

Phopaijit S., Suraphonphinit A. and Phakamas N. Effects of Chicken Manure and Chemical Fertilizer on Growth and Yield of Japonica Rice. **International Journal of Agricultural Technology,** no. 18, vol. 1, 2022. pp. 293-310.

Sinclair T. R., DeWitt C. T. Photosynthate and Nitrogen Requirements for Seed Production by Various Crops. **Science,** vol. 189, August 1975. pp. 565-567.

Singh A. L., Singh P. K. Intercropping of Azolla Biofertilizer with Rice at Different Crop Geometry. **Tropical Agriculture,** no. 67, vol. 4, December 1990. pp. 350-354.

Singh Y. S., Singh B. and Khind C. S. **Advances in Soil Science.** vol. 20. New York: Springer-Verlag, Inc. January 1992. pp. 237-309.

Sullivan D. M., Andrews N. D. **Estimating Plant-Available Nitrogen Release from Cover Crop.** A Pacific Northwest Extension Publication: Oregon State University. November 2012. 23 p.

Sun M. M., Abdula S. E., Lee H. J., Cho Y. C., Han L. Z., Koh H. J. and Cho Y. G. Molecular Aspect of Good Eating Quality Formation in Japonica Rice. **PLoS ONE,** vol. 6, no. 4, April 2011. pp. 1-12.

Sun T., Yang X., Tan X., Han K., Tang S., Tong W., Zhu S., Hu Z. and Wu L. Comparison of Agronomic Performance Between Japonica/Indica Hybrid and Japonica Cultivars of Rice Based on Different Nitrogen Rates. **Agronomy,** no. 10, vol. 2, January 2020. pp. 171.

Suraphonphinit A., Phakamas N. and Samart S. Rate of *Azolla microphylla* Dry Matter on Nitrogen Use Efficiency and Yield of Japonica Rice. **International Journal of Agricultural Technology,** no. 19, vol. 6, 2023. pp. 2681-2692.

Talley S. N., Talley B. J. and Rains D. W. **Genetic Engineering for Nitrogen Fixation.** 9th ed. New York: Plenum Press. 1977. pp. 259-281.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tayefe M., Gerayzade A., Amiri E. and Zade A. N. Effect of Nitrogen on Rice Yield, Yield Components and Quality Parameters. **African Journal of Biotechnology,** no. 13, vol. 1, January 2014. pp. 91-105.

Wang Y., Lu J., Ren T., Hussain S., Guo C., Wang S., Cong R. and Li X. Effects of Nitrogen and Tiller Type on Grain Yield and Physiological Responses in Rice. **AoB Plants,** no. 9, vol. 2, 2017. pp. 1-14.

Wei H. Y., Zhu Y., Qiu S., Han C., Hu L., Xu D., Zhou N. B., Xing Z. P., Hu Y. J., Cui P. Y., Dai Q. G. and Zhang H. C. Combined Effect of Shading Time and Nitrogen Level on Grain Filling and Grain Quality in Japonica Super Rice. **Journal of Integrative Agriculture,** vol. 17, no. 11, November 2018. pp. 2405-2417.

Wu W. G., Zhang Y. H., Zhang J. M., Xu Y. Z., He C. B., Li X. H., Xu C. B., Li F. J. and Chen X. Y. Effects of Nitrogen Management on Mass Quality and Yield Formation of Machine Transplanted Middle-Season Indica Hybrid Rice. **Journal of Anhui Agricultural University,** no. 38, vol. 1, 2011. pp. 1-5.

Yang L., Wang Y., Dong G., Gu H., Huang J., Zhu J., Yang H., Liu G. and Han Y. The Impact of Free-Air CO_2 Enrichment (FACE) and Nitrogen Supply on Grain Quality of Rice. **Field Crops Research,** vol. 102, no. 2, June 2007. pp. 128-140.

Yoshida S. **Fundamentals of Rice Crop Science.** Los Banos, Philippines: International Rice Research Institute. 1981. 296 p.

Zhang Z., Chu C. Nitrogen-Use Divergence Between Indica and Japonica Rice: Variation at Nitrate Assimilation. **Cell Press Journal,** no. 13, vol. 1, January 2020. pp. 6-7.

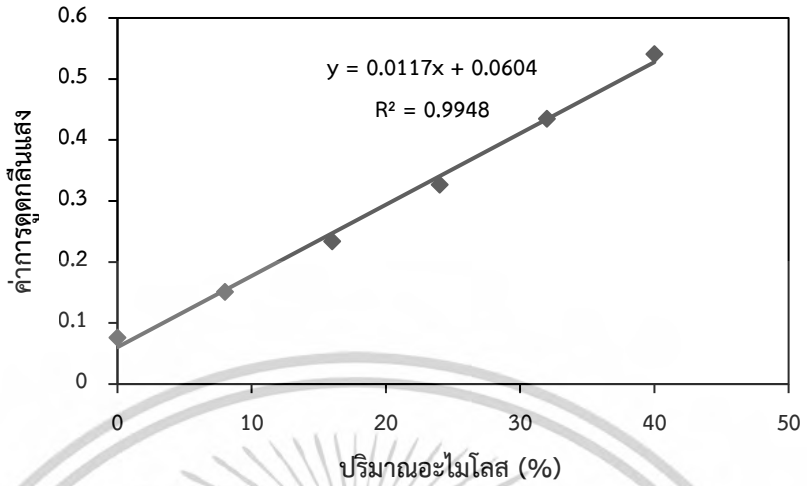
Zhu C., Shen W., Zhao H. and Wan J. Advance in Researches of the Application of Low-Amylose Content Rice Gene for Breeding. **Scientia Agricultura Sinica,** no. 37, vol. 2, January 2004. pp. 157-162.

Zhu D. W., Zhang H. C., Guo B. W., Xu K., Dai Q. G., Wei H. Y., Gao H., Hu Y. J., Cui P. Y. and Huo Z. Y. Effects of Nitrogen Level on Yield and Quality of Japonica Soft Super Rice. **Journal of Integrative Agriculture,** no. 16, vol. 5, 2017. pp. 1018-1027.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 1 แสดงกราฟมาตรฐานปริมาณอะไมโลส

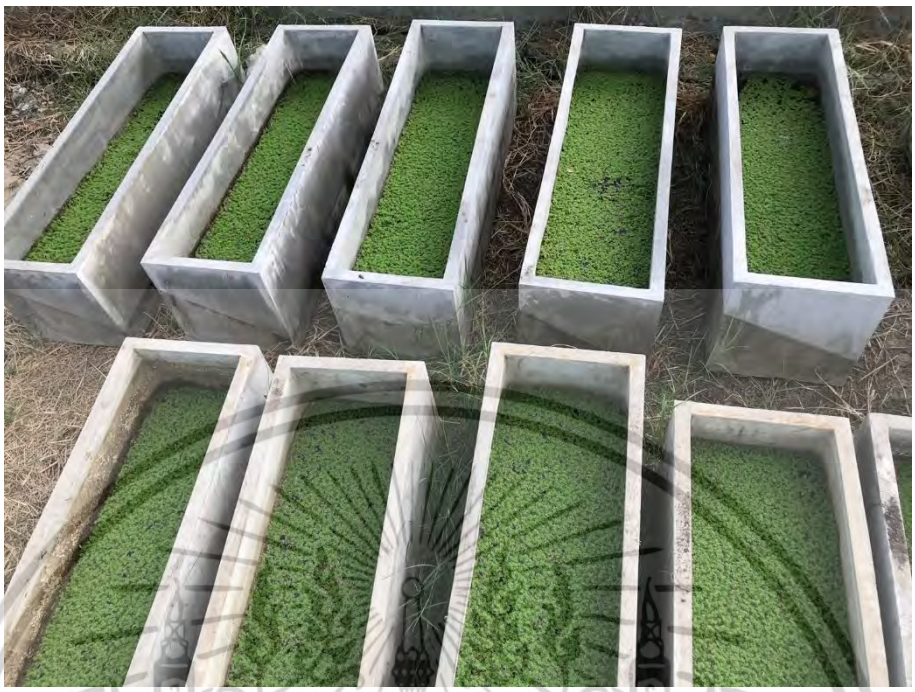
ตารางผนวกที่ 1 การจัดกลุ่มปริมาณอะไมโลส

ปริมาณอะไมโลส (%)	ประเภทข้าว	ลักษณะของข้าวสุก
10 - 19	อะไมโลสต่ำ	เหนียวนุ่ม
20 - 25	อะไมโลสปานกลาง	ค่อนข้างร่วนแต่ไม่แข็ง
26 - 34	อะไมโลสสูง	ร่วนแข็ง

ตารางผนวกที่ 2 การจัดกลุ่มความคงตัวของแป้งสุก

ระยะยทางที่แป้งไหล (มม.)	ความคงตัวของแป้งสุก	ลักษณะข้าวสุก
25 - 40	แข็ง	แข็ง
41 - 60	ปานกลาง	ปานกลาง
61 - 100	อ่อน	อ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 2 การขยายพันธุ์แหนแดงในกระถางซีเมนต์

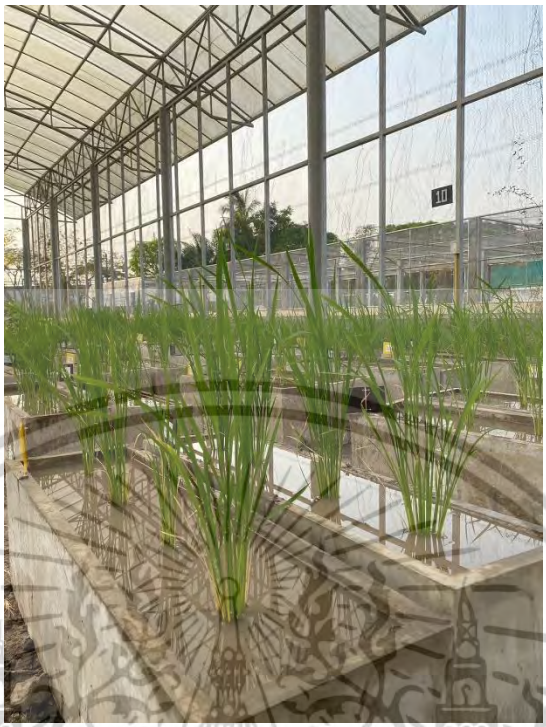
ภาพผนวกที่ 3 การนำแหนแดงสดไปตากแดดเพื่อให้ได้แหนแดงแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ 4 นำดินใส่ลงกระถางซีเมนต์ขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 30 x 100 x 30 ซม.

ภาพผนวกที่ 5 การปักดำต้นกล้าข้าวที่อายุ 25 วัน

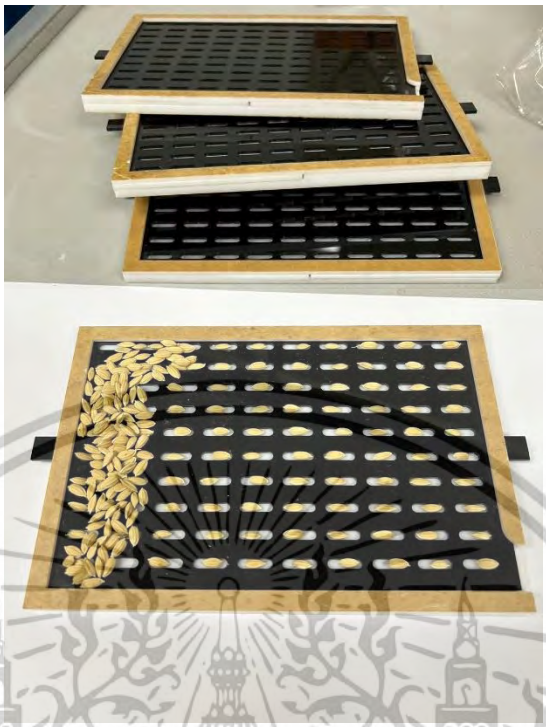
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 6 ต้นข้าวที่ระยะแตกกอ

ภาพผนวกที่ 7 ต้นข้าวที่ระยะน้ำนมจนถึงระยะเก็บเกี่ยว

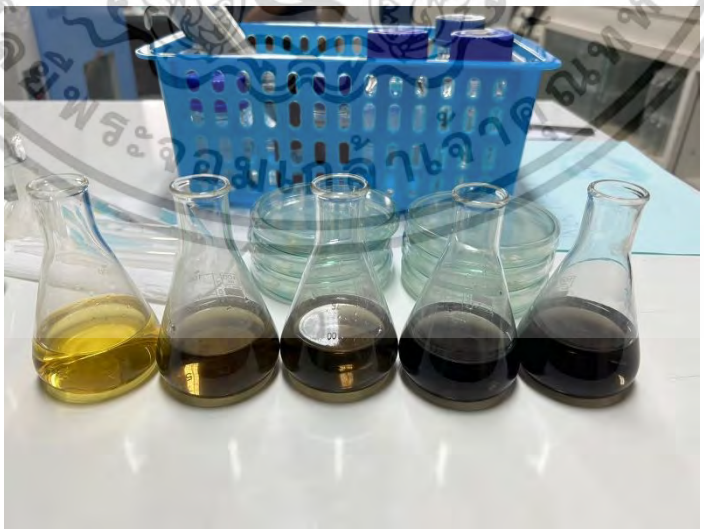
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 8 การนับเมล็ดข้าว

ภาพผนวกที่ 9 นำส่วนของต้นและใบข้าวมาบดให้ละเอียด เพื่อวิเคราะห์หาไนโตรเจนในต้นพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 10 นำเมล็ดข้าวที่ผ่านการขัดสีและบดละเอียดไปวิเคราะห์คุณภาพการหุงต้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล : นางสาวอารียา สุรพลพินิจ

วัน เดือน ปีเกิด : 7 กันยายน 2541

ที่อยู่ปัจจุบัน : 16/16 หมู่ 5 ตำบลบ้านเก่า อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี 71000

ประวัติการศึกษา : พ.ศ. 2560-2564 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

: พ.ศ. 2564-2567 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

ทุนการศึกษาที่ได้รับ ทุนวิจัยส่งเสริมส่วนงานวิชาการ เงินรายได้คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 รหัสโครงการ 2566-02-04-016

งานตีพิมพ์

1. 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.
2. **Suraphonphinit, A.**, Phakamas, N. and Samart, S. (2023). Rate of *Azolla microphylla* dry matter on nitrogen use efficiency and yield of Japonica rice. International Journal of Agricultural Technology. 19(6): 2681-2692.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้