อิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ในระบบการปลูกข้าว

EFFECT OF GREEN MANURE ON SOIL NUTRIENT AND SOIL MICROBIAL ACTIVITY IN RICE PRODUCTION SYSTEM

ปภาวรรณ อ่อนคำ
PAPHAWAN ONKUM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2563

KMITL-2020-AG-M-065-320

อิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ในระบบการปลูกข้าว

EFFECT OF GREEN MANURE ON SOIL NUTRIENT AND SOIL MICROBIAL ACTIVITY IN RICE PRODUCTION SYSTEM

ปภาวรรณ อ่อนคำ

PAPHAWAN ONKUM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

KMITL-2020-AG-M-065-320

EFFECT OF GREEN MANURE ON SOIL NUTRIENT AND SOIL MICROBIAL ACTIVITY IN RICE PRODUCTION SYSTEM

PAPHAWAN ONKUM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURE

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2020

KMITL-2020-AG-M-065-320

COPYRIGHT 2020

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหาร และกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ในระบบการปลูกข้าว
นักศึกษา	นางสาวปภาวรรณ อ่อนคำ
รหัสประจำตัว	60604010
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2563
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ภัทรารัตน์ เทียมเก่า

บทคัดย่อ

การใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าว ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้น แต่การใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลานานทำให้ดินขาดอินทรียวัตถุได้ ในปัจจุบันการใช้ปุ๋ยพืชสดก่อนการปลูกพืชหลักเพื่อปรับปรุงสมบัติดินเป็นทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความนิยม งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางเคมีและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินในช่วงการย่อยสลายของพืชปุ๋ยสดและผลของปุ๋ยพืชสดต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 49 โดยศึกษาปุ๋ยพืชสดจากคำแนะนำของกรมพัฒนาที่ดินจำนวน 7 ชนิด ได้แก่ ปอเทือง ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว ถั่วเหลือง โสนอัฟริกัน และกระถินณรงค์ ทำการศึกษาในแปลงและเรือนทดลอง ผลการศึกษาพบว่า พืชตระกูลถั่ว แต่ละชนิดมีอายุเฉลี่ยของวันที่ออกดอกแรก ดอกบาน 50 % และปริมาณธาตุอาหารในส่วนเหนือดินที่แตกต่างกัน หลังการปลูกพืชปุ๋ยสดสามารถเพิ่มค่าความเป็นกรดด่างในดินจากระดับกรดจัดเป็นกรดปานกลาง การทดลองในแปลงช่วงย่อยสลายปุ๋ยพืชสด พบว่า การใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดสามารถเพิ่มปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เอนไซม์ยูรีเอส เอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตส และเอนไซม์เซลลูเลสในดินได้ และการใช้โสนอัฟริกันทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงที่สุด (91.92 %) ดัชนีเก็บเกี่ยวสูงที่สุด (0.71) และยังส่งผลให้ข้าวมีจำนวนเมล็ดลีบต่อกอต่ำที่สุด (451.80 เมล็ด) และเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำที่สุด (8.08 %) รวมถึงมีปริมาณสังกะสีที่สะสมในส่วนเหนือดินของข้าวสูงที่สุด (0.0031%) การทดลองในเรือนทดลอง พบว่า การใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เหล็กที่แลกเปลี่ยนได้และแมงกานีสที่แลกเปลี่ยนได้ช่วงย่อยสลายปุ๋ยพืชสดสูงที่สุด การใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงที่สุด (19.42 กรัม) และมีปริมาณแมกนีเซียมในฟางข้าวสูงที่สุด (0.18 %) และยังส่งผลให้ดินมีการนำไฟฟ้าในดินสูงที่สุด

(241.83 μS/cm) ปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงที่สุด (3.14%) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด (1.57%) และเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตสมีค่าสูงที่สุด (13.88 μg/g dwt) การใช้กระถินณรงค์เป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงและผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 90.82 เมล็ด และ 807.01 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ปุ๋ยพืชสดที่สามารถเพิ่มผลผลิตของข้าวเป็นปุ๋ยพืชสดชนิดที่ต่างกันทั้งการทดลองในแปลงและเรือนทดลอง อาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมในการศึกษาที่ต่างกัน การทดลองในแปลง พบว่า การใช้โสนอัฟริกันสามารถเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินและกิจกรรมของจุลินทรีย์ รวมถึงส่งเสริมความเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตในการปลูกข้าวพันธุ์ กข 49 อย่างเห็นได้ชัด ส่วนการทดลองในเรือนทดลอง พบว่า การใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีการนำไฟฟ้า อินทรียวัตถุไนโตรเจนทั้งหมด และเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตสในดินเพิ่มสูงขึ้น แต่การใช้กระถินณรงค์สามารถเพิ่มผลผลิตของข้าวได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตามการใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดไถกลบในช่วงก่อนการปลูกข้าว 30 วัน สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 49 ได้

Thesis	Effect of green manure on soil nutrient and soil microbial activity in rice production system
Student	Miss Paphawan Onkum
Student ID.	60604010
Degree	Master of science
Program	Agriculture
Year	2020
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Pattrarat Teamkao

ABSTRACT

The application of chemical fertilizers in rice cultivation increases the growth and productivity of rice. However, using chemical fertilizer for a long time could result in lacking soil organic matter. Application of green manure before planting the main crops to improve soil properties is one of the current popular options. This research interested in applying green manure, according to the Department of Land Development recommendation, consisting of 7 species, which were *Crotalaria juncea* (sunn hemp), *Canavalia ensifumis* (jackbean), *Vigna unguiculate* (cowpea), *Phaseolus aureus* (soybean), *Giycine max* (mungbean), *Sesbania rostrate* (African sesbania) and *Acacia auriculaeformis* (earleaf acacia). The objective of the studies were to study the change in soil chemical properties and soil microbial activity during green manure decomposition, and the effect of green manure on the growth and yield of rice, RD 49. The studies were conducted in filed and pot scales. The results showed that each legume had different average day of flowing, average day to 50 % flowing and the amount of nutrients accumulated in above-ground of plant. During planting, green manure can increase the amount of soil pH from strongly acid to moderately acid. During green manure decomposition revealed that African sesbania could increase the amount of exchangeable magnesium, urease, acid phosphatase and cellulase activity in the soil under field study. Application of African sesbania gave the highest filled grain percentage (91.92 %) and the highest harvest index (0.71). And also resulted in the lowest amount of unfilled grain per tiller (451.80 grains) and the lowest unfilled grains percentage (8.08 %), including

the highest amount of zinc in the shoot of rice (0.0031 %). The study under pot scale showed that application the jack bean gave the highest amount of organic matter, total nitrogen, exchangeable calcium, exchangeable iron and exchangeable manganese in soil after decomposition. The application of jack bean as green manure resulted in the highest rice above-ground biomass (19.42 g) and the highest magnesium in above-ground of rice (0.18 %). Application of jack bean as green manure also resulted in the highest electrical conductivity (241.83 µS/cm), organic matter (3.14 %), total nitrogen (1.57 %) and acid phosphatase activity (13.88 g/g dwt). The application of earleaf acacia as green manure resulted the highest average number of grains per panicle and the highest yield that were 90.82 seeds and 807.01 kg/rai, respectively. Green manure that could increase the yield of rice was differently between field and pot scales that may be the effect of environments. The study in the field presented that the application of African sesbania as green manure could increase plant nutrients and microbial activities in the soil, as well promoting growth and yield of rice, RD 49. However, the study in the pot showed that the application of jack bean as green manure increased electrical conductivity, total nitrogen and acid-phosphatase activity in soil. Besides, the application of earleaf acacia could increase the yield of rice. However, the application of cowpea as a green manure for 30 days before planting released sufficient nutrients for the growth and yield of rice, RD 49.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ภัทรารัตน์ เทียมเก่า ที่คอยให้ความช่วยเหลือและคำชี้แนะ ตลอดจนช่วยแก้ปัญหา ให้ความรู้ และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.นุกูล ถวิลถึง และ ดร.ช่อแก้ว อนิลบล กรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ชัยรัตน์ ตรีทรัพย์สุนทร และ รศ.ดร. อำมร อินทร์สังข์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตลอดจนข้อชี้แนะ จนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนงานวิจัยจากโครงการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณครอบครัว พี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ และบุคลากรห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้บิดามารดาอันเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ปภาวรรณ อ่อนคำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

กิตติกรรมประกาศ V

สารบัญ VI

สารบัญตาราง X

สารบัญภาพ XII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 3

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.4 สถานที่ทำการศึกษา 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 พืชปุ๋ยสด 4

2.1.1 ประโยชน์ของพืชปุ๋ยสด 4

2.1.2 การใช้พืชปุ๋ยสดในระบบการปลูกพืช 6

2.1.3 การใช้พืชปุ๋ยสดในนาข้าว 6

2.1.4 ชนิดของพืชปุ๋ยสดตามความเหมาะสมของพืชและสภาพพื้นที่ที่ใช้ 7

2.1.5 ข้อพิจารณาในการเลือกใช้พืชปุ๋ยสด 7

2.2 พืชปุ๋ยสดที่ใช้ในการศึกษา 8

2.2.1 ปอเทือง 8

2.2.2 ถั่วพร้า 9

2.2.3 ถั่วพุ่ม 10

2.2.4 ถั่วเขียว 10

2.2.5 ถั่วเหลือง 12

2.2.6 โสนอัฟริกัน 13

2.2.7 กระถินณรงค์ 14

2.3 จุลินทรีย์ดิน 15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.1 ประเภทของจุลินทรีย์ 15
2.3.2 การดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ในดิน 16
2.3.3 บทบาทของจุลินทรีย์ดิน 18
2.3.4 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของอินทรียวัตถุ 19
2.3.5 เอนไซม์ในดิน 20
2.4 ข้าว. 24
2.4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ 24
2.4.2 ระยะการเจริญเติบโตและการพัฒนาของต้นข้าว 28
2.4.3 การปลูกข้าวนาดำ 29
2.4.4 ข้าวพันธุ์ กข 49 30
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 31
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 38
3.1 การศึกษาผลของสมบัติทางเคมีและกิจกรรมของจุลินทรีย์หลังปลูกพืชปุ๋ยสด 39
3.1.1 การทดลองในแปลง 39
3.1.2 การทดลองในเรือนทดลอง 40
3.2 การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารสู่ดิน
และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน 41
3.2.1 การทดลองในแปลง 41
3.2.2 การทดลองในเรือนทดลอง 42
3.3 การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต
และผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 49 43
3.3.1 การทดลองในแปลง 43
3.3.2 การทดลองในเรือนทดลอง 45
3.4 การวิเคราะห์พืช 46
3.4.1 การวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในพืช 46
3.4.2 การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในพืช. 47

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.3 การวิเคราะห์โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีสในพืช 47
3.5 การวิเคราะห์ดิน 47
3.5.1 ความเป็นกรดด่างของดิน (อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1) 47
3.5.2 การวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า (อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:5) 47
3.5.3 อินทรียวัตถุในดิน โดยวิธี Loss on Ignition 48
3.5.4 ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน 48
3.5.5 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 48
3.5.6 เบสที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน 48
3.5.7 ทองแดง เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในดิน 48
3.6 กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน 49
3.6.1 การปลดปล่อย CO_2 จากดิน 49
3.6.2 การหาปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอน (MBC) และชีวมวลจุลินทรีย์ไนโตรเจน (MBN) 49
3.6.3 เอนไซม์โปรติเอส 51
3.6.4 เอนไซม์ยูรีเอส 52
3.6.5 เอนไซม์เซลลูเลส 52
3.6.6 เอนไซม์ฟอสฟาเตส 53
3.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ 53
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 54
4.1 การศึกษาผลของสมบัติทางเคมีและกิจกรรมของจุลินทรีย์หลังปลูกพืชปุ๋ยสด 55
4.1.1 การทดลองในแปลง 55
4.1.2 การทดลองในเรือนทดลอง 62
4.2 การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารสู่ดินและกิจกรรม 70
4.2.1 การทดลองในแปลง 70
4.2.2 การทดลองในเรือนทดลอง 77

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อการคืนธาตุอาหารสู่ดินและกิจกรรมของจุลินทรีย์ 82
4.3.1 การทดลองในแปลง 82
4.3.2 การทดลองในเรือนทดลอง 92
4.4 วิจารณ์ผลการทดลอง 102
4.4.1 ดินที่ใช้ในการศึกษา 102
4.4.2 ปริมาณธาตุอาหารในพืชปุ๋ยสดต่อสมบัติทางเคมีและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน 102
4.4.3 การปลูกพืชปุ๋ยสดต่อสมบัติทางเคมีและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน 102
4.4.4 การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินช่วงการย่อยสลายของปุ๋ยพืชสด 103
4.4.5 การใช้ปุ๋ยพืชสดต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 49 104
4.4.6 การใช้ปุ๋ยพืชสดต่อสมบัติทางเคมีและกิจกกรมของจุลินทรีย์ในดินหลังปลูกข้าว 104
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 106
5.1 การศึกษาผลของสมบัติทางเคมีและกิจกรรมของจุลินทรีย์หลังปลูกพืชปุ๋ยสด 106
5.2 อิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารสู่ดินและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน 106
5.3 อิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 49 106
5.4 ข้อเสนอแนะ 107
บรรณานุกรม 108
ภาคผนวก 116
ประวัติผู้เขียน 118

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 เอนไซม์ดินที่ใช้บ่งบอกความสมบูรณ์ของดิน....20
3.1 ปริมาณเมล็ดพืชปุ๋ยสดที่ใช้ปลูกในการศึกษา (การทดลองในแปลง....39
3.2 ปริมาณเมล็ดพืชปุ๋ยสดที่ใช้ปลูกในการศึกษา (การทดลองในเรือนทดลอง)....40
3.3 ปริมาณพืชปุ๋ยสดที่ใส่เป็นปุ๋ยพืชสด (การทดลองในแปลง)....42
3.4 ปริมาณพืชปุ๋ยสดที่ใส่เป็นปุ๋ยพืชสด (การทดลองในเรือนทดลอง)....43
4.1 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง....54
4.2 กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินก่อนการทดลอง....55
4.3 อายุเริ่มออกดอกแรก ดอกบาน 50 % น้ำหนักสด-แห้งส่วนเหนือดินของพืชปุ๋ยสดชนิดต่าง ๆ (การทดลองในแปลง)....56
4.4 ปริมาณธาตุอาหารในพืชปุ๋ยสดชนิดต่าง ๆ (การทดลองในแปลง)....57
4.5 สมบัติทางเคมีดินหลังจากปลูกพืชปุ๋ยสดชนิดต่าง ๆ (การทดลองในแปลง)....59
4.6 กิจกรรมจุลินทรีย์และเอนไซม์ในดินหลังจากปลูกพืชปุ๋ยสดชนิดต่าง ๆ (การทดลองในแปลง)....61
4.7 อายุเริ่มออกดอกแรก ดอกบาน 50 % น้ำหนักสด-แห้งส่วนเหนือดินและรากของพืชปุ๋ยสดชนิดต่าง ๆ (การทดลองในเรือนทดลอง)....63
4.8 ปริมาณธาตุอาหารในพืชปุ๋ยสดชนิดต่าง ๆ (การทดลองในเรือนทดลอง)....65
4.9 สมบัติทางเคมีดินหลังจากการปลูกพืชปุ๋ยสดชนิดต่าง ๆ (การทดลองในเรือนทดลอง)....67
4.10 กิจกรรมของจุลินทรีย์และเอนไซม์ในดินหลังการปลูกพืชปุ๋ยสดชนิดต่าง ๆ (การทดลองในเรือนทดลอง)....69
4.11 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อน้ำหนักสดและแห้งในส่วนเหนือดินของข้าว พันธุ์ กข 49 (การทดลองในแปลง)....83
4.12 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าว พันธุ์ กข 49 (การทดลองในแปลง)....85
4.13 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อปริมาณธาตุอาหารในฟางข้าว (การทดลองในแปลง)....87
4.14 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว (การทดลองในแปลง)....89

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.15 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว (การทดลองในแปลง) 91
4.16 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อน้ำหนักสด-แห้งของส่วนเหนือดินและราก (การทดลองในเรือนทดลอง) 93
4.17 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อองค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าว พันธุ์ กข 49 (การทดลองในเรือนทดลอง) 95
4.18 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อปริมาณธาตุอาหารในฟางข้าว (การทดลองในเรือนทดลอง) 97
4.19 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว (การทดลองในเรือนทดลอง) 99
4.20 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์หลังการเก็บเกี่ยวข้าว (การทดลองในเรือนทดลอง) 101

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ปฏิกิริยาการย่อยสลายโปรตีนด้วยโปรติเอส 21
2.2 ต้นกล้าข้าว 26
2.3 ลำต้นข้าว 27
2.4 ส่วนประกอบของดอกข้าว 28
2.5 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว 28
3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินการศึกษา 38
4.1 สมบัติดินช่วงย่อยสลายปุ๋ยพืชสด; A: pH, B: EC, C: OM, D: Total N,
E: Available P, F: Exchangeable K, L: Extractable Mn (การทดลองในแปลง) 72
4.2 กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินช่วงย่อยสลายปุ๋ยพืชสด; A: Soil respiration, B: MBC,
C: MBN (การทดลองในแปลง) 74
4.3 เอนไซม์ในดินช่วงย่อยสลายปุ๋ยพืชสด; A: Urease, B: Protease, C: Acid-phosphatase,
D: Cellulase (การทดลองในแปลง) 76
4.4 สมบัติดินช่วงย่อยสลายปุ๋ยพืชสด; A: pH, B: EC, C: OM, D: Total N,
E: Available P, F: Exchangeable K, G: Exchangeable Ca, H: Exchangeable Mg,
I: Extractable Fe, J: Extractable Zn, K: Extractable Cu, L: Extractable Mn
(การทดลองในเรือนทดลอง) 78
4.5 กิจกรรมของจุลินทรีย์ช่วงย่อยสลายปุ๋ยพืชสด; A: Soil respiration, B: MBC,
C: MBN (การทดลองในเรือนทดลอง) 79
4.6 เอนไซม์ในดินช่วงย่อยสลายปุ๋ยพืชสด; A: Urease, B: Protease, C: Acid-phosphatase,
D: Cellulase (การทดลองในเรือนทดลอง) 81
4.7 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตของข้าว พันธุ์ กข 49; A: Plant height,
B: Tiller number (การทดลองในแปลง) 82
4.8 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตของข้าว พันธุ์ กข 49; A: Plant height,
B: Tiller number (การทดลองในเรือนทดลอง) 92

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าว 60.11 ล้านไร่ ผลผลิตรวม 24.60 ล้านตัน และผลผลิตเฉลี่ย 447 kg/rai (สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. 2562) ในการผลิตข้าวของเกษตรกรไทย ส่วนใหญ่เน้นการใส่ปุ๋ยเคมีเป็นหลัก เนื่องมาจากหาซื้อได้สะดวก ปลดปล่อยธาตุอาหารเร็ว และเก็บรักษาง่าย แต่หากใช้ติดต่อกันเป็นเวลานาน จะทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น เนื่องจากต้องเพิ่มอัตราที่ใช้ และการใส่ปุ๋ยเคมีติดต่อกันจะทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และจุลินทรีย์ดินลดลง เกิดปัญหาดินเสื่อมโทรม และจะทำให้ผลผลิตลดลงตามมา (จีระเดช แจ่มสว่าง. 2538)

พืชปุ๋ยสด เป็นปุ๋ยที่ได้จากการไถกลบต้น ใบ และส่วนต่าง ๆ ของพืช โดยเฉพาะพืชตระกูลถั่วที่ปลูกไว้ หรือขึ้นเองตามธรรมชาติ ในระยะช่วงออกดอกจนถึงดอกบานเต็มที่ (อัญชลี พัดมีเทศ. 2542) เมื่อสับกลบพืชตระกูลถั่วไปในดินเป็นปุ๋ยพืชสดจะประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ ส่วนที่ย่อยสลายได้รวดเร็วประมาณ 50-80 % เป็นแหล่งธาตุไนโตรเจน สำหรับพืชที่ปลูกตามหลัง และส่วนที่เหลือย่อยสลายได้ช้า ๆ เป็นส่วนที่เพิ่มอินทรียวัตถุและปรับปรุงสมบัติดินให้ดีขึ้น (Bouldin.1980)

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ยังอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากพื้นที่ในการเพาะปลูกขาดความอุดมสมบูรณ์ บางแห่งอยู่ในสภาพที่เสื่อมโทรม พื้นที่ภาคกลางมีดินส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวซึ่งเกิดจากการทับถมของตะกอนที่พัดพามากับน้ำและเป็นพื้นที่ราบเหมาะสมสำหรับปลูกข้าว จากการสำรวจพบว่าในดินนาของภาคกลางมีอินทรียวัตถุประมาณ 0.98-5.0 % (เกษมศรี ซับซ้อน. 2541) เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนและมรสุม อากาศร้อนและมีฝนตกชุก เป็นสภาพที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินในการย่อยสลายอินทรียวัตถุ ตลอดจนการทำเกษตรกรรมที่ขาดการปรับปรุงบำรุงดิน ทำให้อินทรียวัตถุในดินลดลงอย่างรวดเร็ว การใช้ที่ดินติดต่อกันมาเป็นเวลานาน การเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุร่วมกับปุ๋ยเคมี จะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เมื่อเติมอินทรียวัตถุลงไปในดิน ได้รับความชื้นและสภาวะอื่น ๆ ที่เหมาะสม สารต่าง ๆ จะถูกปลดปล่อยออกมาและถูกใช้โดยจุลินทรีย์หรือรากพืช ในขณะเดียวกันอินทรียสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์อย่างรวดเร็ว ส่วนสารที่มีโมเลกุลลักษณะค่อนข้างสลับซับซ้อนก็จะถูกย่อยสลายอย่างช้า ๆ และบางส่วนของโมเลกุลที่

ถูกย่อยสลายไปแล้วแต่ยังมี Aromatic ring ที่ซับซ้อนอยู่อาจรวมตัวกับอนุมูลต่าง ๆ เกิดเป็น สารฮิวมัส ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอินทรียวัตถุในดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544)

การย่อยสลายเศษซากพืชปุ๋ยสดเป็นกลไกสำคัญในการหมุนเวียนของธาตุอาหาร เมื่อชิ้นส่วนซากพืชถูกผสมคลุกเคล้าลงในดิน จะมีการสลายตัวที่เกิดจากกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินโดยเฉพาะจุลินทรีย์ (ศรีสุดา ทิพยรักษ์. 2552) จุลินทรีย์จะผลิตเอนไซม์ออกมาภายนอกเซลล์ เพื่อย่อยสลายชิ้นส่วนของพืชให้เป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก ทำให้จุลินทรีย์ได้แหล่งพลังงานและแหล่งของคาร์บอนส่งผลให้การเจริญหรือกิจกรรมของจุลินทรีย์สูงขึ้น ผลที่เกิดขึ้นในดิน คือ สิ่งที่เหลือจากการสลายตัว สิ่งที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้น และเซลล์ของจุลินทรีย์เป็นอินทรียวัตถุที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ เป็นแหล่งธาตุอาหาร และปรับปรุงสมบัติดินด้านกายภาพได้ (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา. 2544)

เอนไซม์ดินเป็นกลุ่มเอนไซม์ที่พบได้ในดินทั่วไป มีบทบาทสำคัญในการรักษาระบบนิเวศทางดิน สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางชีวภาพ และสมบัติทางเคมีของดิน เอนไซม์ดินมีบทบาททางกระบวนการชีวเคมี เอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในดิน ประกอบด้วย อะไมเลส เอลิวซัลฟาเตส เบต้ากลูโคซิเดส เซลลูเลส ไคติเนส ดีไฮโดรจีเนส ฟอสฟาเตส โปรติเอส และยูรีเอส ที่มีหน้าที่แตกต่างกัน (Das and Varma. 2011) ฟอสฟาเตสเป็นกลุ่มเอนไซม์ที่มีบทบาทต่อวัฏจักรฟอสฟอรัสในดิน ช่วยในการปลดปล่อยฟอสเฟต เอนไซม์ยูรีเอสมีบทบาทต่อวัฏจักรไนโตรเจนในดินโดยจะตอบสนองการย่อยสลายยูเรียในดิน โดยจะเปลี่ยนยูเรียเป็น NH_3 และ CO_2 เอนไซม์ยูรีเอสในดินส่วนใหญ่มาจากพืชและจุลินทรีย์ดินที่สร้างเอนไซม์ทั้งจากภายนอกเซลล์และภายในเซลล์ จุลินทรีย์มีบทบาทต่อการย่อยสลายอินทรียวัตถุที่เติมลงในดิน หรืออินทรียวัตถุที่มีอยู่ก่อนแล้วในดิน จะถูกทำให้สลายตัวโดยเอนไซม์ยูรีเอส ผลที่ได้คือ คาร์บอนไดออกไซด์ กรดอินทรีย์ ธาตุอาหาร และฮิวมัส ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นเมื่อรวมกับน้ำจะได้กรดคาร์บอนิค ซึ่งมีสมบัติเป็นกรดอ่อนเช่นเดียวกับกรดอินทรีย์ ดังนั้นทั้งกรดคาร์บอนิคและกรดอินทรีย์จะเป็นตัวช่วยละลายธาตุอาหารบางอย่างที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส แคลเซียม เหล็ก และแมงกานีส (Havlin *et al.* 2005)

การศึกษาการทำปุ๋ยพืชสดส่วนใหญ่เน้นไปที่การเพิ่มธาตุอาหารในดินโดยเฉพาะไนโตรเจน จุลินทรีย์ในดินนั้นมีบทบาทอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในดิน รวมถึงกิจกรรมอื่น ๆ ที่ส่งผลเพิ่มการเจริญเติบโตของพืช การศึกษาครั้งนี้จึงสนใจศึกษาอิทธิพลของการทำปุ๋ยพืชสดต่อการปลดปล่อยธาตุอาหาร รวมถึงกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินในระบบการปลูกข้าว เพื่อหาแนวทางการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดที่เหมาะสมกับนาข้าวต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินหลังปลูกพืชปุ๋ยสด

1.2.2 เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารสู่ดินและกิจกรรมของจุลินทรีย์

1.2.3 เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลิตของข้าวพันธุ์ กข 49

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 การปลูกพืชปุ๋ยสดสามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินได้

1.3.2 การใช้ปุ๋ยพืชสดในดินนาสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินให้เพิ่มขึ้นได้

1.3.3 การใช้ปุ๋ยพืชสดในดินนาสามารถเพิ่มการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 49 ได้

1.4 สถานที่ทำการศึกษา

1.4.1 การทดลองในแปลง ทำการศึกษาในอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

1.4.2 การทดลองในเรือนทดลอง ทำการศึกษาที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พืชปุ๋ยสด

พืชปุ๋ยสด คือ พืชที่ถูกไถกลบหรือคลุกเคล้าลงไปในดินขณะที่ต้นพืชยังสด หรือขณะที่พืชนั้นเติบโตเต็มที่ เพื่อช่วยปรับปรุงบำรุงดิน ส่วนใหญ่จะใช้พืชตระกูลถั่ว เพราะบริเวณรากของพืชตระกูลถั่วจะมีแบคทีเรียอาศัยอยู่ที่รากเกิดเป็นปม โดยพืชปุ๋ยสดสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาสะสมไว้ที่ปมราก จึงทำให้ปริมาณของไนโตรเจนมีมากกว่าพืชชนิดอื่น การไถกลบพืชปุ๋ยสดจะไถลงในดินช่วงที่พืชมีปริมาณของไนโตรเจนสูงสุด คือระยะที่เริ่มออกดอกจนกระทั่งดอกบานเต็มที่ เพราะระยะนี้จะมีน้ำหนักสดและปริมาณธาตุอาหารสูง จากนั้นปล่อยทิ้งไว้สักระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้เกิดการย่อยสลายโดยสมบูรณ์ จึงทำการเตรียมดินเพาะปลูกพืชอื่น ๆ ตาม ปุ๋ยพืชสดจะช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุ และธาตุไนโตรเจนแก่ดิน ช่วยรักษาระดับปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน ปรับปรุงโครงสร้างของดินให้เหมาะสมต่อการเพาะปลูก ถ้าใช้ปุ๋ยพืชสดปลูกเป็นพืชคลุมดินจะช่วยอนุรักษ์ดินและน้ำ รวมทั้งคลุมวัชพืชไม่ให้เกิดขึ้นได้

การย่อยสลายของปุ๋ยพืชสด ถ้าในสภาพดินมีอากาศแห้งหรือค่อนข้างแห้ง การย่อยสลายโดยการกระทำของจุลินทรีย์จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีเชื้อราเป็นตัวการสำคัญในการย่อยสลาย ซึ่งจะได้ ไนเตรท ซัลเฟต และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ในสภาพที่มีน้ำขัง การย่อยสลายจะเกิดขึ้นช้ากว่า โดยมีแบคทีเรียที่สามารถอยู่ในสภาพน้ำขังเป็นตัวการสำคัญในการย่อยสลาย ซึ่งจะได้ก๊าซต่าง ๆ เช่น แอมโมเนีย มีเทน ไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และเกิดกรดอินทรีย์ต่าง ๆ (อัญชลี พัดมีเทศ. 2542)

2.1.1 ประโยชน์ของพืชปุ๋ยสด

2.1.1.1 เพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Organic matter) การไถกลบพืชปุ๋ยสดลงในดินจะทำให้อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น หลังจากพืชปุ๋ยสดนั้นสลายตัวสมบูรณ์แล้ว และยังเป็นการชดเชยปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่สูญเสียไปที่เกิดจากการเพาะปลูกหรืออื่น ๆ หากทำการไถกลบพืชปุ๋ยสดอย่างสม่ำเสมอเป็นประจำจะทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น โดยอินทรียวัตถุสามารถช่วยเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน อีกทั้งยังช่วยในการรักษาและปรับปรุงโครงสร้างของดินให้มีสภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอีกด้วย

2.1.1.2 เพิ่มปริมาณไนโตรเจนให้แก่ดิน ปุ๋ยพืชสดที่ได้จากการไถกลบและสลายตัวในดินโดยสมบูรณ์แล้วจะเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้แก่ดินเป็นอย่างดีประมาณ 9.10-36.30 kg/rai ต่อการไถกลบ 1 ครั้ง ซึ่งได้จากการสลายตัวของพืชปุ๋ยสดและแบคทีเรียที่ชื่อ *Rhizobium* sp. โดยอาศัยอยู่ใน

ปมรากพืชตระกูลถั่ว ทำหน้าที่หลักในการตรึงไนโตรเจนและเพิ่มพื้นที่ผิวของรากพืชตระกูลถั่ว พืชสามารถดูดใช้ธาตุไนโตรเจนประมาณ 50-80 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืช ถ้ามีการใช้ปุ๋ยพืชสดก่อนการปลูกพืชหลักจะทำให้สามารถลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมี โดยเฉพาะปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตได้

2.1.1.3 รักษาปริมาณธาตุอาหารในดิน เนื่องจากพืชปุ๋ยสดจะดูดใช้ปุ๋ยที่ตกค้างอยู่จากการใส่ให้พืชหลักหรือพืชเศรษฐกิจ โดยเป็นการป้องกันการสูญเสียมิให้ธาตุอาหารพืชนั้น ๆ ถูกชะล้างไป และเมื่อไถกลบพืชปุ๋ยสดนั้นแล้วปริมาณธาตุอาหารก็จะกลับลงไปสู่ดินใหม่ เพื่อให้พืชหลักในฤดูถัดไป ดูดใช้ประโยชน์

2.1.1.4 พืชปุ๋ยสดบางชนิดมีระบบรากลึก สามารถที่จะดูดใช้ธาตุอาหารพืชที่อยู่ในดินลึก และเมื่อไถกลบพืชปุ๋ยสดแล้ว การปลูกพืชหลักที่มีระบบรากสั้นจะสามารถดูดใช้ปริมาณธาตุอาหารในดินชั้นบนได้ และรากของพืชปุ๋ยสดที่ชอนไชอยู่ในดินจะทำให้มีการระบายของน้ำและอากาศในดิน มากขึ้น

2.1.1.5 ช่วยในการอนุรักษ์ดินและน้ำ สามารถใช้พืชปุ๋ยสดปลูกเป็นพืชคลุมดิน จะช่วยลดการพังทลาย (Erosion) ที่เกิดจากน้ำและลมได้ และเมื่อเศษใบหรือกิ่งของพืชปุ๋ยสดนั้นหมดอายุ จะหลุดร่วงลงทับถมในหน้าดินและต่อมาก็ผุสลายตัวเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน

2.1.1.6 ช่วยในการปรับปรุงโครงสร้างทางกายภาพของดินให้ดีขึ้น เพื่อให้เหมาะสมแก่การปลูกพืช ซึ่งปุ๋ยพืชสดเมื่อสลายตัวสมบูรณ์แล้วจะเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน และจะแทรกตัวอยู่ระหว่างเม็ดดิน ทำให้ดินนั้นเกาะตัวกันอย่างหลวม ๆ ทำให้ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น

2.1.1.7 ช่วยในการป้องกันกำจัดวัชพืช ในกรณีที่พืชปุ๋ยสดที่ปลูกเป็นพืชคลุมดินเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้วก็จะป้องกันหน้าดินการงอกของวัชพืชที่ได้ เป็นการลดต้นทุนในการป้องกันกำจัดวัชพืชอีกทางหนึ่ง

2.1.1.8 ช่วยในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืช การใช้พืชปุ๋ยสดทำให้เชื้อสาเหตุโรคพืช *Aspergillus flavus Sclerotium rolfsi* และ *Rhizoctonia solani* นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้พืชปุ๋ยสดสามารถตัดวงจรที่ระบาดของโรคใบขาวในอ้อยได้

2.1.1.9 ช่วยเพิ่มผลผลิตของพืชหลักให้สูงขึ้นและคุณภาพดีขึ้น การใช้ปุ๋ยพืชสดสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมี โดยพบว่าการใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร จะทำให้ผลผลิตพืชหลักที่ปลูกตามมาสูงสุด และได้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด ซึ่งพืชปุ๋ยสดที่ปลูกจะต้องมีน้ำหนักสดสูงกว่า 1.5-2 t/rai (อัญชลี พัดมีเทศ. 2542)

2.1.2 การใช้พืชปุ๋ยสดในระบบการปลูกพืช

2.1.2.1 การใช้พืชปุ๋ยสดในระบบปลูกพืชหมุนเวียน (Crop rotation) เป็นการปลูกพืชปุ๋ยสดที่เหมาะสม สามารถปลูกหมุนเวียนให้เหมาะกับระยะเวลาในการปลูกพืชหลักหรือพืชเศรษฐกิจ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1) ปลูกพืชหลักหนึ่งชนิดหมุนเวียนสลับกับการปลูกพืชปุ๋ยสดหนึ่งชนิดภายในระยะเวลาหนึ่ง
2) ปลูกพืชหลักในต้นฤดูฝนแล้วปลูกพืชปุ๋ยสดในปลายฤดูฝน ในระยะเวลาหนึ่งปี
3) ปลูกพืชหลักหนึ่งชนิดสลับหมุนเวียนกับปลูกพืชปุ๋ยพืชสดหนึ่งในระยะเวลาสองปี

2.1.2.2 การใช้พืชปุ๋ยสดในระบบปลูกพืชแซม (Inter cropping) คือ การปลูกพืชปุ๋ยสดบางชนิดที่เหมาะสมแซมในแถวพืชหลัก ซึ่งอาจเป็นการปลูกพืชหลักแล้วก็ปลูกพืชปุ๋ยสดแซมในแถวไปในเวลาเดียวกัน หรือปลูกพืชหลักแล้วระยะเวลาหนึ่งจึงปลูกพืชปุ๋ยสดแซมเป็นการเหลื่อมเวลากันในหนึ่งปี

2.1.2.3 การใช้พืชปุ๋ยสดในระบบปลูกพืชแบบแถบพืช (Strip cropping) เป็นวิธีการใช้พืชปุ๋ยสดปลูกเป็นกำแพง เพื่อป้องกันและลดการพังทลายของดิน โดยแนวของพืชปุ๋ยสดจะเป็นแนวดักตะกอนอันเกิดจากการชะล้างพังทลายจากฝนและลดความรุนแรงจากการไหลบ่าของน้ำฝนได้

2.1.2.4 การใช้พืชปุ๋ยสดในระบบพืชคลุมดิน (Cover cropping) เป็นการปลูกพืชปุ๋ยสดตระกูลถั่วชนิดที่มีลำต้นเป็นเถาเลื้อย เพื่อให้เจริญเติบโตปกคลุมผิวดินทำให้น้ำฝนที่ตกลงมากระทบผิวดินไม่รุนแรงเพราะจะกระทบถูกกิ่งใบของพืชปุ๋ยสดก่อนถึงดิน พืชปุ๋ยสดที่มีลักษณะเป็นเถาเลื้อย ได้แก่ ถั่วคาโลโปโกเนียม ถั่วคุดซู ถั่วฮามาต้า เป็นต้น (อัญชลี พัดมีเทศ. 2542)

2.1.3 การใช้พืชปุ๋ยสดในนาข้าว

การใช้พืชปุ๋ยสดในนาข้าวมี 3 วิธีการ ดังนี้

2.1.3.1 ปลูกพืชปุ๋ยสดก่อนการทำนา เช่น โสนอัฟริกัน ปอเทือง ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า ใช้อัตราเมล็ด 5 5 8 และ 10 kg/rai ตามลำดับ ปลูกในระหว่างเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม ไถกลบระยะออกดอก ทิ้งให้ย่อยสลาย 7 วัน จึงปลูกข้าวตาม เมล็ดโสนอัฟริกันก่อนปลูกแช่น้ำ 12 hr เพื่อทำให้เมล็ดงอกดีขึ้น เนื่องจากเปลือกหุ้มเมล็ดมีความหนา

2.1.3.2 ปลูกพืชปุ๋ยสดพร้อมกันกับข้าว โดยปลูกพืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า ใช้อัตราเมล็ด 8 และ 10 kg/rai ตามลำดับ พร้อมกับหว่านข้าวในนาหว่านข้าวแห้ง เพื่อให้ถั่วเจริญเติบโตพร้อมต้นข้าวในช่วงที่น้ำยังไม่ขังในนา

2.1.3.3 ปลูกพืชปุ๋ยสดหลังทำนา เช่น โสนอัฟริกัน ปอเทือง ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า ใช้อัตราเมล็ด 5 5 8 และ 10 kg/rai ตามลำดับ ปลูกโดยไม่ต้องไถพรวนไม่ต้องเกี่ยวตอซังออก ใช้เมล็ดถั่ว

หยอดลงไปในนาโดยตรง และปลูกทันทีที่เกี่ยวข้าวเสร็จ ในขณะที่ดินยังมีความชื้นอยู่หรือจะปลูกโดยการไถพรวนดินอย่างดี และไถกลบระยะออกดอก ทิ้งให้ย่อยสลายจึงปลูกข้าว (อัญชลี พัดมี เทศ. 2542)

2.1.4 ชนิดของพืชปุ๋ยสดตามความเหมาะสมของพืชและสภาพพื้นที่ที่ใช้

2.1.4.1 พืชปุ๋ยสดในที่ลุ่ม คือ พืชที่ปลูกและเจริญเติบโตได้ในสภาพดินที่มีการระบายน้ำไม่ดี สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพน้ำขัง เช่น โสนอัฟริกัน โสนอินเดีย โสนจีนแดง โสนคางคก โสนไต้หวัน เป็นต้น

2.1.4.2 พืชปุ๋ยสดในที่ดอน คือ พืชที่ปลูกและเจริญเติบโตได้ในสภาพดินมีการระบายน้ำได้ ไม่มีน้ำขัง หรือน้ำท่วมไม่ถึง หากอยู่ในสภาพน้ำขังจะเน่าตายได้ เช่น ปอเทือง ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม ถั่วแป๊ะยี ถั่วแปบ ถั่วดำ หญ้าต่าง ๆ เป็นต้น

2.4.1.3 พืชปุ๋ยสดในพื้นที่สูง ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลาดชัน เชิงเขา หรือชายเขา ใช้วิธีตัดกิ่งใบและยอดคลุกเคล้าลงดิน เช่น ถั่วมะแฮะ กระถิน ขี้เหล็ก แค คราม่า เป็นต้น (ประชา นาคะประเวศ และ ปรัชญา ธัญญาดี. 2535)

2.1.5 ข้อพิจารณาในการเลือกใช้พืชปุ๋ยสด

2.1.5.1 เป็นพืชเจริญเติบโตเร็ว ใช้ระยะเวลาในการออกดอกประมาณ 30-60 วัน และให้น้ำหนักสดสูง สามารถแข่งขันกับวัชพืชได้

2.1.5.2 มีระบบรากลึกและแข็งแรง เจริญเติบโตได้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ทนแล้งได้ดี

2.1.5.3 หาเมล็ดพันธุ์ได้ง่าย และสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้ในฤดูต่อไปได้เอง

2.1.5.4 ไถกลบได้ง่าย ลำต้น และกิ่งเปราะ ย่อยสลายได้เร็ว

2.1.5.5 ต้านทานต่อโรค และแมลงได้ดี ไม่เป็นแหล่งที่พักของศัตรูพืช

2.1.5.6 เป็นพืชที่ใช้ปลูกเป็นพืชหมุนเวียนกับพืชเศรษฐกิจ ปลูกเป็นพืชแซม หรือปลูกเป็นแถบพืชได้ (กรมพัฒนาที่ดิน. 2548)

2.2 พืชปุ๋ยสดที่ใช้ในการศึกษา

2.2.1 ปอเทือง

ปอเทือง (Sunn hemp) เป็นพืชในตระกูลถั่วที่นิยมปลูกมากสำหรับเป็นพืชปุ๋ยสด และใช้เป็นอาหารโค กระบือ รวมถึงเพื่อความสวยงามในการเป็นแหล่งท่องเที่ยว ซึ่งนิยมปลูกมากในช่วงต้นฤดูฝนก่อนที่จะไถกลบหรือเก็บเกี่ยวก่อนปลูกพืชหลัก

วงศ์ : Leguminosae

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Crotalaria juncea*

ชื่อสามัญ : Sunn hemp, Indian hemp, Madras hemp, Chanvre indien

ถิ่นกำเนิด : ทวีปแอฟริกา

2.2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น เป็นพืชล้มลุกปีเดียว ลำต้นมีลักษณะตั้งตรง เรียวสูง ลำต้นแตกกิ่งน้อยถึงปานกลาง ขนาดลำต้นประมาณ 1-1.5 cm ความสูงประมาณ 1.5-3 m เปลือกลำต้นบาง มีสีเขียว สามารถลอกเป็นเส้นได้ แก่นหรือเนื้อไม้ เป็นไม้เนื้ออ่อน เปราะหักง่าย สามารถใช้ทำเยื่อกระดาษได้ดี

ใบ เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ แตกใบเยื้องสลับกันตามความสูงของลำต้น ใบมีก้านใบสั้น มีรูปยาวรี กว้างสุดที่กลางใบประมาณ 4-5 cm ยาวประมาณ 10-20 cm ใบอ่อนมีสีเขียวสด ใบแก่มีสีเขียวอมเทา โคนใบสอบเล็ก ปลายใบแหลม แผ่นใบและขอบใบเรียบ มีเส้นใบแตกออกจากเส้นกลางใบตรงข้ามกัน ทำให้มองดูแผ่นใบมีลายแถบ

ดอก ออกดอกเป็นช่อ ช่อดอกเป็นแบบราซีม บริเวณปลายยอดของกิ่ง แต่ละช่อดอกประกอบด้วยดอกย่อย 8-20 ดอก ดอกตูมมีสีเขียวอมเหลือง ดอกบานมีกลีบดอกสีเหลือง

ผลและเมล็ด ผลปอเทืองเรียกเป็นฝัก ที่มีลักษณะทรงกระบอก ขนาดกว้าง 1-2 cm ยาว 3-6 cm ฝักอ่อนมีสีเขียวสด เมื่อแก่มีสีน้ำตาล ภายในฝักเป็นโพรงอากาศที่มีเมล็ดบรรจุอยู่ เมื่อเขย่าจะมีเสียงดังที่เกิดจากเมล็ดกระทบเปลือกฝัก แต่ละฝักมีประมาณ 6 เมล็ด โดยเมล็ดจะมีลักษณะคล้ายรูปหัวใจ เปลือกเมล็ดมีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลอมดำ น้ำหนักเมล็ด 1 กิโลกรัมจะมีเมล็ดประมาณ 40,000-50,000 เมล็ด (Chuadhury *et al.* 1995)

2.2.1.2 ประโยชน์ของปอเทือง

ปลูกเพื่อใช้เป็นพืชปุ๋ยสด นิยมปลูกเป็นพืชปุ๋ยสดในสภาพพื้นที่ดอน โดยปลูกในรูปแบบของพืชหมุนเวียน โดยห่านหรือโรยเมล็ด ก่อนการปลูกพืชหลัก เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง อ้อย เป็นต้น อย่างน้อย 2-3 เดือน แล้วไถกลบปอเทืองที่อายุประมาณ 60-75 วัน ในขณะที่ดินยังมีความชื้นแล้วทิ้งไว้ 7-10 วัน ก่อนปลูกพืชหลัก หรืออาจปลูกในรูปแบบของพืชแซม โดยปลูกระหว่างแถวพืชหลัก ปลูกหลังจากพืชหลักประมาณ 1-2 สัปดาห์ หรือในรูปแบบการปลูกพืชเหลื่อมฤดู โดยปลูกปอเทืองเป็นพืชที่สองระหว่างแถวของพืชหลักในขณะที่พืชหลักยังไม่ได้เก็บ

เกี่ยวแต่ใกล้ระยะหรือรอเก็บเกี่ยว เพื่อเป็นการประหยัดเวลาต่อเนื่อง ระหว่างการปลูกปอเทืองเพื่อเป็นปุ๋ยพืชสดกับพืชหลัก สามารถปลูกพืชหลักในเวลาถัดไปได้ทันฤดูกาลในขณะดินมีความชื้นอยู่ และปอเทืองจะเป็นพี่เลี้ยงให้กับพืชหลักที่ปลูกในระยะแรกเริ่ม ปอเทืองให้น้ำหนักสดประมาณ 1.5-3.0 t/rai ให้ธาตุไนโตรเจนประมาณ 10-20 kg/rai ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในพืชมีไนโตรเจนประมาณ 2.10-2.85 % ฟอสฟอรัสประมาณ 0.30-0.38 % และโพแทสเซียมประมาณ 2.10-3.10 %

2.2.2 ถั่วพร้า

เป็นพืชประเภทหนึ่งที่ได้รับความสนใจในปัจจุบัน เพราะเป็นพืชที่ให้ธาตุไนโตรเจนในปริมาณสูง จึงนำมาทำเป็นปุ๋ยพืชสดได้เป็นอย่างดี ซึ่งทางภาครัฐให้การสนับสนุนในการเพาะปลูก เนื่องจากสามารถเพาะปลูกได้ง่าย มีค่าใช้จ่ายต่ำ และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในประเทศไทยมีถั่วพร้าอยู่ด้วยกันสองชนิด คือ ถั่วพร้าเมล็ดยาว และถั่วพร้าเมล็ดแดง

ชื่อทางวิทยาศาสตร์ : *Canavalia ensiformis* (L.) DC.

วงศ์ (Family) : Fabaceae วงศ์ย่อย (Subfamily) Faboideae

ชื่อสามัญ : Jack bean หรือ House bean

ถิ่นกำเนิด : ส่วนใหญ่พบว่ามีการเพาะปลูกในเขตร้อนชื้นของทวีปอเมริกา (กรมพัฒนาที่ดิน. 2550)

2.2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น เป็นเถา ซึ่งสามารถเลื้อยสูงได้ถึง 10 m อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลของกรมวิชาการเกษตร พบว่า สามารถปลูกในลักษณะไม้พุ่มได้ เพราะลำต้นมีเนื้อไม้แข็งเป็นแกน โดยจะมีความสูงประมาณ 60-120 cm

ใบ เป็นใบรวมแบบสามใบ (Trifoliolate) มีรูปร่างมนค่อนข้างกลมคล้ายไข่ยาว 7-12 cm ดอกเป็นกลุ่ม มีสีชมพู แต่ถั่วพร้าเมล็ดแดงจะมีความแตกต่างคือ ปลายดอกจะมีสีแดง ทั้งสองชนิดมีกลีบเลี้ยงโค้ง ส่วนบนมีสีขาว ภายในดอกมีเกสรครบทั้งสองเพศ และส่วนใหญ่ (ประมาณร้อยละ 80 ของการติดผล) จะผสมพันธุ์เองภายในดอก

ฝัก จะมีรูปร่างคล้ายดาบ ห้อยปลายลง เมื่อสุกจะมีสีเหลืองคล้ายฟางข้าว ถั่วพร้าเมล็ดยาวจะมีขนาดฝักกว้าง 3-3.5 cm ยาว 15-35 cm เมล็ดมีสีขาวคล้ายงาช้าง มีขนาด 1.5-2 cm ขั้วเมล็ด (Hilum) ยาว 0.5-1 cm ในขณะที่ถั่วพร้าเมล็ดแดงจะมีขนาดฝักกว้างประมาณ 3.5-5 cm ยาวประมาณ 20-40 cm เมล็ดมีสีแดงอมน้ำตาล มีขนาด 2-3.5 cm ขั้วเมล็ดยาว 1.5-2 cm

2.2.2.2 ประโยชน์ของถั่วพร้า

1) ปลูกเป็นพืชหมุนเวียนสลับกับพืชหลัก ซึ่งจะนิยมทำกันในพื้นที่ดอน โดยทำการไถกลบหลังจากการเพาะปลูกประมาณ 60-65 วัน ควรเลือกทำในขณะที่ดินมีความชุ่มชื้นพอสมควร

จากนั้นจึงทำการปลูกพืชหลัก มีปริมาณน้ำหนักสดเฉลี่ย 2.5-4.0 t/rai มีปริมาณไนโตรเจน 2.00-2.85 % ฟอสฟอรัส 0.30-0.40 % และโพแทสเซียม 2.20-3.00 %

2) ปลูกแซมไปกับพืชหลัก โดยทำการปลูกหลังจากปลูกพืชหลักไปแล้วประมาณ 1-2 สัปดาห์

ในการไถกลบถั่วพร้าพื้นที่ 1 ไร่ จะให้น้ำหนักสดประมาณ 2.5-4 t ซึ่งจะได้ธาตุไนโตรเจนประมาณ 10-20 kg เทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยยูเรียปริมาณ 23-48 kg หรือปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตปริมาณ 7-95 kg โดยมีปริมาณไนโตรเจน 2.00-2.95 % ฟอสฟอรัส 0.30-0.40 % และโพแทสเซียม 2.20-3.00 % อย่างไรก็ตามมวลชีวภาพและปริมาณธาตุอาหารของพืชปุ๋ยสดขึ้นกับปัจจัยของดินและการจัดการแปลง

2.2.3 ถั่วพุ่ม

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Vigna unguiculata* ssp. Unguiculata

วงศ์ : Fabaceae (Leguminosae)

ชื่อสามัญ : ถั่วพุ่ม (Cowpea Southern pea) (กิตติ วงส์พิเชษฐ์. 2553)

2.2.3.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ใบ เรียงสลับ มักเป็นใบประกอบแบบ 3 ใบ หรือใบประกอบแบบขนนก อาจเป็นชนิดขนนกชั้นเดียวหรือขนนก 2 ชั้น มีหูใบบนก้านใบและบนราคิส อาจมีต่อมหรือหนาม ใบแผ่กางเวลากลางวันและหุบในเวลากลางคืน

ดอก มีทั้งดอกเดี่ยวและดอกช่อแบบต่าง ๆ ช่อกระจุกแน่น และช่อแยกแขนงผลมีลักษณะเป็นฝักแตกได้หรือแตกไม่ได้ บางชนิดมีลักษณะค่อนข้างกลม มีปีกแผ่ออกไปโดยรอบ

ลำต้น เป็นพุ่มเตี้ยคล้ายถั่วเขียว เป็นพืชทนแล้ง ปลูกก่อนฤดูฝนหรือปลายฤดูฝน อายุดอกบานประมาณ 45-50 วัน และฝักคล้ายถั่วฝักยาว (กรมวิชาการเกษตร. 2554)

2.2.3.2 ประโยชน์ของถั่วพุ่ม

ถั่วพุ่ม เป็นพืชตระกูลถั่วที่ปลูกง่าย ไถกลบเมื่อถั่วพุ่มอายุประมาณ 45-60 วัน เหมาะจะปลูกในพื้นที่นาดอน ให้น้ำหนักสด (เป็นปุ๋ยอินทรีย์) ประมาณ 1.6-2 t/rai ให้ธาตุไนโตรเจนคิดเทียบเป็นปุ๋ยยูเรียประมาณ 10-20 kg/rai มีไนโตรเจน 2.00-2.89 % ฟอสฟอรัส 0.50-0.58 % และโพแทสเซียม 2.50-3.51 %

2.2.4 ถั่วเขียว

ถั่วเขียว จัดเป็นพืชไร่ที่นำส่วนของเมล็ดมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นการนำมาประกอบอาหารหรือของหวาน การแปรรูปเป็นวุ้นเส้น การเพาะเป็นถั่วงอก การนำไปผสมอาหารสัตว์ เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันมีการปลูกมากในพื้นที่ต่าง ๆ ทั้งส่งเข้าโรงงานแปรรูป ส่งออกต่างประเทศ และนำมาจำหน่ายบริโภค

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Phaseolus aureus Roxb.*

ชื่อวงศ์ : Papilionaceae

ชื่อสามัญ : Mung bean, Mungo, Mongo bean, Green bean

ชื่ออื่น ๆ : ถั่วมุม (ภาคเหนือ) ถั่วจิม (เชียงใหม่) ถั่วดำ ถั่วเขียว ถั่วทอง (ไทย-ภาคกลาง)

ถิ่นกำเนิด : ในประเทศอินเดีย และในเอเชียกลาง (อภิรักษ์ หลักชัยกุล และคณะ. 2551)

2.2.4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ราก เป็นระบบรากแก้ว (Tap root system) เหมือนกับถั่วเหลือง และมีรากแขนง (Lateral root) เจริญแตกออกมาจากรากแก้ว รากของถั่วเขียวมักหยั่งลึก และแตกรากแขนงปริมาณมาก ทำให้ถั่วเขียวเติบโตได้เร็ว ในดินที่มีความชื้นมักจะพบปมของเชื้อแบคทีเรียไรโซเบียม (*Rizobium* sp.) บริเวณราก ทำหน้าที่ช่วยตรึงไนโตรเจน

ลำต้น มีลักษณะลำต้นตั้งตรง แตกกิ่งก้านเป็นพุ่ม ความสูงทรงพุ่มประมาณ 30-150 cm ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์ ลำต้นเป็นเหลี่ยม มีขนอ่อนปกคลุม ทั้งนี้ถั่วเขียวบางสายพันธุ์อาจมีลักษณะลำต้นเลื้อย

ใบ ใบเลี้ยง (Cotyledon) เป็นใบแรกหลังการงอก ส่วนใบจริงคู่แรก (Unifoliate leaves) ที่มี 2 ใบ เป็นใบที่เกิดจากใบเลี้ยง เมื่อโตสักระยะจะเป็นใบประกอบ 3 ใบ (Trifloliate leaves) เกิดสลับบนต้น และใบหนึ่งๆจะประกอบด้วยใบย่อย (Leaflet) จำนวน 3 ใบ ก้านใบ (Petiole) บริเวณฐานมีหูใบ (Stipule) 2 อัน

ดอก มีลักษณะเป็นช่อ (Inflorescence) เกิดขึ้นบริเวณมุมใบด้านบนบริเวณปลายยอดและกิ่งก้าน ช่อดอกประกอบด้วยก้านดอก (Peduncle) ยาว 2-13 cm เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 cm ดอกเกิดเป็นกลุ่ม จำนวนดอกประมาณ 10-15 ดอก สีดอกมีหลายสี เช่น สีเหลือง สีขาว และสีม่วง

ฝักและเมล็ด ฝักมีลักษณะกลมยาว สีเขียว ปลายโค้งงอเล็กน้อย โดยเฉพาะถั่วเขียวผิวมัน ส่วนถั่วเขียวผิวดำฝักจะตรง และสั้นกว่าถั่วเขียวผิวมัน เมื่อแก่จะมีสีน้ำตาลจนถึงสีดำตามอายุและขึ้นอยู่กับพันธุ์ ฝักจะมีเมล็ดประมาณ 10-15 เมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด ประมาณ 2-8 g

2.2.4.2 ประโยชน์ของถั่วเขียว

ปลูกเพื่อใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าว ก่อนการปลูกข้าวประมาณ 45-60 วัน แล้วไถกลบถั่วเขียวที่อายุประมาณ 40-50 วัน ให้ธาตุไนโตรเจนประมาณ 10-20 kg/rai มีไนโตรเจนประมาณ 1.50-2.74 % ฟอสฟอรัส 0.30-0.66 % และโพแทสเซียม 3.00-3.46 %

2.2.5 ถั่วเหลือง

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Glycine max* (L.) Merrill

วงศ์ : Leguminosae

ชื่อสามัญ : Soybean

2.2.5.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ราก เป็นระบบรากแก้ว (Tap root system) ถ้าดินร่วนรากแก้วอาจหยั่งลึกถึง 0.50-1.00 m แต่ถ้าผิวดินตื้นจะสังเกตเห็นรากแก้วไม่ชัดเจน และทำให้มีรากแขนง (Lateral root) มากขึ้น โดยทั่ว ๆ ไประบบรากจะอยู่ในความลึก 30-45 cm จากระดับผิวดิน บริเวณรากจะพบปม (Nodule) ซึ่งเกิดจากแบคทีเรียพวก *Rhizobium japonicum* เข้าไปอาศัยอยู่ แบคทีเรียจะได้รับคาร์โบไฮเดรตจากต้นถั่วเหลือง และถั่วเหลืองก็จะได้ไนโตรเจนในรูปไนเตรตที่แบคทีเรียตรึงได้จากอากาศไปใช้ประโยชน์ต่อไป การอยู่อาศัยของแบคทีเรียที่รากเรียกว่าเป็นแบบชีวสัมพันธ์ (Symbiosis) หรือพึ่งพาอาศัยกัน

ลำต้น ถั่วเหลืองที่ปลูกกันเป็นการค้า ส่วนมากมีลำต้นตรงเป็นพุ่มตรง มีการแตกแขนงค่อนข้างสูง มีความสูงประมาณ 30-150 cm ความสูงขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความชื้น และฤดูปลูก อาจแบ่งถั่วเหลืองออกได้เป็น 2 พวกตามวิธีการเจริญเติบโตคือ

ชนิดทอดยอด (Indeterminate type) ช่อดอกไม่เกิดที่ยอดของลำต้น (Main stem) แต่เกิดตามมุมใบ จึงทำให้ยืดการเจริญของยอดถั่วไปได้อีกระยะหนึ่ง ภายหลังจากมีการออกดอกแล้ว พันธุ์พวกนี้จะมีปลายเรียว ยาว ทำให้ต้นหยุดเจริญเติบโตเมื่อเริ่มติดฝัก

ชนิดไม่ทอดยอด (Determinate type) ช่อดอกเกิดที่ยอดของลำต้นเป็นกลุ่ม

ถั่วเหลืองส่วนมากมีขนสีน้ำตาลหรือสีเทาปกคลุมอยู่ทั่วไป เช่น ตามลำต้น ก้านใบ ใบกลีบเลี้ยง ผล ยกเว้นที่ใบเลี้ยงเท่านั้นที่ไม่มีขน ระหว่างมุมของใบเลี้ยงหรือใบจริงจะพบตา (Bud) ซึ่งจะเจริญเป็นกิ่ง ดอก หรืออยู่ในระยะพักตัว (Dormant) ก็ได้ ถ้าถั่วเหลืองกำลังเจริญเติบโต ตามักจะเกิดเป็นกิ่ง แต่ถ้าใช้ระยะปลูกแคบ ตาจะพักตัว ถ้าใช้ระยะปลูกกว้างก็อาจมีกิ่ง 5-6 กิ่งต่อต้น ส่วนใหญ่ตาที่มุมใบเลี้ยงไม่เจริญ นอกจากลำต้นที่อยู่เหนือใบเลี้ยงได้รับอันตราย เช่น ถูกแมลงกัด ตาที่มุมใบเลี้ยงจึงจะแตกออกเป็นลำต้นใหม่

ใบ ใบเกิดแบบสลับ (Alternate) บนลำต้น ยกเว้นใบเลี้ยง (Cotyledon) และใบจริงคู่แรก (Primary leaf) ของต้นอ่อนเท่านั้นที่เกิดตรงข้ามกัน ใบจริงคู่แรกเป็นใบเดี่ยว (Simple leaf) แต่ใบที่เกิดต่อ ๆ มาเป็นใบรวม (Compound leaves) ใบมีขนาดรูปร่างต่าง ๆ กัน มักเป็นแบบ Pinnately trifoliate คือ มีใบย่อย 3 ใบ มีก้านใบรวม (Petiole) ยาว 5-10 cm ก้านของใบย่อย (Petiolule) ของใบกลางยาวกว่าก้านของใบย่อยอีก 2 ใบ ตรงโคนก้านใบทุกชนิดมีข้ออ่อนเรียก Pulvinus ใบมีรูปร่างหลายแบบเช่นรูปไข่ (Ovate) จนถึงเรียวยาว (Lanceolate) ใบมีขนสีเทาหรือสีน้ำตาลปกคลุมอยู่

ทั่วไป ที่โคนของใบย่อยมีหูใบย่อย (Stipel) และที่โคนก้านใบจะมีหูใบ (Stipule) พันธุ์ส่วนมากใบจะร่วงเมื่อผลเริ่มแก่ เมื่อผลแก่เต็มที่ใบจะร่วงหมด มีบางพันธุ์เท่านั้นที่ไม่สลัดใบเมื่อผลแก่เต็มที่

ดอก ถั่วเหลืองมีดอกเป็นช่อ (Inflorescence) มีช่อดอกแบบ Raceme ดอกมีสีขาวหรือสีม่วง สีขาวเป็นลักษณะด้อย (Recessive) เมื่อดอกบานเต็มที่จะมีขนาดประมาณ 3-8 mm ดอกเกิดตามมุมของก้านใบหรือที่ยอดของลำต้น ช่อดอกหนึ่งๆ มีดอกตั้งแต่ 3-15 ดอก ช่อดอกที่เกิดบนยอดของลำต้น มักจะมีจำนวนดอกในช่อมากกว่าช่อดอกที่เกิดตามมุมใบ

ฝัก เกิดเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 2-10 ฝัก มีขนสีเทาหรือสีน้ำตาลปกคลุมอยู่ทั่วไป ฝักมีความยาว 2-7 cm แต่ละฝักมีเมล็ด 1-5 เมล็ด แต่ส่วนใหญ่มี 2-3 เมล็ด เมื่อสุกฝักจะมีสีน้ำตาล ฝักอาจแตกซึ่งทำให้เมล็ดร่วง

เมล็ด มีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ กัน เมล็ดขนาดเล็กจำนวน 100 เมล็ดมีน้ำหนักประมาณ 2 g เมล็ดขนาดใหญ่ 100 เมล็ดมีน้ำหนักประมาณ 40 g โดยทั่วไปเมล็ดมีน้ำหนัก 12-20 g รูปร่างมีตั้งแต่กลมรีจนถึงยาว อาจมีสีเหลือง เขียว น้ำตาล และดำ (สถาบันวิจัยและพัฒนาที่สูง. 2553)

2.2.5.2 ประโยชน์ของถั่วเหลือง

สามารถปลูกเป็นพืชปุ๋ยสดได้ในขณะที่ออกดอกหรือฝักอ่อนที่เมล็ดยังไม่แก่ ซึ่งให้น้ำหนักสด 600-1,400 kg/rai หรือไถกลบหลังจากการเก็บเกี่ยวเมล็ดแล้ว ให้ปริมาณธาตุไนโตรเจน 2-5 t/rai มีไนโตรเจนประมาณ 1.50-2.74 % ฟอสฟอรัส 0.30-0.66 % และโพแทสเซียม 3.00-3.46 %

2.2.6 โสนอัฟริกัน

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Sesbania rostrata* Brem. And Oberm.

วงศ์ : Leguminosae

2.2.6.1 ลักษณะพฤกษศาสตร์

โสนอัฟริกันเป็นพืชวันสั้นไวแสงจะออกดอกเมื่อช่วงแสงต่ำกว่า 12-12.5 hr เป็นทั้งไม้ล้มลุกและไม้พุ่มขนาดกลาง

ลำต้น เดี่ยวตั้งตรงมีกิ่งก้านมาก ลักษณะพิเศษที่แตกต่างจากโสนอื่น ๆ คือ นอกจากมีปมรากแล้วยังมีปมที่ต้นอีก โดยปมที่ต้นจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรึง ไนโตรเจนในอากาศ ต้นสูง ประมาณ 2-3 m

ใบ เป็นใบประกอบ ปลายใบย่อยมีลักษณะมน

ดอก มีสีเหลืองช่อดอกแบบ Raceme ช่อดอกจะอยู่ที่ปลาย ยอดตามโคนกิ่ง แต่ละช่อดอกจะมี 7-10 ดอก

ผล เรียกว่า ฝัก ช่อหนึ่งจะมี 3-8 ฝัก มีลักษณะกลมยาวประมาณ 15-25 cm กว้างประมาณ 0.5 cm เมล็ดค่อนข้างเล็กยาวประมาณ 0.4 cm หนึ่งฝักจะมีเมล็ดประมาณ 11-17 เมล็ด

น้ำหนักเมล็ด 1 kg มี 12,000-14,000 เมล็ด สีเมล็ดมีตั้งแต่สีเขียว สีเหลือง สีน้ำตาลเหลือง สีน้ำตาลไหม้และสีน้ำตาลดำ (บุศรา ลิ้มนิรันดร์ และ จำลอง โพธาเจริญ. 2550)

2.2.6.2 ประโยชน์ของโสนอัฟริกัน

ปลูกเพื่อใช้เป็นพืชปุ๋ยสดในนาข้าวเตรียมดินแล้วหว่าน หรือโรยเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยน้ำร้อน กรดกำมะถัน (เข้มข้น) หรือน้ำเย็นเรียบร้อยแล้วในอัตรา 5-7 kg/rai ก่อนการปลูกหรือปักดำข้าวอย่างน้อย 2 เดือน แล้วไถกลบโสนอัฟริกันที่อายุประมาณ 50-70 วัน ให้น้ำหนักสด 2-4 t/rai มีปริมาณไนโตรเจนสะสมในพืช 12-20 kg N/rai

2.2.7 กระถินณรงค์

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Acacia auriculaeformis* Cunn.

วงศ์ : Leguminosae

ชื่อสามัญ : Wattle

2.2.7.1 ลักษณะพฤกษศาสตร์

เป็นไม้ต้นขนาดกลาง สูง 4-15 m อาจสูงได้ถึง 30 m เรือนยอดแผ่กว้าง ทรงพุ่ม มีใบและกิ่งก้านหนาแน่น ลำต้นมีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลดำ เปลือกแตกตามยาวไม่เป็นระเบียบ กิ่งอ่อนสีเขียว แบน ไม่มีหนาม มักห้อยลง

ใบ เป็นใบประกอบแบบขนนกสองชั้นเมื่อยังเป็นกล้าอยู่ และร่วงไปเมื่อเจริญขึ้นเหลือเพียงก้านใบแล้วแปรสภาพเป็นแผ่นคล้ายใบ เรียงสลับถี่และห่างกันเป็นระยะ ๆ เมื่อกิ่งแก่ระยะจะเท่ากันหมด ก้านคล้ายใบรูปขอบขนาน กว้าง 1-6 cm ยาว 8-20 cm ปลายเรียวแหลมทั้ง 2 ด้าน โค้งเป็นรูปเคียว แผ่นใบหนาเรียบ มีเส้นจางๆ ตามยาว 3-4 เส้น

ช่อดอกแบบช่อแยกแขนง ออกเป็นคู่ ๆ ตามซอกใบและปลายกิ่ง ยาว 4-10 cm ช่อหนึ่ง ๆ ประกอบด้วยดอกเล็ก ๆ เป็นกระจุกจำนวนมาก ไม่มีก้านดอก กลีบเลี้ยง 5 กลีบ โคนติดกัน ปลายแยกจากกัน กลีบดอก 5 กลีบ โคนติดกัน ปลายแยกเป็น 5 กลีบ โค้งกลับลง เกสรเพศผู้มีจำนวนมาก สีเหลือง เมื่อดอกบานจึงทำให้เห็นช่อดอกมีสีเหลืองและมีกลิ่นหอม

ฝัก มีลักษณะแบน กว้าง 1-1.3 cm บิดม้วนเป็นวงกลม 1-3 วง ฝักอ่อนสีเขียวและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เมื่อแก่แตกออกทั้ง 2 ด้าน มี 5-12 เมล็ด เมล็ดเล็ก สีน้ำตาลดำ เป็นมัน (มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา. 2558)

2.2.7.2 ประโยชน์ของกระถินณรงค์

นิยมนำใบมาใส่ในแปลงนา เพื่อทำเป็นปุ๋ยพืชสด ให้ปริมาณธาตุไนโตรเจน 1.58 % ฟอสฟอรัส 0.10 % และโพแทสเซียม 0.40 %

2.3 จุลินทรีย์ดิน (Soil microorganisms)

จุลินทรีย์ที่พบในดิน มีทั้งแบคทีเรีย แอคติโนมัยซีท ฟังไจ ไซยาโนแบคทีเรีย และโปรโตซัว โดยปริมาณจุลินทรีย์ที่มีประมาณ 10^8-10^9 Colony forming unit (CFU) ต่อดิน 1 g โดยแบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์กลุ่มที่พบมากที่สุดในดิน บทบาทของจุลินทรีย์ในดินคือ เป็นผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์และปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืช และสิ่งมีชีวิตอื่น จึงเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงวัฏจักรของธาตุอาหารในดิน ทั้งวัฏจักรคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และธาตุอื่น ๆ (Sylvia *et al.* 2005) นอกจากนั้นจุลินทรีย์ยังมีบทบาทต่อสมบัติทางกายภาพของดินด้วย การที่จุลินทรีย์สามารถบ่งชี้สมบัติของดินได้ เนื่องจากจุลินทรีย์มีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้เร็วกว่าสิ่งมีชีวิตอื่น มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงกว่าสิ่งมีชีวิตกลุ่มอื่น ๆ โดยที่การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพบางอย่างในดินที่วิเคราะห์ไม่สามารถบอกสมบัติของดินได้ (Das and Varma. 2011)

2.3.1 ประเภทของจุลินทรีย์

2.3.1.1 แบคทีเรีย

แบคทีเรียในดินพบอยู่เป็นอิสระได้น้อยมากเพราะเซลล์ยึดเกาะกับอนุภาคของดินหรือฮิวมัสเอาไว้ แบคทีเรียบางชนิดยังสร้างสารเมือกมาช่วยยึดเกาะอีกด้วย แบคทีเรียที่พบมีชนิดและปริมาณที่แตกต่างกันไปตามอินทรียสารในดิน เช่น ในดินที่มีการเพาะปลูกพืช มีแบคทีเรียมากกว่าในดินที่ไม่มีการเพาะปลูกเพราะดินที่มีการเพาะปลูกได้รับอินทรียสารต่าง ๆ ที่รากขับออกมาในปริมาณมาก สารเหล่านี้แบคทีเรียนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญและเพิ่มจำนวนต่อไป เชื้อแบคทีเรียที่มักพบในดิน ได้แก่ *Agrobacterium Bacillus Clostridium Flavobacterium Pseudomonas Sarcina* และ *Xanthomonas* เป็นต้น โดยแบคทีเรียจะมีส่วนเข้าไปเกี่ยวข้องกับวัฏจักรของสารผ่านปฏิกิริยา เช่น โพทีโอไลซิส แอมโมนิฟิเคชัน ไนตริฟิเคชัน และไนเตรทรีดักชัน

2.3.1.2 รา

ราพบในดินมี หลายร้อยชนิด อาศัยอยู่บริเวณผิวหน้าดิน เพราะเจริญได้ในที่มีออกซิเจน ราที่พบอาจอยู่ในรูปของสปอร์หรือเส้นใย ส่วนจำนวนและชนิดที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรดด่าง ชนิดของดิน และความลึกของดิน บางครั้งอาจพบเส้นใยอยู่รวมกับอนุภาคของสารต่าง ๆ ในดิน อาจยึดเกาะกัน และแทรกเข้าไปในเนื้อดิน บางชนิดเจริญข้างในหรือด้านบนของอนุภาคอินทรียสาร เป็นต้น โดยราสามารถเจริญได้รวดเร็วในดินที่มีส่วนประกอบของพืชอยู่ด้วย เช่น เซลลูโลส หรือลิกนิน บทบาทของราในดินคือ ช่วยย่อยอินทรียวัตถุให้แก่ดิน เป็นการเพิ่มสารประกอบพวกคาร์บอน และไนโตรเจน แล้วยังช่วยให้ดินมีการอุ้มน้ำดีขึ้น เนื่องจากทำให้อนุภาคของดินขนาดเล็ก ๆ รวมตัวกัน ราบางชนิดมีความสามารถในการอาศัยอยู่ร่วมกันกับรากพืชได้ซึ่งเรียกว่า *Mycorrhiza* ช่วยสลายธาตุอาหารให้แก่พืช เป็นตัวกลาง

ในการส่งต่อธาตุอาหารให้แก่พืช และช่วยทำให้รากพืชที่ผิวมีการดูดใช้ธาตุอาหาร (Absorbing surface) ได้มากขึ้น

2.3.1.3 แอคติโนมัยซีท

แอคติโนมัยซีท มีเส้นใยแตกแขนงเป็นกิ่งก้าน แอคติโนมัยซีทแพร่กระจายเป็นจำนวนมากในแหล่งที่มีการเน่าเปื่อยของอินทรียวัตถุตลอดจนในสิ่งขับถ่ายจากสัตว์ พบมากบริเวณผิวหน้าดินเพราะต้องการออกซิเจนในการเจริญ แอคติโนมัยซีทเจริญได้ดีในดินที่เป็นด่าง การดำรงชีวิตส่วนมากเป็นแซโพรไฟท์ แต่บางชนิดเป็นปรสิต ทำให้เกิดโรคกับพืชและสัตว์อื่น ๆ ได้ แอคติโนมัยซีทที่พบในดิน ได้แก่ *Streptomyces Nocardia* และ *Streptosporangium* เป็นต้น บทบาทของแอคติโนมัยซีทในดินคือ ทำหน้าที่ย่อยสลายสารประกอบที่ซับซ้อนในเนื้อเยื่อพืช และทำให้สารเหล่านี้เปลี่ยนเป็นสารที่มีโมเลกุลเล็ก ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ช่วยควบคุมสมดุลของจุลินทรีย์ในดิน โดยสร้างสารปฏิชีวนะและเอนไซม์ทำลายแบคทีเรีย (Sylvia *et al.* 2005)

2.3.2 การดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ในดิน

การเจริญเติบโตและเพิ่มประชากรของจุลินทรีย์ดินขึ้นกับปัจจัย 2 ประการ คือ

2.3.2.1 ปริมาณและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร มีอิทธิพลมากที่สุดต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์

2.3.2.2 ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม ได้แก่ การระบายอากาศ ความชื้น และความเป็นกรดด่างในดิน เป็นต้น

ดินในการเกษตรมักขาดอินทรียวัตถุ ซึ่งเป็นอาหารของจุลินทรีย์ กิจกรรมส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณรากพืช (Rhizosphere) ในช่วงที่ขาดอาหาร จุลินทรีย์บางชนิดจะมีการพักตัวหรือลดระดับเมแทบอลิสซึมในเซลล์ เป็นรูปแบบการดำรงชีวิตในสภาวะขาดแคลนอาหาร (Oligotrophy)

1) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ดิน

1.1) อุณหภูมิของดิน เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ในดิน โดยทั่วไปพบแบคทีเรียพวกที่เจริญเติบโตได้ในอุณหภูมิปานกลาง (Mesophile) เป็นส่วนใหญ่ แต่พวกจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ในอุณหภูมิต่ำ (Psychrophile) หรือพวกจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ในอุณหภูมิสูง (Thermophile) จะพบได้น้อยหรือไม่พบเลย จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในดินชอบอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญประมาณ 25-35 C^{o} ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่านี้จะมีผลต่อเมตาบอลิซึมของเซลล์ โดยเฉพาะมีผลต่อกระบวนการหายใจ คือ ในที่อุณหภูมิต่ำ ๆ อัตราการหายใจลดลง ส่วนในที่อุณหภูมิสูงเกินไปทำให้อัตราหายใจลดลง และหยุดเจริญเมื่ออุณหภูมิสูงมาก ๆ เป็นผลเนื่องจากเอนไซม์ในเซลล์ถูกทำลาย การหยุดชะงักของกระบวนการหายใจดังกล่าวนี้ เป็นผลทำให้การย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินหยุดชะงักไปด้วย นอกจากนี้ยังพบว่า ดินมีคุณสมบัติที่สำคัญ

สามารถดูดซับความร้อนไว้ได้อย่างรวดเร็ว ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นในเวลากลางวัน ถ้าการระบายความร้อนของดินไม่ดีพอ จะส่งผลต่อเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ได้

1.2) ความชื้นของดิน มีผลต่อการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์อย่างมาก ในดินที่แห้งแล้งหรือมีปริมาณความชื้นต่ำ เป็นผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์หยุดชะงักหรือถูกยับยั้ง ในดินที่มีปริมาณความชื้นมากเกินไป เช่น ดินที่มีน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน ๆ ทำให้จุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีในสภาวะที่มีออกซิเจนถูกทำลายหรือเจริญได้อย่างช้า ๆ แต่สปอร์ยังคงดำรงชีวิตอยู่ได้ ส่วนจุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนจะเจริญอย่างรวดเร็ว ดังนั้นในดินที่น้ำท่วมขังจึงมีสารพิษที่เกิดจากการเจริญของจุลินทรีย์ต่าง ๆ มาก โดยเฉพาะไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งเป็นพิษต่อพืช แต่เมื่อปริมาณน้ำในดินลดลงและปริมาณออกซิเจนในดินเพิ่มมากขึ้น ทำให้จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโตสามารถเจริญและมีกิจกรรมได้รวดเร็ว

1.3) การถ่ายเทอากาศ จุลินทรีย์ในดินส่วนมากประมาณร้อยละ 90-95 เจริญได้ดีในสภาวะที่มีออกซิเจน โดยใช้ออกซิเจนเพื่อการหายใจและการออกซิไดซ์สารประกอบต่าง ๆ ทำให้การย่อยสลายหรือการเปลี่ยนแปลงของอินทรียวัตถุเป็นไปอย่างรวดเร็ว ในดินที่มีการหมุนเวียนของอากาศดีกิจกรรมของจุลินทรีย์จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ในทางตรงกันข้ามดินที่มีการถ่ายเทอากาศไม่ดี เช่น ดินที่มีเนื้อละเอียดเกินไป เช่น ดินเหนียว ดินที่มีน้ำท่วมขัง หรือดินบริเวณที่มีฝนตกชุก ทำให้เนื้อดินอัดแน่น อากาศในดินลดน้อยลง จนไม่เพียงพอต่อการเจริญของจุลินทรีย์ การย่อยสลายอินทรียวัตถุจึงเกิดอย่างช้า ๆ การถ่ายเทอากาศในดินนอกจากมีผลให้จุลินทรีย์ย่อยอินทรียวัตถุแล้ว ยังเกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจนจากอากาศของจุลินทรีย์ในดินอีกด้วย เพราะอากาศมีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ และทำให้จุลินทรีย์ในดินหรือในรากพืชตระกูลถั่วสามารถเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นสารประกอบไนเตรตได้รวดเร็ว

1.4) ความเป็นกรดด่างของดิน การเจริญของจุลินทรีย์ในดินแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความเป็นกรดด่างของดิน ในดินที่เป็นกรดทำให้ราเจริญได้ดี โปรโตซัว *Euglena mutabilis* เจริญได้ดีในดินที่ความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 1-3 สำหรับการเจริญของแอคติโนมัยซีท พบว่ามีค่าความเป็นกรดด่างเหมาะสมอยู่ระหว่าง 7-7.5 ถ้าอยู่ในดินที่เป็นกรดมาก ๆ จะหยุดชะงักการเจริญหรือตาย ส่วน *Azotobacter chroococcum* เจริญได้ในดินที่เป็นกลางหรือค่อนข้างเป็นด่าง แต่ไม่เจริญในดินที่มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 6 และ *Azotobacter indicus* เจริญได้ในดินที่มีค่าความเป็นกรดด่างมีค่าเท่ากับ 3 เป็นต้น ในปัจจุบันการเกษตรกรรมมีการปรับสภาพของดินให้เป็นกลาง ซึ่งเหมาะสมกับการเพาะปลูก เช่น เติมปูนขาว เพื่อลดความเป็นกรดของดิน ทำให้เชื้อรามีจำนวนลดลง แต่แบคทีเรียมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในดินที่ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมากเกินไป จะยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ เนื่องจากแบคทีเรียบางชนิดออกซิไดซ์แอมโมเนียให้เป็นกรดไนตริก และดินที่มีสภาพเป็นกรดเชื้อราเจริญได้ดี

2.3.3 บทบาทของจุลินทรีย์ดิน

2.3.3.1 จุลินทรีย์สามารถเพิ่มธาตุอาหารพืชในดิน กลุ่มจุลินทรีย์แปรสภาพไนโตรเจน ซึ่งผลิตเอนไซม์โปรตีเอส ย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในดิน ให้อยู่ในรูปของไนโตรเจนที่พืชนำไปใช้ได้ จุลินทรีย์ในดินที่มีบทบาทในการย่อยได้แก่ กลุ่มบาซิลลัส อาโธรแบคเตอร์ สเตรปโตมัยสีท แอสเพอร์จิลลัส ไนโตรแบคเตอร์ และไนโตรโซโมแนส นอกจากนี้จุลินทรีย์ในดินบางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่มีประโยชน์ต่อพืชได้ สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภทตามลักษณะความสัมพันธ์กับพืช ได้แก่ 1) แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่อยู่ร่วมกับพืชแบบพึ่งพาอาศัยกัน (Symbiosis N_2-fixing bacteria) เช่น เชื้อไรโซเบียมกับพืชตระกูลถั่ว 2) แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่อาศัยอยู่ร่วมกับพืชแบบอิสระ (N_2-Fixing associated bacteria) เช่น อะโซสไปริลลัมพบในพืชตระกูลหญ้า อ้อย ข้าวฟ่าง และข้าวโพด และ 3) แบคทีเรียที่อาศัยอยู่อย่างอิสระในดินและบริเวณรากพืช (Free-living N_2-fixing bacteria) เช่น อะโซโตแบคเตอร์ และไบเจอริงเคีย

2.3.3.2 จุลินทรีย์ที่ช่วยให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์กับพืช มี 2 กลุ่ม กลุ่มแรก คือ จุลินทรีย์แปรสภาพฟอสฟอรัส ที่สร้างกรดอินทรีย์หรือเอนไซม์แปรสภาพฟอสฟอรัสย่อยสารประกอบกลุ่มอินทรีย์ฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้ยังสามารถย่อยสารประกอบอนินทรีย์ฟอสฟอรัส เช่น หินฟอสเฟต หรือตะกอนของสารประกอบฟอสเฟต ซึ่งเกิดจากการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตอย่างต่อเนื่องแต่ถูกตรึงไว้ในดิน การใส่จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในดินได้ จุลินทรีย์แปรสภาพฟอสฟอรัสได้แก่ เชื้อแบคทีเรียในกลุ่มบาซิลลัส ซูโดโมแนสไธโอบาซิลลัส และเชื้อราในกลุ่มแอสเพอร์จิลลัสกับเพนนิซิลเลียม จุลินทรีย์ช่วยเพิ่มศักยภาพในการดูดซึมธาตุอาหารพืช ได้แก่ เชื้อราไมคอร์ไรซา ซึ่งมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกันกับรากพืชชั้นสูง โดยเชื้อราจะได้รับธาตุอาหารจากพืช และพืชก็ได้รับประโยชน์จากเชื้อราในการดูดน้ำและธาตุอาหารให้แก่พืช เชื้อราไมคอร์ไรซาที่พบโดยทั่วไปมี 2 ชนิดคือ เอ็คโตไมคอร์ไรซา ซึ่งจะสร้างเส้นใยอัดตัวแน่นรอบรากพืชคล้ายเป็นเปลือกรากอีกชั้นหนึ่ง และเอ็นโดไมคอร์ไรซา เป็นเชื้อราที่สร้างเส้นใยแบบหลวมๆ รอบรากพืช และบางส่วนเจริญเข้าไปในรากและสร้างเป็นโครงสร้างแตกแขนง เรียกว่า อาร์บัสคูล และแบบกลมคล้ายรูปไข่ เรียกว่า เวสิเคิล การใช้เชื้อราประเภทนี้นิยมใช้กับพืชยืนต้น เพื่อช่วยให้พืชดูดธาตุอาหารได้ง่ายขึ้น ช่วยให้ความชุ่มชื้น ช่วยควบคุมโรคพืช และลดความเป็นพิษของสารเคมีและโลหะหนักในดิน

2.3.3.3 จุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช หรือ พีจีพีอาร์ (Plant Growth Promoting Rhizobacteria; PGPR) เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินรอบรากพืช และช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช โดยการสร้างสารกระตุ้นการเจริญของพืช เช่น ซิเดอร์โรฟอร์ ช่วยเพิ่มการนำธาตุเหล็กเข้าสู่เซลล์พืช โดยการแย่งจับธาตุเหล็กบริเวณรอบรากพืช ทำให้เชื้อราโรคพืชไม่สามารถนำธาตุเหล็กไปใช้ได้ นอกจากนี้เชื้อจุลินทรีย์ยังสามารถสร้างฮอร์โมนพืช เช่น ฮอร์โมนกลุ่มออก

ซิน ซึ่งกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการเปลี่ยนสภาพของเซลล์ สร้างเอนไซม์ไคติเนส และลามินาริเนส ย่อยเส้นใยเชื้อราโรคพืช สร้างสารปฏิชีวนะที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ เชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในกลุ่มพีจีพีอาร์ ได้แก่ อะโซสไปริลลัม สเตรปโตมัยสีท บาซิลลัส ซูโดโมแนส และไตรโคเดอร์มา เป็นต้น

2.3.4 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของอินทรียวัตถุ

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของอินทรียวัตถุ ได้แก่ จุลินทรีย์จำพวกที่ได้รับแหล่งพลังงานและคาร์บอนจากอินทรียวัตถุหรืออินทรียสาร จุลินทรีย์กลุ่มนี้มีอยู่ในดินเป็นจำนวนมาก โดยจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีเอนไซม์แตกต่างกันไป บางชนิดมีเอนไซม์หลายชนิดที่สามารถย่อยอินทรียสารได้ แต่จุลินทรีย์บางชนิดมีเอนไซม์ที่จำกัด ดังนั้นเมื่อมีอินทรียวัตถุผสมคลุกเคล้าลงไปในดินในระยะหนึ่ง จะมีจุลินทรีย์กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งหรือหลายกลุ่มเข้าทำการย่อยสลายและเจริญอยู่ต่อมาอีกระยะหนึ่งจะมีจุลินทรีย์อีกกลุ่มหนึ่งซึ่งอาจเหมือนหรือไม่เหมือนกับกลุ่มแรก ปกติจุลินทรีย์ที่ย่อยอินทรียวัตถุในดินโดยทั่วไป อาจแบ่งได้ 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1) จุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้หรือได้รับพลังงานและคาร์บอนจากอินทรียวัตถุที่ใส่ลงไปโดยตรง

2) จุลินทรีย์ที่ใช้อินทรียสารที่เกิดขึ้นระหว่างการสลายตัวของอินทรียวัตถุที่ใส่ลงไป

3) จุลินทรีย์ที่ใช้หรือได้รับพลังงานและคาร์บอนจากโพโตพลาสซึมของจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ 1 และ กลุ่มที่ 2

เมื่อใส่อินทรียวัตถุที่เป็นพืชที่ยังอวบน้ำอยู่ เช่น ปุ๋ยพืชสดลงไปในดิน จะมีจุลินทรีย์พวกแบคทีเรียเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว อาจมีปริมาณ 10^{10} เซลล์ต่อดินแห้ง 1 g ภายในสัปดาห์แรกหลังจากใส่ปุ๋ยพืชสด หลังจากนั้นปริมาณของแบคทีเรียจะลดลง แต่จะมีจุลินทรีย์จำพวกโปรโตซัวเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ราและแอคติโนมัยซีทอาจเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันในระยะหลังจาก 1 สัปดาห์ แต่เพิ่มขึ้นน้อยมาก ดังนั้นจึงอาจถือได้ว่า ราและแอคติโนมัยซีทมีบทบาทต่อการย่อยสลายอินทรียวัตถุที่ยังอวบน้ำอยู่ เช่น ปุ๋ยพืชสดน้อยมาก

2.3.5 เอนไซม์ในดิน

เอนไซม์ในดิน (Soil enzymes) คือ กลุ่มของเอนไซม์ที่อยู่ในดิน และมีบทบาทสำคัญต่อการรักษาระบบนิเวศในดินและสมบัติทางเคมีดิน เอนไซม์ที่ใช้ในการบ่งชี้ความสมบูรณ์และสุขภาพดินเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมของจุลินทรีย์ เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรของสารภายในดิน ได้แก่ วัฏจักรคาร์บอน คือ ดีไฮโดรจีเนส เบต้ากลูโคซิเดส และเซลลูเลส วัฏจักรไนโตรเจน คือ ยูรีเอส และโปรติเอส ส่วนเอนไซม์ฟอสฟาเตสจะเกี่ยวข้องกับวัฏจักรของฟอสฟอรัส (ตารางที่ 2.1) (Das and Varma. 2011)

ตารางที่ 2.1 เอนไซม์ดินที่ใช้บ่งบอกความสมบูรณ์ของดิน

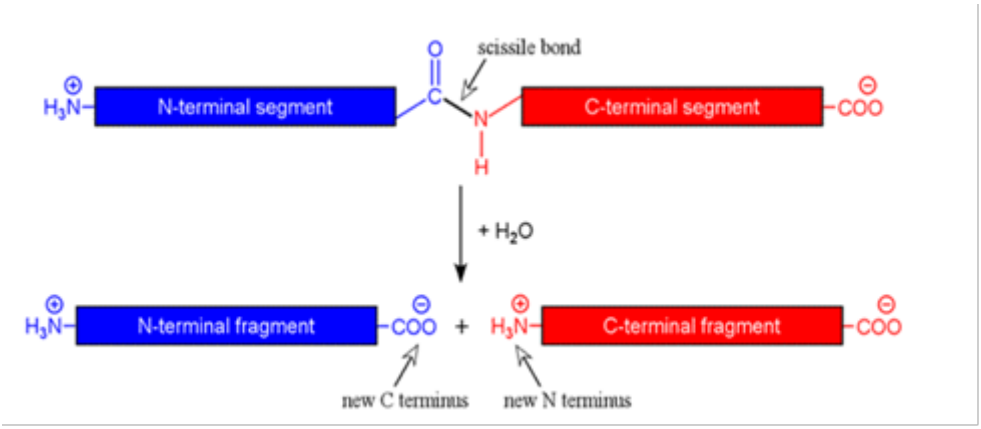
เอนไซม์ในดิน	ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้อง	กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่บ่งชี้
เซลลูเลส	การย่อยสลายเซลลูโลส	วัฏจักรคาร์บอน
ยูรีเอส	การย่อยสลายยูเรีย	วัฏจักรไนโตรเจน
ฟอสฟาเตส	ปลดปล่อยฟอสเฟต	วัฏจักรฟอสฟอรัส

ที่มา : Das and Varma. (2011)

โดยเอนไซม์เหล่านี้จะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ในดิน ทำให้เกิดการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาในดิน โดยแหล่งของเอนไซม์ภายในดินอาจมาจากจุลินทรีย์ พืช หรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อยู่ในดิน โดยดินที่ดีจะเกิดจากความสมดุลของสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพซึ่งรวมถึงเอนไซม์ด้วย (Das and Varma. 2011)

2.3.5.1 เอนไซม์โปรติเอส

เอนไซม์โปรติเอส (Proteases enzyme) เป็นเอนไซม์ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต พบได้ทั้งในพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ เนื่องจากเอนไซม์ชนิดนี้สามารถทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์โปรตีน และโพลีเปปไทด์ให้ได้เป็นกรดอะมิโนและเปปไทด์สายสั้น ๆ ดังแสดงปฏิกิริยาในภาพที่ 2.1 (Suryanarayana *et al.* 1998)



ภาพที่ 2.1 ปฏิกิริยาการย่อยสลายโปรตีนด้วยโปรติเอส

ที่มา : Suryanarayana *et al.* (1998)

1) ประเภทของโปรติเอส

1.1) เอกโซเปปติเดส (Exopeptidase) มีหน้าที่ในการสลายพันธะเปปไทด์จากปลายของสายเปปไทด์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท (Watson. 1979)

1.1.1) อะมิโนเปปติเดส (Aminopeptidases) เป็นเอนไซม์ที่สลายพันธะเปปไทด์จากปลายด้าน N-Terminal (-NH_2) ของสายเปปไทด์และได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดอะมิโนอิสระ ไดเปปไทด์ หรือไตรเปปไทด์โดยทั่วไปเป็นเอนไซม์จำพวก Intracellular enzymes พบได้อย่างกว้างขวางทั้งแบคทีเรียและรา เช่น *Escherichia coli Bacillus licheniformis Aspergillus oryzae* เป็นต้น

1.1.2) คาร์บอกซีเปปติเดส (Carboxypeptidases) เป็นเอนไซม์ที่สลายพันธะเปปไทด์ จากปลายด้าน C-Terminal (-COOH) ของสายเปปไทด์และได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดอะมิโนอิสระหรือไดเปปไทด์ซึ่งแบ่งออกเป็นกลุ่ม ขึ้นกับหมู่อะมิโนที่อยู่ในบริเวณเร่งของเอนไซม์ (Activesite)

1.2) เอนโดเปปติเดส (Endopeptidases) เป็นเอนไซม์ที่ย่อยสลายพันธะเปปไทด์ที่อยู่ด้านในของสายโพลีเปปไทด์ หรือโปรตีน ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ โดยอาศัยความแตกต่างของสภาวะในการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ (อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์. 2552)

1.2.1) ซีรินโปรติเอส (Serin protease) หรืออัลคาไลน์โปรติเอส (Alkaline protease) จะมีซีรินเรสซิดิวส์ (Serine residues) อยู่ที่บริเวณเร่งของเอนไซม์สามารถยับยั้งการทำงานโดยเติม Di-isopropyl fluphosphate (DIF) และ Phenylmethliufonyfluoride (PMSF) แต่จะทนต่อภาวะที่มี Ethylene diamine tetra acetic acid (EDTA) PMSF เข้มข้นเพียง 1 m*M* สามารถยับยั้งการทำงานของเอมไซม์โปรติเอสได้ ส่วนแคลเซียมอิออนช่วยให้เอนไซม์มีความเสถียรมากขึ้น เอนไซม์โปรติเอสชนิดนมีความเสถียรสูงสุดในช่วงค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0-9.0 พบได้ทั่วไปทั้งในแบคทีเรียและรา เอนไซม์โปรติเอสมีคุณสมบัติคล้ายกับทริปซินและไคโมรทริปซิน ในสัตว์และแบคทีเรีย สายพันธุ์ *Bacillus* พบอัลคาไลน์โปรติเอสเป็นส่วนใหญ่ อัลคาไลน์โปรติเอสเป็นที่รู้จักกันดีและนิยมใช้ในอุตสาหกรรมผลิตผงซักฟอก การฟอกหนัง และอุตสาหกรรมอาหาร และมีความสำคัญในทางเศรษฐกิจมากที่สุด (กัลยกร วงศ์กาฬสินธุ์. 2540) ตัวอย่างแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์อัลคาไลน์โปรติเอส เช่น *Bacillus* spp. GX6638 *Bacillus* spp. AH-101 และ *Desulfurococus mucosus* (*Streptomyces megasporu*)

1.2.2) ซิสเตอีนโปรติเอส (Cysteine protease) หรือไธออลโปรติเอส (Thiol protease) เป็นเอนไซม์ที่มีกรดอะมิโนซิสเตอีน อยู่ที่บริเวณเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ โดยสภาวะการทำงานที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วงของความเป็นกรดด่าง 6.0-7.5 จะเร่งปฏิกิริยาได้ดีเมื่อมีสารรีดิวซ์ (Reducing agent) ได้แก่ Hydrogencyanide (HCN) และสารประกอบที่มีหมู่ไธออล EDTA และเมอร์แคปโตเอทธานอล (Mercaptoethanol) ซิสเตอีนโปรติเอสสามารถถูกยับยั้งปฏิกิริยาได้ด้วยโลหะหนักและสารที่มีหมู่ซัลไฮดริล (Sulfhydryl) เช่น P-chloromercury benzoate (PCMB)

1.2.3) เมทัลโลโปรติเอส (Metallo protease) หรือนิวทัลโปรติเอส (Neutral protease) เป็นเอนไซม์ที่มีอะตอมของโลหะอยู่ในโครงสร้างซึ่งมักจะเป็นสังกะสี (Zn) หรือเหล็ก

(Fe) น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 35,000-45,000 ดาลตัน สามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกับกรดอะมิโนไลซีน และมีสภาวะการทำงานที่เหมาะสมอยู่ในช่วงความเป็นกรดด่าง 7-8 ที่อุณหภูมิ 60 C^{o} เมทัลโลโปรติเอสจะมีความเสถียรเพิ่มขึ้นเมื่อมีแคลเซียมไอออนเป็นองค์ประกอบ และสามารถถูกยับยั้งปฏิกิริยาได้ด้วย EDTA เข้มข้น 10 m*M* เมทัลโลโปรติเอสจะรวมถึงเอนไซม์จากแหล่งต่าง ๆ เช่น คอลลาจิเนส (Collagenases) จากสิ่งมีชีวิตชั้นสูง สารพิษฮีโมราจิก (Hemorrhagic toxins) จากงูพิษ และเทอร์โมไลซิน (Thermolysin) จากแบคทีเรีย เนื่องจากมีความเสถียรต่ำ จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ค่อนข้างจำกัด แต่ก็พบว่ามีการนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น อุตสาหกรรมการฟอกหนัง ผลิตเบียร์ ขนมอบ และอุตสาหกรรมอาหาร ตัวอย่างเอนไซม์ในกลุ่มนี้ได้แก่ เทอร์โมไลซิน (Thermolysin) และนิวเทรส (Neutrase)

1.2.4) แอซิดโปรติเอส (Acid protease) หรือแอสปาร์ติกโปรติเอส (Aspartic protease) จะมีปฏิกิริยาจำเพาะกรดอะมิโนที่มีโซ่ข้าง (Side chain) เป็นวงอะโรมาติก (Aromatic amino acid) เช่น ไทโรซิน ทริปโตเฟน ฟีนิลอะลานิน เป็นต้น ถูกยับยั้งการทำงานด้วยสารจำพวกไดอะโซคีโตน (Diazoketone) แต่ไม่ถูกยับยั้งด้วยสารจำพวก EDTA และ DFP แอซิดโปรติเอสทำงานได้ดีในช่วงค่าความเป็นกรดด่างระหว่าง 3-4 มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 30,000-40,000 ดาลตัน เอนไซม์ในกลุ่มนี้นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น การหมักถั่วเหลือง ข้าวและธัญพืชเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตซีอิ๊ว เต้าเจี้ยว และเนยแข็ง

2.3.5.2 เอนไซม์ยูรีเอส

ยูรีเอสทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสยูเรียเป็นแอมโมเนียและกรดคาร์บามิค ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเองกับน้ำเพื่อสร้างกรดคาร์บอนิก (และสร้างแอมโมเนียอีกตัวหนึ่ง) ดังสมการ

$$(NH_2)_2CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + 2NH_3$$

ค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมของยูรีเอส คือ 7.4 การเปลี่ยนกรดคาร์บอนิกเป็นไบคาร์บอเนตทำให้เกิดสารละลายบัฟเฟอร์ แอมโมเนีย และไบคาร์บอเนตสามารถเชื่อมต่อและแยกตัวออกจากไฮโดรเจนไอออนอิสระได้เพียงพอที่จะทำให้ความเป็นกรดด่างของบริเวณโดยรอบค่อนข้างเป็นกลาง เอนไซม์ยูรีเอสเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในกระบวนการย่อยไนโตรเจน และการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ (Karine *et al.* 2018)

2.3.5.3 เอนไซม์เซลลูเลส

เป็นกลุ่มของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายเซลลูโลสโพลีแซคคาไรด์ที่มีการเชื่อมน้ำตาลกลูโคสด้วย β-1,4-Glycosidic lingkage ได้ผลผลิตเป็นน้ำตาลกลูโคส เซลโลไบโอส และโอลิโกแซคคาไรด์ โดยเซลลูโลสเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีมากที่สุดในโลก โดยเป็นองค์ประกอบของชีวมวลถึง 50 % ดังนั้นการเจริญและการมีชีวิตของจุลินทรีย์ในดินจะขึ้นอยู่กับ

แหล่งคาร์บอนที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นแหล่งของเอนไซม์เซลลูเลสในดินจะมาจากซากพืช และจุลินทรีย์ในดินคือ ฟังไจและแบคทีเรีย ดังนั้นสิ่งที่มีผลกระทบต่อจุลินทรีย์ในดินจะมีผลกระทบต่อเอนไซม์ด้วย (Klyosov. 1990)

1) องค์ประกอบของเอนไซม์เซลลูเลส

เอนไซม์เซลลูเลส ประกอบด้วยเอนไซม์ 3 กลุ่ม ที่ทำงานร่วมกัน คือ

1.1) เอนโดกลูคาเนส หรือเอนโด-บีต้า-1,4-กลูคาเนส ทำหน้าที่ย่อยโมเลกุลของเซลลูเลสในส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ (Amorphous) หรือย่อยอนุพันธ์ของเซลลูโลส เช่น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose) เซลลูโลสที่ผ่านการทำปฏิกิริยากับกรดฟอสฟอริก (Phosphoric swollen cellulose) ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (Hydroxyethyl cellulose) และเซลโลโอลิโกเมอร์ (Cellooligomers) โดยตัดย่อยเซลล์ที่ตำแหน่งพันธะบีต้า-1,4-ไกลโคซิดิกแบบสุ่ม (Random) ทำให้ผลิตภัณฑ์ผสมหลายชนิด คือ เซลโลโอลิโกแซคคาไรด์ (Cellooligo-saccharides) เซลโลเพนธาโอส (Cellopentaose) เซลโลไตรโอส (Cellotriose) เซลโลไบโอส (Cellobiose) และกลูโคส โดยจะได้ผลิตภัณฑ์หลักใดขึ้นอยู่กับสมบัติของแต่ละเอนไซม์

1.2) เอกโซกลูคาเนส หรือเอกโซ-1,4-กลูคาเนส หรือเอกโซบีต้า-1,4-กลูแคนกลูโค-ไฮโดรเนส หรือเอกโซบีต้า-1,4-เซลโลไบโอไฮโดรเนส พบว่ามักทำหน้าที่ร่วมกับเอนไซม์เอนโดกลูคาเนส ในการย่อยโมเลกุลของเซลลูโลส โดยการย่อยสลายเซลลูโลสจากปลายด้านที่ไม่มีน้ำตาลรีดิวซ์ (Non-reducing) ของเซลลูโลส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายส่วนใหญ่ คือ น้ำตาลเซลโลไบโอส

1.3) เอนไซม์บีต้า-1,4-กลูโคไซเนส เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยโมเลกุลของเซลโลไบโอส เซลโลโอลิโกแซคคาไรด์ ที่ละลายน้ำได้ให้เป็นน้ำตาลกลูโคส แต่ไม่สามารถย่อยสลายโมเลกุลซับซ้อนขนาดใหญ่ของเซลลูโลสได้โดยตรง กลไกการย่อยสลายโมเลกุลของเซลลูโลสทั้งในส่วนที่เป็นระเบียบ (Crystalline) และไม่เป็นระเบียบ (Amorphous) ให้เป็นน้ำตาลกลูโคสโดยเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน (พิจิตรา ตั้งเขื่อนขันธ์ และคณะ. 2548)

2.3.5.4 เอนไซม์ฟอสฟาเตส

ฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในรูปอนินทรีย์ถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์ฟอสฟาเตส ฟอสฟาเตสเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในดินเป็น Oxidoreductase ซึ่งมีบทบาทสำคัญในวัฏจักรฟอสฟอรัส เอนไซม์ฟอสฟาเตสในดินมี 2 กลุ่ม คือ

1) Acid phosphatase เป็นเอนไซม์ Lysosomal ที่ทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสอินทรีย์ฟอสเฟตที่ pH เป็นกรด

2) Alkaline phosphatase ทำหน้าที่ย้ายหมู่ฟอสเฟตจากโมเลกุลหลายชนิด เช่น นิวคลีโอไทด์ โปรตีนและอัลคาลอยด์ กระบวนการดึงหมู่ฟอสเฟตออกเรียกว่า ดีฟอสโฟริเลชัน

(Dephosphorylation) อัลคาไลน์ฟอสฟาเตสทำงานได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เป็นด่าง ค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมที่สุดของการทำงานของเอนไซม์อยู่ที่ 8.0 (Henneberry *et al.* 1979)

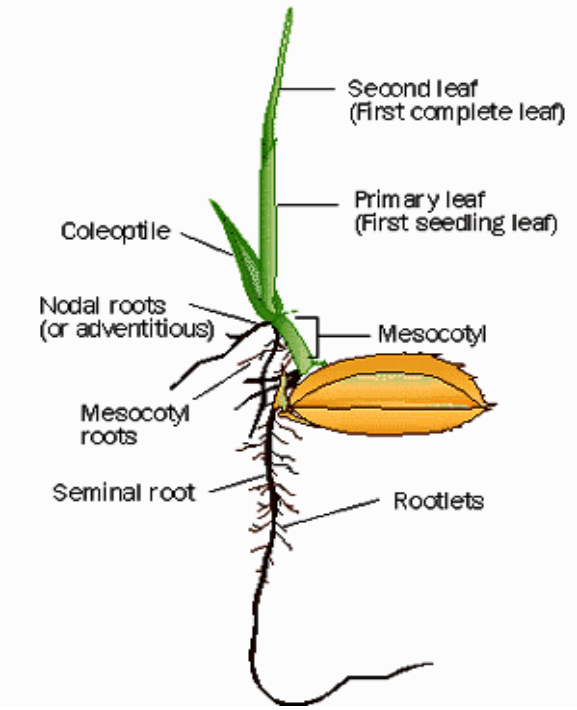
2.4 ข้าว

ข้าวเป็นพืชล้มลุกที่มีใบเลี้ยงเดี่ยว ข้าวที่ปลูกเป็นอาหารของมนุษย์มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ *Oryza sativa* ปลูกมากในเอเชีย และ *Oryza glaberrima* ปลูกมากในแอฟริกาตะวันตก ข้าวทั้งสองชนิดนี้แตกต่างกันที่ข้าวแอฟริกาไม่มีการแตกระแง้ที่สองจากระแง้แรกของรวงข้าว (คณาจารย์ภาควิชา พืชไร่นา. 2542) ในปัจจุบันข้าวเอเชียได้รับความนิยม และมีผู้นำไปปลูกแทนข้าวแอฟริกามากขึ้น ข้าวเอเชียที่ปลูกกันในปัจจุบันแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ ชนิดที่ 1 อินดิคา (Indica) เมล็ดยาวเรียว ผลผลิตค่อนข้างต่ำ ตอบสนองต่อปุ๋ยน้อย สามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี ปลูกมากในเขตร้อนของทวีปเอเชีย เช่น ไทย ฟิลิปปินส์ กัมพูชา และอินเดีย ชนิดที่ 2 จาปอนิคา (Japonica) เมล็ดป้อมสั้น ผลผลิตสูง ตอบสนองต่อปุ๋ยสูง ปลูกมากในเขตกึ่งร้อน หรืออบอุ่น เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี และจีนตอนเหนือ และชนิดที่ 3 จาวานิคา (Javanica) เมล็ดค่อนข้างป้อมอ้วน ผลผลิตต่ำ ปลูกมากในอินโดนีเซีย และพม่า (บุญหงส์ จงคิด. 2549)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Oryza sativa* L.
ชั้น : Angiospermae
ชั้นย่อย : Monocotyledonae
วงศ์ : Gramineae
สกุล : Oryza
ชนิด : sativa

2.4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ราก ระบบรากเป็นแบบรากฝอย (Fibrous root system) ประกอบด้วยรากที่พัฒนามาจากส่วนแรดิเคิล (Radicle) เรียกว่า Primary root หรือ First seedling root และรากที่แตกแขนงออกมาเรียกว่า Secondary root หรือ Lateral root รากที่เกิดจาก Scutellar node เรียกว่า Seminal root ส่วนรากที่เกิดจากข้อใต้ดินตั้งแต่ Coleoptilar node ขึ้นไป เรียกว่า Adventitious root (เรวัต เลิศฤทัยโยธิน. 2541)

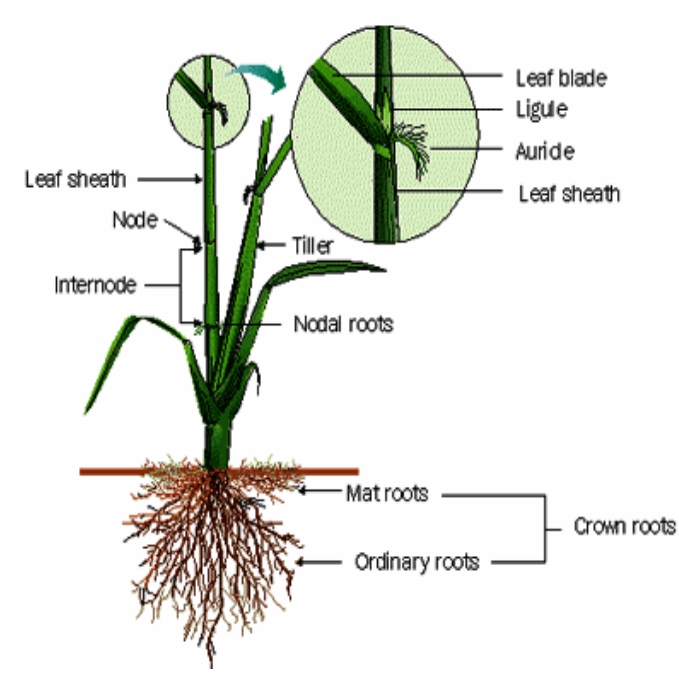


ภาพที่ 2.2 ต้นกล้าข้าว

ที่มา : เรวัต เลิศฤทัยโยธิน (2541)

ลำต้น (Haulm หรือ Culm) ประกอบด้วยข้อ (Node) และปล้อง (Internode) ข้อประกอบด้วย วงเจริญ (Growth ring) ปุ่มกำเนิดราก (Root primordia) ตา (Bud) และรอยกาบใบ (Leaf scar) ข้าวมีการแตกหน่อ (Tillering) ลำต้นหลัก เรียกว่า Main culm หน่อที่เจริญจาก Main culm เรียกว่า Primary tiller หน่อที่เจริญจาก Primary tiller เรียกว่า Secondary tiller และหน่อที่เจริญจาก Secondary tiller เรียกว่า Tertiary tiller ตามลำดับ

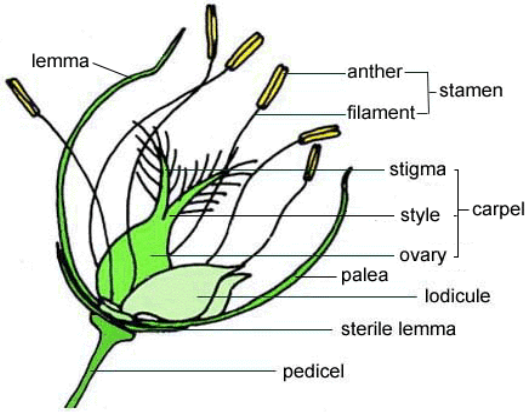
ใบ เป็นใบเดี่ยว (Simple leaf) ประกอบด้วย กาบใบ (Leaf sheath) และแผ่นใบ (Leaf blade) บริเวณรอยต่อระหว่างกาบใบและแผ่นใบ (Leaf collar) มีเยื่อกันน้ำหรือลิ้นใบ (Ligule) หูใบหรือเขี้ยวใบ (Auricle) ส่วนที่มีลักษณะคล้ายใบแต่ไม่มีเส้นกลางใบ เป็นสัน 2 สัน พบระหว่างหน่อหรือแขนงที่แตกจากลำต้นเรียกว่า Prophyllum



ภาพที่ 2.3 ลำต้นข้าว

ที่มา : เรวัต เลิศฤทัยโยธิน (2541)

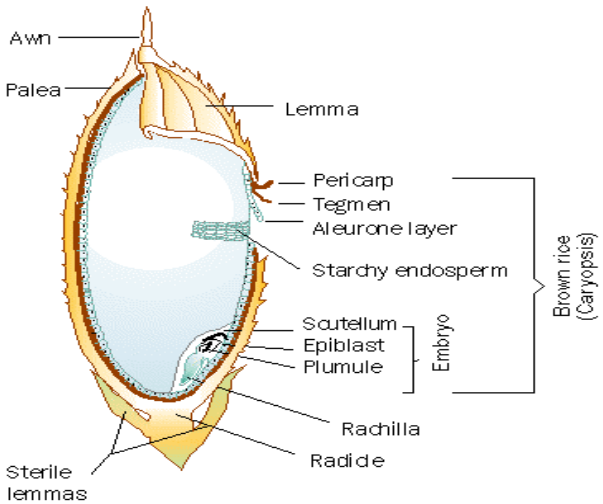
ช่อดอกและดอก ช่อดอกเป็นแบบ Panicle ปล้องสุดท้ายของลำต้น (Uppermost internode) เป็นก้านช่อดอก (Peduncle) แกนกลางช่อดอกเรียกว่า Rachis หรือ Panicle axis กิ่งที่แตกจาก Rachis เรียกว่า Primary branch และกิ่งที่แตกจาก Primary branch เรียกว่า Secondary branch ดอกข้าวเกิดเป็นกลุ่มเรียกว่า Spikelet ประกอบด้วย กลีบดอกที่หุ้ม Spikelet 2 กลีบ ได้แก่ กลีบด้านนอก (Outer glume) และกลีบด้านใน (Inner glume) แต่มองเห็นไม่ชัด (Rudimentary glume) ดอกประกอบด้วยดอกย่อย (Floret) 3 ดอก มีดอกย่อยเพียงดอกเดียวที่มีการเจริญ เรียกว่า Flowering glume ส่วนดอกย่อยที่ไม่เจริญเหลือเฉพาะส่วน Lemma เรียกว่า Sterile lemma หรือ Non-flowering glume หรือ Empty glume ดอกย่อยที่มีการเจริญประกอบด้วยกลีบดอกย่อยด้านนอก (Lemma) ที่มีเส้นตามความยาว 5 เส้น และกลีบดอกย่อยด้านใน (Palea) ที่มีเส้นตามความยาว 3 เส้น ดอกย่อยประกอบด้วยเกสรตัวผู้ (Stamen) ที่มีก้านชูละอองเกสรตัวผู้ (Filament) และอับละอองเกสรตัวผู้ (Anther) ส่วนเกสรตัวเมีย (Pistil) ประกอบด้วยรังไข่ (Ovary) ก้านชูเกสรตัวเมีย (Style) สั้น ปลายเกสรตัวเมีย (Stigma) แยกเป็น 2 แฉก มีลักษณะคล้ายขนนกเรียกว่า Plumose stigma และเยื่อรองรังไข่ (Lodicule) อยู่ที่ส่วนฐานของรังไข่



ภาพที่ 2.4 ส่วนประกอบของดอกข้าว

ที่มา : เรวัต เลิศฤทัยโยธิน (2541)

ผลและเมล็ด ผลหรือเมล็ดเป็นแบบ Caryopsis ประกอบด้วยเยื่อหุ้มผล (Pericarp) ติดอยู่กับส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด (Seed coat หรือ Testa) มีเปลือกหุ้มซึ่งเป็นส่วนของ Lemma และ Palea เรียกว่า Hull ผลของข้าวที่เก็บเกี่ยวมาเรียกว่า ข้าวเปลือก (Hulled เมล็ด) เมื่อแกะส่วนของเปลือกหุ้มออก เห็นเยื่อหุ้มผล และเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีสีน้ำตาล เรียกว่า ข้าวกล้อง (Brown rice เมล็ด) เมื่อขัดส่วนของเยื่อหุ้มสีน้ำตาลออกจะเป็นข้าวสาร (Kernel) ส่วนหัวของข้าวสารมีสีขาวขุ่น เรียกว่า จมูกข้าว หรือคัพภะ (Embryo) ที่เหลือเป็นเอนโดสเปิร์ม (Endosperm) คัพภะประกอบด้วยแรดิเคิล (Radicle) พลูมูล (Plumule) ใบเลี้ยงที่ไม่มีการพัฒนา (Epiblast) และเนื้อเยื่อที่กั้นระหว่างคัพภะกับเอนโดสเปิร์ม (Scutellum) บริเวณรอบนอกของเอนโดสเปิร์มมีชั้น Aleurone layer และส่วนสีขาวขุ่นที่ด้านท้องของเมล็ดด้านเดียวกับคัพภะ เรียกว่า ท้องปลาซิวหรือท้องไข่ (Abdominal white)



ภาพที่ 2.5 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว

ที่มา : เรวัต เลิศฤทัยโยธิน (2541)

2.4.2 ระยะการเจริญเติบโตและการพัฒนาของต้นข้าว

2.4.2.1 การเจริญเติบโตและพัฒนาทางลำต้น (Vegetative growth and development)

การเจริญเติบโตและพัฒนาทางลำต้นจะเริ่มตั้งแต่การงอกของเมล็ดจากคัพภะ (Emgryo) จนถึงระยะการให้กำเนิดช่อดอกหรือรวงอ่อน (Initiation of panicle primordium) แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

1) ระยะต้นกล้า (Seeding stage) คือ ระยะตั้งแต่ต้นข้าวเริ่มงอกจนถึงต้นข้าวอายุประมาณ 30 วัน ในระยะนี้เมื่อต้นข้าวเริ่มงอกจะมีรากแรกเกิด (Seminal root or radicle) แทงออกมาเป็นรากชุดแรก และต่อมาภายหลังจะมีรากชุดที่สองที่เรียกว่า รากแขนง (Lateral root) แตกออกมาจากข้อใต้ระดับดินของต้นข้าว เพื่อทดแทนรากชุดที่ 1 ที่จะสลายตัวไปในเวลาต่อมา ต้นข้าวในระยะกล้าจะพัฒนาใบขึ้นมาจนถึงใบที่ 5 ในระยะแรกของต้นกล้าจะมีการใช้สารอาหารจากส่วนแป้ง (Endosperm) ของเมล็ด ต่อมาเมื่อสารอาหารจากเมล็ดหมด ต้นกล้าจะดูดธาตุอาหารจากดินมาใช้ในการเจริญเติบโต

2) ระยะแตกกอ (Tillering stage) เป็นระยะที่ต้นข้าวเริ่มมีการแตกหน่อใหม่หน่อแรก (Primary tiller) ออกมาจากตาข้างลำต้นที่อยู่ในซอกใบของใบที่สองของต้นหลัก (Main culm) ที่นำไปปักดำ จนถึงระยะการแตกกอสูงสุด (Maximum tillering stage) ของต้นข้าว โดยปกติหน่อแรกของต้นข้าวจะแตกออกมาภายหลังการปักดำประมาณ 10 วัน หรือเมื่อต้นข้าวที่นำไปปักดำเริ่มมีใบที่ 5 และต้นข้าวจะแตกกอสูงสุดเมื่อเริ่มให้กำเนิดช่อดอกหรือรวงอ่อน

2.4.2.2 การเจริญเติบโตและพัฒนาทางการสืบพันธุ์ (Reproductive growth and development)

การเจริญเติบโตและพัฒนาการที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ของต้นข้าว จะเริ่มตั้งแต่ระยะให้กำเนิดช่อดอกหรือรวงอ่อน จนถึงระยะข้าวออกดอก (Flowering stage) ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30 วัน

1) ระยะกำเนิดช่อดอกหรือระยะสร้างรวงอ่อน (Panicle intiation stage) คือ ระยะที่ต้นข้าวมีลักษณะลำต้นกลมอย่างเด่นชัดและที่ปลายสุดของลำต้นข้าวจะมีปุ่มของปุยขนขนาดเล็ก (1-2 mm) เกิดขึ้น โดยปกติการให้กำเนิดช่อดอกหรือรวงอ่อนจะใช้ระยะเวลาประมาณ 30 วัน ก่อนข้าวออกรวง

2) ระยะตั้งท้อง (Booting stage) คือ ระยะเวลาที่ต้นข้าวมีการพัฒนาจากการถือกำเนิดช่อดอกไปเป็นรวงอ่อนภายใต้กาบใบธงที่หุ้มไว้ และต้นข้าวในระยะนี้จะมีการยืดปล้องอย่างเห็นได้ชัดพร้อมกับการนูนโปนขึ้นของกาบใบธง ระยะตั้งท้องจะอยู่ในช่วงเวลา 5-6 วันก่อนการออกรวง

3) ระยะออกรวง (Heading stage) คือ ระยะที่ช่อดอกหรือรวงข้าวโผล่พ้นออกมาจากกาบใบธงซึ่งจะเกิดขึ้นในระยะเวลาประมาณ 30 วันก่อนการเก็บเกี่ยวข้าว ในระยะนี้ต้นข้าวจะมี

การยืดปล้องรองสุดท้ายจากปลายสุดของลำต้นอย่างสมบูรณ์ก่อน หลังจากนั้นปล้องสุดท้ายจะมีการยืดตัวอย่างรวดเร็วเพื่อดันให้รวงข้าวโผล่พ้นออกมาจากกาบใบธง

4) ระยะดอกบาน (Flowering or anthesis stage) คือ ระยะเวลาการปิดและเปิดของดอกข้าว ซึ่งโดยปกติจะใช้ระยะเวลาประมาณ 1-2.5 hr ในระยะนี้ก่อนที่กลีบดอกใหญ่และกลีบดอกเล็ก (Lemma and palea) จะเปิดอ้าออก อับเรณู (Anther) จากภายในดอกจะแตกและละอองเรณูจะหลุดจากอับเรณู (Pollen sac) ไปตกบนยอดเกสรตัวเมีย และงอกเข้าไปผสมกับไข่ ทำให้เกิดการผสมตัวเองภายในดอกเดียวกันขึ้นเป็นส่วนใหญ่ และเมื่อกลีบดอกทั้งสองอ้าออก ก้านเกสรตัวผู้ (Filament) ก็จะยืดตัวออกให้อับเรณูโผล่พ้นออกมาจากกลีบดอก จึงทำให้ละอองเรณูบางส่วนฟุ้งกระจายไปตกลงบนยอดเกสรตัวเมียของดอกอื่นก่อให้เกิดการผสมข้าม (Cross polination) ได้บ้างไม่เกิน 5 % ในธรรมชาติ การออกดอกและการผสมพันธุ์ของข้าวโดยปกติจะเกิดขึ้นในช่วงเวลา 1-3 วัน หลังการออกรวง โดยดอกที่อยู่ส่วนปลายรวงจะเปิดปิดก่อน รวงข้าวแต่ละรวงจะออกดอกครบสมบูรณ์ทุกดอกภายใน 7-10 วัน

2.4.3.3 การเจริญเติบโตและพัฒนาของเมล็ด (Seed growth and development)

การเจริญเติบโตและพัฒนาของเมล็ดได้แก่ ระยะเวลาตั้งแต่ข้าวออกดอกและมีการผสมพันธุ์จนถึงช่วงเมล็ดสุกแก่เต็มที่พร้อมจะเก็บเกี่ยวได้ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้เวลาประมาณ 30 วัน ในช่วงนี้เมล็ดจะเริ่มมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น สีเปลือกของเมล็ดจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีฟางหรือน้ำตาล และในขณะเดียวกันใบข้าวก็จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแห้ง

ก่อนที่เมล็ดจะมีการสุกแก่เต็มที่นั้น ได้มีระยะการพัฒนา 3 ระยะ ได้แก่ ระยะน้ำนม (Milk stage) ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากออกดอกประมาณ 8-13 วัน เมล็ดในระยะแรกจะมีแป้งใสเหลว (Watery) และต่อมาจะมีความข้นมากขึ้น เมื่อผ่านระยะน้ำนมไปแล้ว จะมาถึงระยะที่เป็นเนื้อเมล็ด (Dough stage) ในช่วงระยะเวลาประมาณ 14-25 วันหลังการออกดอก ในช่วงนี้น้ำในแป้งของเมล็ดจะค่อย ๆ ระเหยไปทำให้เมล็ดประกอบด้วยเนื้อแป้งเป็นส่วนใหญ่แต่ยังแข็งไม่เต็มที่ หลังจากนั้นในระยะต่อมาเมล็ดจะมีการพัฒนามาเป็นระยะเมล็ดสุกแก่ (Maturity stage) ในช่วงระยะเวลา 25-35 วันหลังข้าวออกดอก เมล็ดในระยะนี้จะมีความแข็งใสพร้อมที่จะทำการเก็บเกี่ยวได้ (บุญหงส์ จงคิด. 2549)

2.4.3 การปลูกข้าวนาดำ (Transplanting or indirect seeding method)

2.4.3.1 การเตรียมดินแปลงปลูกข้าวนาดำ

การเตรียมดินแปลงปลูกข้าวนาดำ ประกอบด้วย การไถดะ หมายถึง การไถครั้งแรกเมื่อดินมีความชื้นพอเหมาะเพื่อพลิกกลับหน้าดินและทำลายวัชพืช แล้วตากดินทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน ก่อนที่จะทำการไถแปรหรือไถครั้งที่สอง และจะทำการคราด ก่อนการปักดำจะมีการทำเทือก และปล่อยให้น้ำขังในนาสูงจากระดับพื้นนาประมาณ 5-10 cm

2.4.3.2 การตกกล้า

ปรับดินเทือกในระดับแปลงปลูกราบเรียบสม่ำเสมอและเปียกชื้นอยู่ตลอดเวลาขนาดระดับแปลงปลูกไม่ควรกว้างนัก แต่ควรให้แคบและยาว และทิศทางของความยาวระดับแปลงปลูกจะขนานไปกับทิศทางลม จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ข้าวที่สมบูรณ์ไปใส่ถุงผ้าดิบแช่น้ำนาน 12-24 hr แล้วนำเมล็ดพันธุ์ไปหุ้มโดยการเทเมล็ดกองแผ่ไว้บนพื้นเรียบและใช้ผ้าหรือกระสอบชุ่มน้ำคลุมไว้นาน 36-48 hrเพื่อให้เมล็ดงอก หลังจากนั้นนำเมล็ดที่งอกไปหว่านลงในระดับแปลงปลูกกล้าที่เตรียมไว้ โดยใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ประมาณ 4 กิโลกรัมต่อแปลงปลูกกล้าขนาด 80 m^2 ซึ่งจะสามารถปลูกข้าวได้ในพื้นที่ 1 ไร่

2.4.3.3 การปักดำ

เตรียมระดับแปลงปลูกปักดำโดยการทำเทือก และรักษาระดับน้ำให้สูง 5-10 cm แล้วทำการถอนกล้าที่มีอายุ 30 วันไปปักดำลงในระดับแปลงปลูก การปักดำควรใช้ระยะห่างระหว่างกอ 25×25 cm

2.4.3.4 การดูแลรักษา

รักษาระดับน้ำในนา โดยในระยะแรกของการปักดำ เมื่อข้าวยังไม่แตกใบใหม่ให้รักษาระดับน้ำให้สูงประมาณ 10 cm และหลังจากปักดำประมาณ 10-15 วัน เมื่อข้าวเริ่มแตกใบใหม่และรากใหม่ ควรรักษาระดับน้ำให้สูงประมาณ 20-30 cm และควรใส่แอมโมเนียมฟอสเฟต (16-20-0) ในอัตรา 30 kg/rai สำหรับการใส่ปุ๋ยครั้งที่สอง ควรใส่แอมโมเนียมซัลเฟต ในอัตรา 35 kg/rai

2.4.3.5 การเก็บเกี่ยวข้าว

หลังจากข้าวออกดอกแล้วประมาณ 30 วัน เมล็ดข้าวที่รวงสุกเหลืองประมาณ 80 % ซึ่งเรียกว่าในระยะพลับพลึง และมีปลายใบธงแห้งประมาณครึ่งหนึ่งของใบ ควรระบายน้ำออกจากนาก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 15 วัน (สถาบันวิจัยข้าว. 2539)

2.4.4 ข้าวพันธุ์ กข 49

ชื่อพันธุ์ : กข 49 (RD 49)

ชนิด : ข้าวเจ้า

คู่ผสม : ได้จากการผสม 3 ทาง ระหว่าง PSL00508-3-1-1-4 กับ IR66738-118-1-2

และ IR68544-29-2-1-3-1-2 ได้สายพันธุ์ PSL05102-19-1-5-4

(ผสมพันธุ์ในปี 2548)

ประวัติพันธุ์ PSL05102-19-1-5-4 ได้จากการผสมพันธุ์ 3 ทางระหว่าง ลูกผสมชั่วที่ 1 ของ PSL00508-3-1-1-4 กับ IR66738-118-1-2 นำไปผสมกับ IR68544-29-2-1-3-1-2 ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลกในฤดูนาปรัง 2548 ปลูกชั่วที่ 1 ในฤดูนาปี 2548 และปลูกคัดเลือกชั่วที่ 2-6 ที่ศูนย์วิจัยข้าว

พิษณุโลกตั้งแต่ฤดูนาปรัง 2549 ถึงฤดูนาปรัง 2551 และปลูกศึกษาพันธุ์ในฤดูนาปี 2551 นำเข้าเปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานีที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลกในฤดูนาปรัง 2552 จากนั้นนำเข้าเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างสถานีที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ชัยนาท และลพบุรี ในฤดูนาปี 2552 ถึงฤดูนาปี 2555 นำเข้าเปรียบเทียบผลผลิตในนาราษฎร์ ในนาเกษตรกรจังหวัดพิษณุโลก พิจิตร อุตรดิตถ์ กำแพงเพชร นครสวรรค์ ชัยนาท และสิงห์บุรี ตั้งแต่ฤดูนาปี 2553 ถึงฤดูนาปี 2555

การรับรองพันธุ์ ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการวิจัยและพัฒนา สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว เมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556

ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นข้าวเจ้านาสวน ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นสูงประมาณ 80-89 cm อายุเก็บเกี่ยว 102-107 วัน (หว่านน้ำตม) ทรงกอตั้ง ใบสีเขียวเข้ม ใบธงตั้ง รวงแน่นปานกลาง ระแง้ถี่ คอรวงสั้น ฟางแข็ง เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง

ลักษณะเด่น ผลผลิตเฉลี่ย 733 kg/rai (ศักยภาพการให้ผลผลิตสูงถึง 939 kg/rai) สามารถผลิตเป็นข้าว 100 % ชั้น 1 ได้ค่อนข้างต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลชนิดใหม่ และต้านทานโรคไหม้ แนะนำให้ปลูกในพื้นที่นาชลประทาน (กองวิจัยและพัฒนาข้าว. 2559)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกษตร สันติวงศ์ และคณะ (2561) ศึกษาการเปรียบเทียบการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินบางประการของพืชตระกูลถั่ว 4 ชนิด ในชุดดินสันทราย จากการศึกษาพบว่า ปอเทืองให้น้ำหนักสดและแห้งของรากต่อพื้นที่สูงกว่าถั่วเขียวและถั่วพร้า ส่วนการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินหลังการสับกลบถั่วแต่ละชนิดที่ระยะ 30 วัน พบว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในดินมีค่าใกล้เคียงกันในทุกชนิดพืช แต่เมื่อเปรียบเทียบในพืชแต่ละชนิดที่ระยะก่อนและหลังการสับกลบ พบว่า ถั่วพุ่มคืนฟอสฟอรัสลงสู่ดินสูงกว่าพืชชนิดอื่น สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีความแตกต่างกันในแต่ละพืช โดยการสับกลบถั่วพร้า ถั่วเขียว และปอเทืองทำให้ดินมีค่าอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นต่างจากการสับกลบถั่วพุ่มอย่างชัดเจน และปอเทืองให้ชีวมวลสูงที่สุด แต่ถั่วพุ่มและถั่วพร้า สามารถเพิ่มฟอสฟอรัส และอินทรียวัตถุลงในดินได้สูงกว่าพืชชนิดอื่น

จารุวรรณี เตรียมวิจารณ์กุล (2559) ทำการศึกษาผลของชนิดปุ๋ยพืชสดในการปลูกข้าวดำต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน ในชุดดินสรรพยา (Sa) อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย พบว่าการใช้พืชตระกูลถั่วทั้ง 4 ชนิดเป็นปุ๋ยพืชสด (ถั่วมะแฮะ ปอเทือง ถั่วเขียว และถั่วพุ่มดำ) ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง และหลังทำการทดลอง 3 ปี ความเป็นกรดเป็นด่างในวิธีเกษตรกรมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการใช้ปอเทืองและถั่วเขียวเป็นปุ๋ยพืชสด ปริมาณอินทรียวัตถุในดินและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนทำการศึกษา แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใช้ปอเทืองและถั่วพุ่มดำทำให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมสูงขึ้น และถั่วพุ่มดำเป็นปุ๋ยพืชสดที่มีปริมาณธาตุอาหารสูงสุด

ปัทมา วิตยากร และคณะ (2556) ศึกษาการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินทรายโดยใช้สารอินทรีย์ : การศึกษาเชิงกระบวนการ โดยทำการศึกษาการใช้สารอินทรีย์ที่หาได้ในท้องถิ่น โดยใส่ลงไปในดินปีละครั้งเป็นเวลา 18 ปี โดยได้จำแนกสารอินทรีย์ได้เป็น 4 ชั้นคุณภาพสูงถึงต่ำโดยใช้ปริมาณขององค์ประกอบของไนโตรเจน ลิกนินและโพลีฟีนอล พบว่า สารอินทรีย์ต่างคุณภาพทำให้มีจำนวนประชากรราที่ต่างกัน โดยใบพลวง มีประชากรราแตกต่างจากสารอินทรีย์ชนิดอื่นและกรรมวิธีควบคุม นอกจากนี้กิจกรรมของเอนไซม์ที่ย่อยสลายคาร์บอนอินทรีย์มีความแตกต่างกันในกรรมวิธีที่ใส่สารอินทรีย์ต่างคุณภาพด้วย

สมพร ดำยศ และคณะ (2554) ทำการศึกษาการใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดในการผลิตข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุง พบว่า ถั่วพุ่มให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลิตข้าวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะปัจจัย Sub plots โดยการใช้ 1,000 + TP ให้ผลผลิตข้าวสูงสุดเฉลี่ย 400.1 kg/rai ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากกรรมวิธีนี้ทำให้องค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญเพิ่มขึ้นคือจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และสีใบของข้าว พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อายุข้าว 80-90 วันหลังการปักดำทั้ง Main plots และ Sub plots

สมพร ดำยศ และคณะ (2553) ทำการศึกษาการใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดในการผลิตข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุง เพื่อศึกษาปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และสีใบของข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุง พบว่า การใช้ถั่วพร้าให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลิตข้าวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะ Sub plots โดยกรรมวิธีที่ 6 (1,000 + TP) ให้ผลผลิตข้าวสูงสุดเฉลี่ย 404.2 kg/rai ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มองค์ประกอบผลผลิตจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าว ส่วนสีใบข้าว พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อายุ 80-90 วันหลังปักดำ ทั้ง Main plots และ Sub plots

วรรณะ ขาวสุทธิ์ และคณะ (2552) ทำการศึกษาการสลายตัวและสะสมของอินทรียวัตถุในดินจากการใส่ปุ๋ยพืชสดบำรุงดิน พบว่า โสนอินเดียและปอเทืองให้น้ำหนักสดสูงสุด รองลงมาคือ ถั่วพุ่มและถั่วพร้า ปอเทืองมีน้ำหนักสูงที่สุด รองลงมาคือ โสนอินเดีย ถั่วเหลือง และถั่วพร้า โสนอินเดียและปอเทืองให้น้ำหนักสดประมาณ 5 t/rai ถั่วพร้าและถั่วพุ่มให้น้ำหนักสด 4 t/rai ถั่วเขียวและถั่วเหลืองให้น้ำหนักสด 3 t/rai และสมบัติของดินหลังจากการไถกลบพืชสด 15 30 45 และ 60 วัน พบว่า ค่าความเป็นกรดด่างของดินไม่เปลี่ยนแปลง อินทรียวัตถุในดิน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ลดลงอย่างต่อเนื่องจากระยะ 15 วันหลังไถกลบจนถึงระยะ 60 วัน

พรพรรณ สุทธิแย้ม และคณะ (2551) ศึกษาการใช้ปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยหมักจากจุลินทรีย์ต่าง ๆ ปรับปรุงดินก่อนปลูกงาในระบบอินทรีย์ สภาพนา ก่อนนาข้าวร่วมกับวิธีปลูก พบว่า การใช้พืชปุ๋ยสดหรือพืชบำรุงดิน คือ โสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า และปุ๋ยหมักกวก. พด.1 ของกรมพัฒนาที่ดินและจุลินทรีย์ EM ให้ผลผลิตงาไม่แตกต่างกัน ทั้ง 4 สถานที่ ผลผลิตจะต่างกันเนื่องจากวิธีปลูก โดยการปลูกเป็นแถวให้ผลผลิตสูงกว่าการหว่าน โดยที่ศวร.เชียงใหม่ให้ผลผลิตเฉลี่ยได้ 59.1 kg/rai ศวร.อุบลราชธานี ผลผลิต 88.5 kg/rai ศบป.สุโขทัย ให้ผลผลิต 101.5 kg/rai และศวส.เพชรบุรีให้

ผลผลิต 127.0 kg/rai ความงอกของเมล็ดที่ได้สูง ใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ได้ดีคือ มากกว่า 90 % สมบัติทางเคมีของดินดีขึ้น เนื่องจากค่าความเป็นกรดด่างที่สูงขึ้นใกล้ค่าที่เหมาะสม อินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น ค่าฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมและธาตุอื่น ๆ เข้าใกล้ค่าที่เหมาะสม และมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินที่จะช่วยรักษาสมดุลของธาตุต่าง ๆ ในดิน

นิทัศน์ สิทธิวงศ์ และคณะ (2543) ทำการศึกษาผลของปุ๋ยพืชสดบางชนิดในการปลูกข้าว พบว่าความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยพืชสดขึ้นอยู่กับปริมาณซากและปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในลำต้นของปุ๋ยพืชสด การไถกลบปุ๋ยพืชสดทดแทนปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวได้เฉพาะปุ๋ยรองพื้น การปักดำข้าวจาปอนิกาตามหลังการไถกลบปุ๋ยพืชสดควรใช้ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง คือ รองพื้นและแต่งหน้า อัตรา 8+8 kg/rai และการปักดำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตามหลังการไถกลบปุ๋ยพืชสด ควรใช้ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีแต่งหน้า อัตรา 3 kg/rai

นิรันดร์ สุขจันทร์ (2537) ศึกษาผลของโสนอัฟริกันต่อการปรับปรุงดิน ทำการศึกษาที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาปฐพีศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และที่ไร่เกษตรกร บ้านดอนแดง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ในช่วงเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม พ.ศ. 2535 เพื่อเข้าใจถึงกระบวนการย่อยสลายและการปลดปล่อยธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อการปรับปรุงดิน จากผลการทดลองพบว่า เมื่อชิ้นส่วนของโสนอัฟริกันถูกใส่ลงไปในดิน แล้วบ่มไว้ในห้องปฏิบัติการในสภาพดินไร่ กระบวนการ Ammonification และ Nitrification จะเกิดขึ้นสม่ำเสมอ ปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมาจะรวดเร็วในช่วงสัปดาห์แรก แล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ การย่อยสลายของโสนอัฟริกันที่เกิดจากจุลินทรีย์ดินประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเกิดขึ้นค่อนข้างเร็วเป็นการย่อยใบและขั้นตอนที่ 2 ย่อยสลายค่อนข้างช้าเป็นการย่อยลำต้น ทั้ง 2 ขั้นตอนของการย่อยสลายส่วนใหญ่เป็นเชื้อราที่ทำหน้าที่ย่อยสลายและการย่อยสลายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงจากเชื้อราที่ย่อยน้ำตาลไปเป็นเชื้อราที่ย่อยลิกนินและเซลลูโลส น้ำหนักของโสนจะหายไปอย่างรวดเร็วในสัปดาห์แรก และค่อย ๆ ช้าลงภายใน 56 วันหลังการฝังถุงตาข่ายลงดิน พบว่า ประมาณ 70 % ของชิ้นส่วนโสนจะหายไป

บุญอุ้ม แคล้วโยธา (2535) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยพืชสดต่อการผลิตข้าวฟ่างในดินร่วนทราย ที่สถานีทดลองพืชไร่มุกดาหาร จังหวัดมุกดาหาร ดินมีสภาพเป็นดินร่วนทรายชุดโคราช ในระหว่างเดือนมิถุนายน 2534 ถึงเดือนมกราคม 2535 พบว่า เมื่อ 60 วันก่อนการไถกลบปุ๋ยพืชสด ปอเทืองมีความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งสูงกว่าโสนอัฟริกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปอเทืองมีความสูง 199 cm ให้น้ำหนักสด 3,400 kg/rai และน้ำหนักแห้ง 857 kg/rai และโสนอัฟริกันมีความสูง 153 cm ให้น้ำหนักสด 1,264 kg/rai และน้ำหนักแห้ง 364 kg/rai ผลการวิเคราะห์ดิน พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและอินทรียวัตถุระหว่างก่อนการปลูกพืชปุ๋ยพืชสด และหลังจากสับไถกลบ 25 วันก่อนปลูกข้าวฟ่าง พบว่า การใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้น 0.2 (จาก 4.7 เป็น 4.9) อินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น 0.17 % (จาก 0.50 เป็น 0.67 %) และการใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสด

ส่งผลให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้น 0.1 (จาก 4.7 เป็น 4.8) อินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น 0.28 % (จาก 0.50 เป็น 0.78) ความสูง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตของข้างฟ่าง ที่ปลูกตามหลังการใช้ปอเทืองสูงกว่าที่ปลูกตามหลังการใช้โสนอัฟริกัน และที่ปลูกโดยไม่มีปุ๋ยพืชสด ข้าวฟ่างที่ปลูกตามหลังปอเทืองให้ผลผลิตเฉลี่ย 461.8 kg/rai สูงกว่าที่ปลูกตามโสนอัฟริกัน และไม่มีปุ๋ยพืชสด ซึ่งทั้งสองวิธีการให้ผลผลิตข้าวฟ่าง 360.5 และ 216.5 kg/rai ตามลำดับ และการใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 4 kg/rai ให้ผลผลิตข้าวฟ่างใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 8 kg/rai

Hong *et al.* (2020) ศึกษาการใช้หญ้าไรย์อิตาลีเป็นปุ๋ยพืชสดต่อสมบัติของดินและประชากรแบคทีเรียในการปลูกหญ้า (*Lolium multiflorum* L.) และข้าว (*Oryza sativa* L.) พบว่า การใช้หญ้าไรย์ทำให้มีกลุ่มประชากรของแบคทีเรียเพิ่มสูงขึ้นจาก 183.2 เป็น 238.1 g/kg soil และยังช่วยเพิ่มปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมด ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินได้ อีกทั้งยังส่งเสริมปริมาณของชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอนและชีวมวลจุลินทรีย์ไนโตรเจน

Jaspreet *et al.* (2020) ศึกษาผลของปุ๋ยพืชสดและความหนาแน่นของพืชต่อความสัมพันธ์ของสมบัติทางชีวเคมีเขตรอบรากพืชของข้าว พบว่า การใช้พืชปุ๋ยสด 15 t/ha + การปลูกข้าว 44 plant/m^2 + การใส่ปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ข้าวมีความสูงของต้นและผลผลิตสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 103.8 cm และ 7.325 t/ha ตามลำดับ ปริมาณเอนไซม์ยูรีเอสและเอนไซม์แอลคาไลน์ฟอสฟาเตสมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับประชากรของแบคทีเรียและราในทุกกรรมวิธี ยกเว้นการปลูกข้าว 33 plant/m^2 + ปุ๋ยเคมี (120-30-30) kg/ha

Muhammad *et al.* (2020) ศึกษาของปุ๋ยพืชสดที่แตกต่างกันต่อกลุ่มประชากรจุลินทรีย์และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในระบบการปลูกข้าว พบว่า การใช้ Barley เป็นปุ๋ยพืชสดสามารถเพิ่มกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ ปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอน และเอนไซม์ไฮโดรเลสในดิน แต่การใช้ Hairy vetch เป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ปริมาณแบคทีเรียแกรมลบเพิ่มสูงขึ้น

Farheen *et al.* (2019) ศึกษาปุ๋ยพืชสดชนิดที่แตกต่างกันต่อปริมาณของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สะสมในส่วนเหนือดินและความสัมพันธ์ของสมบัติทางเคมีของดินและกิจกรรมของเอนไซม์ พบว่า Hairy vetch มีปริมาณน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน รวมถึงฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สะสมในส่วนเหนือดินสูงที่สุดในทั้งสองเมือง และยังส่งผลให้ดินมีปริมาณเอนไซม์ฟอสฟาเตสสูงที่สุดในเมืองกวางซี

Muhammad *et al.* (2019) ศึกษาผลของของปุ๋ยพืชสดต่อสมบัติทางชีวเคมีและปริมาณธาตุอาหารในดินเปรี้ยวจัด ของระบบการปลูกข้าว พบว่า การใช้ rice-rice-milk vetch เป็นปุ๋ยพืชสดส่งมีปริมาณเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตส ฟอสโฟไดเอสเทอร์เรส และยูรีเอสสูงที่สุด อีกทั้งยังส่งผลให้ข้าวมีผลผลิตและดัชนีเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นจากปีก่อนหน้า มีค่าเท่ากับ 45 % และ 46 % ตามลำดับ และ

การใช้ rice-rice-milk vetch ยังส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุและไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 28.7 g/kg และ 1.84 g/kg ตามลำดับ

Kashif *et al.* (2018) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ดิน สมบัติของดิน และผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายใต้การคลุมด้วยฟางข้าวสาลี ในเมืองกวนจง ประเทศจีน กรรมวิธีประกอบด้วยการเพิ่มระดับคลุมด้วยฟางข้าวสาลีที่แตกต่างกัน (S1: 0 S2: 2,500 S3: 5,000 kg/ha) พบว่า อินทรีย์คาร์บอน (SOC) ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (AN) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (AP) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TN) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) และปริมาณน้ำในดิน (SWC) มีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน S3 ที่ความลึกของดิน 0-0.1 m เมื่อเทียบกับกรรมวิธี S1 ที่ความลึกของดิน 0-0.4 m พบว่า SOC AN AP TN TP และ SWC มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 32.4 % 31.9 % 32.0 % 11.8 % 16.7 % และ 18.5% ตามลำดับ ปริมาณเอนไซม์ยูเรียเอส ฟอสฟาเตส อินเวอเทส และคัตตาเลสเพิ่มขึ้น 15.1 % 11.0 % 88.4 % และ 24.0 % ตามลำดับ ในกรรมวิธี S3 เมื่อเทียบกับกรรมวิธี S1 ที่ความลึก 0-0.1 m และลดลงเมื่อความลึกของดินเพิ่มขึ้น กรรมวิธี S3 มีผลผลิตเพิ่มขึ้น (7 %) ชีวมวลเพิ่มขึ้น (28 %) และประสิทธิภาพการใช้น้ำเพิ่มขึ้น (8 %) เมื่อเทียบกับกรรมวิธี S1 การใช้กรรมวิธี S3 (5,000 kg/ha) เป็นการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดและช่วยส่งเสริมความสัมพันธ์ระหว่างเอนไซม์ดินกับสมบัติของดินในสภาพกึ่งแห้งแล้งได้ดี

Jaspreet *et al.* (2017) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยพืชสดและปริมาณพืชปลูกที่แตกต่างกันต่อกิจกรรมของเอนไซม์และปริมาณธาตุอาหารในดิน พบว่า การใช้ปุ๋ยพืชสดอัตรา 15 t/ha + 44 plant/m^2 + การใส่ปุ๋ยเคมี NPK ในวันที่ 90 หลังปลูก ส่งผลให้ปริมาณเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสและเอนไซม์ยูรีเอสสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 50 µg Triphenyl formazon/g soil/hr และ 855 µg/g soil/hr และการใช้ปุ๋ยพืชสดอัตรา 15 t/ha + 33 plant/m^2 + การใส่ปุ๋ยเคมี NPK รองก้นหลุม ส่งผลให้ปริมาณเอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตสสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 21.9 µg nitrophenol/g soil/hr และยังส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 206.9 kg/ha

Ryota *et al.* (2017) ศึกษาการใช้ Hairt vetch (*Vicia villosa*) เป็นปุ๋ยพืชสดเพิ่มชีวมวลของเชื้อรา ความหลากหลายของเชื้อราและกิจกรรมของฟอสฟาเตสในดิน ทำการเปรียบเทียบ 4 กรรมวิธี คือ ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด การใช้ปุ๋ยเคมี การใช้ Hairy vetch (*Vicia villosa*) และการใช้ Hairy vetch ร่วมกับ *Crotalaria* sp. พบว่า การใช้ Hairy vetch (*Vicia villosa*) เป็นปุ๋ยพืชสดสามารถชีวมวลของเชื้อรา ความหลากหลายของกลุ่มประชากรเชื้อรา อัตราของเชื้อราที่ละลายฟอสเฟต และกิจกรรมฟอสฟาเตสได้ และการใช้ Hairy vetch (*Vicia villosa*) เป็นปุ๋ยพืชสดยังช่วยเพิ่มจำนวนของ *Cladosporium* sp. ด้วย

Hongwu *et al.* (2016) ศึกษาผลกระทบของปุ๋ยพืชสดที่แตกต่างกันต่อกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ดินและสมบัติทางเคมีของดิน ทำการศึกษา 4 กรรมวิธี คือ 1. ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด 2. ใช้ Ryegrass เป็นปุ๋ยพืชสด 3. ใช้ถั่วเป็นปุ๋ยพืชสด และ 4. ใช้ Rape เป็นปุ๋ยพืชสด พบว่า การใช้ถั่วเป็นปุ๋ยพืชสด

ส่งผลให้ดินมีปริมาณความเป็นกรดด่างและคาร์บอนทั้งหมดสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 5.45 และ 1.106 % ตามลำดับ และการใช้ถั่วเป็นปุ๋ยพืชสดยังสามารถช่วยลดกลุ่มประชากรของจุลินทรีย์ก่อโรคได้สูงที่สุด

Qian *et al.* (2015) ศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ที่ต่างกันต่อสมบัติทางชีวเคมีและจุลินทรีย์ของดิน พบว่า NPK + M และ NPK + S สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวอย่างมีนัยสำคัญมากกว่าการใช้ NPK เพียงอย่างเดียว ประมาณ 24 % การใช้ NPK + M ช่วยเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) เอนไซม์เบต้าเซลโลไบโอซิเดส เอนไซม์แอลลูซีนอะมิโนเปปติเดส และเอนไซม์ยูรีเอสเพิ่มขึ้น การใช้ NPK + S มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน โพแทสเซียม เอนไซม์เอ็นอะซิติลกลูโคซามิเดส เอนไซม์เบต้าไซโลซิเดส เอนไซม์ยูรีเอส และเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดส เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่การใช้ NPK + G สามารถเพิ่มปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียมไนเตรต เอนไซม์เอ็นอะซิติลกลูโคซามิเดส และชีวมวลของ Phospholipid fatty acid ให้มีค่าสูงที่สุด

Abdulkadir *et al.* (2014) ศึกษาผลของปุ๋ยพืชสดต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในดิน โดยศึกษาผลของถั่วขาว (*Vicia faba* L.) ใช้เป็นปุ๋ยพืชสดและพืชอาหารสัตว์ ในการปลูกข้าวโพดและข้าวสาลี ปลูกที่ Car-samba Plain ทางตอนเหนือของตุรกี เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยพืชสดกับเอนไซม์ในดิน พบว่าทั้งกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยพืชสดทั้งต้นสับกลบเหนือดินกับสับกลบใต้ดิน สามารถเพิ่มปริมาณเอนไซม์ยูรีเอส และเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส ในดินเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และเมื่อใส่ปุ๋ยพืชสดทั้งต้นสับกลบไว้ใต้ดินจะมีปริมาณเอนไซม์ยูรีเอส และเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสสูงกว่าใส่ทั้งปุ๋ยพืชสดทั้งต้นที่ไม่สับกลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และกิจกรรมของเอนไซม์ยูรีเอส และเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส มีปริมาณมากอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวโพด

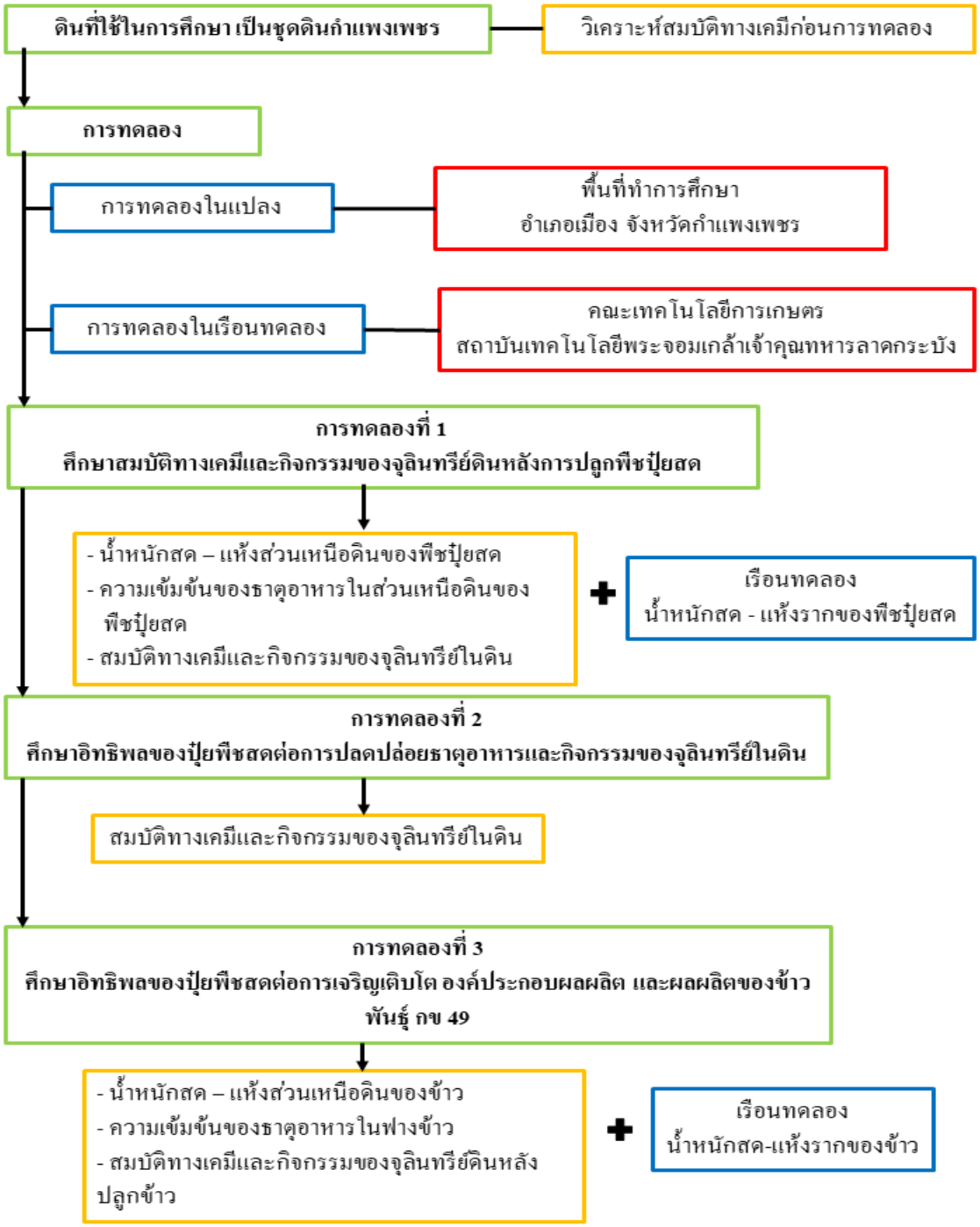
Anna and Edward (2014) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมเอนไซม์ที่ได้รับผลกระทบจากการปลูกพืชปุ๋ยสดและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ทำการศึกษา 3 ปี (2005-2008) พบว่า ในปี 2007 ทุกกรรมวิธีที่มีการปลูกพืชปุ๋ยสดมีกิจกรรมเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส และปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสฟลูออเรสซินไดออกไซด์สูงกว่าในพื้นที่ที่ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสด ปริมาณเอนไซม์คัตตาเลสสูงที่สุดในการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 80 kg/ha และดัชนีมวลชีวภาพของจุลินทรีย์มีความสัมพันธ์กับสมบัติทางเคมีของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Xiefeng *et al.* (2013) ศึกษาผลของการประยุกต์ใช้พืชปุ๋ยสดต่อชีวมวลของจุลินทรีย์และกิจกรรมของเอนไซม์ ผลการทดลองพบว่าในการใช้ปุ๋ยพืชสดส่งผลให้มวลชีวภาพของคาร์บอนและไนโตรเจน เอนไซม์ยูรีเอส เอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตส เอนไซม์ซูเครส และเอนไซม์คัตตาเลสเพิ่มขึ้นทุกปีเมื่อเปรียบเทียบกับไม่มีการปลูกปุ๋ยพืชสด หลังจากการใส่ปุ๋ยพืชสดในดิน พบว่าปริมาณชีวมวลของจุลินทรีย์ในดินและไนโตรเจนเพิ่มขึ้น 1.94-93.07 % และ 2.30-145.07 % ตามลำดับ และกิจกรรมของเอนไซม์ยูรีเอส เอนไซม์ซูเครส และเอนไซม์คัตตาเลสเพิ่มขึ้น 1.45-56.52 % 2.34-33.17 % และ 0.96-172.66 % ตามลำดับ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่า

ชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอนและกิจกรรมของเอนไซม์ของจุลินทรีย์ต่อหน่วยพื้นที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงปริมาณประชากรและกิจกรรมของเอนไซม์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายปุ๋ยพืชสด

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

3.1 การศึกษาผลของสมบัติทางเคมีและกิจกรรมของจุลินทรีย์หลังปลูกพืชปุ๋ยสด

3.1.1 การทดลองในแปลง

การปลูกพืชเพื่อใช้เป็นปุ๋ยพืชสดวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) 6 กรรมวิธี ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสด (ควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 ปลูกปอเทือง

กรรมวิธีที่ 3 ปลูกถั่วพร้า

กรรมวิธีที่ 4 ปลูกถั่วพุ่ม

กรรมวิธีที่ 5 ปลูกถั่วเขียว

กรรมวิธีที่ 6 ปลูกถั่วเหลือง

โดยปลูกในแปลงขนาด 5.4×50 m และมีระยะห่างระหว่างแปลง 50 cm ปลูกแบบหว่าน ใช้อัตราเมล็ดตามที่กรมพัฒนาที่ดินแนะนำ (ตารางที่ 3.1) เมื่อพืชปุ๋ยสดเจริญเติบโตถึงระยะออกดอกทำการเก็บตัวอย่างดินและพืชปุ๋ยสด

ตารางที่ 3.1 ปริมาณเมล็ดพืชปุ๋ยสดที่ใช้ปลูกในการศึกษา (การทดลองในแปลง)

ชนิดพืช	น้ำหนักเมล็ดที่ใช้ (kg/rai)	น้ำหนักเมล็ดที่ใช้ต่อแปลงปลูก (กรัมต่อแปลง)	จำนวนเมล็ดต่อแปลงปลูก (เมล็ด)	ระยะเวลาที่พืชออกดอก (วัน)
ปอเทือง	5	843.75	26,946.0	50-60
ถั่วพร้า	10	1,687.50	20,887.2	60-65
ถั่วพุ่ม	8	1,350.00	7,214.4	45-60
ถั่วเขียว	7	1,181.25	21,697.2	40-50
ถั่วเหลือง	10	1,687.50	10,465.2	30-35

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2548)

3.1.1.1 การบันทึกวันที่เริ่มออกดอกแรกและดอกบาน 50 % ของพืชปุ๋ยสด จะทำการบันทึกวันที่ดอกบานดอกแรก และระยะดอกบาน 50 % ในบล็อกที่วางไว้

3.1.1.2 การเก็บตัวอย่างพืชปุ๋ยสดเพื่อหาน้ำหนักสด-แห้ง ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างพืชปุ๋ยสด 5 บล็อกต่อแปลง บล็อกมีขนาด 1×1 m ทำการตัดส่วนเหนือดินของพืชปุ๋ยสดภายในบล็อก จากนั้นนำตัวอย่างพืชปุ๋ยสดมาตัดเป็นท่อนยาวประมาณ 10 cm ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง และน้ำกลั่น 1 ครั้ง ซับตัวอย่างเบา ๆ ด้วยกระดาษทิชชู บรรจุใส่ถุงกระดาษ และชั่งน้ำหนักสดด้วยเครื่องชั่ง 2

ตำแหน่ง นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 C^o จนกว่าน้ำหนักจะคงที่ และทำการชั่งน้ำหนักแห้งหลังอบด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

3.1.1.3 การเก็บตัวอย่างดิน เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 cm ด้วย Soil tube สุ่มเก็บ 5 จุดต่อแปลง โดยการเก็บตัวอย่างดินแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1) เก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ดินไปผึ่งในร่มให้แห้ง นำไปบดและร่อนผ่านตะแกรง 2 mm เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

2) เก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางชีวภาพ นำดินใส่ถุงพลาสติกและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 C^o เพื่อนำไปวิเคราะห์กิจกรรมและเอนไซม์ในดิน

3.1.1.4 การวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืชปุ๋ยสด นำตัวอย่างพืชปุ๋ยสดจากข้อ 3.1.1.2 มาบดให้ละเอียดและทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารในตัวอย่างพืชปุ๋ยสดตามวิธีการในข้อ 3.4

3.1.2 การทดลองในเรือนทดลอง

การวางแผนการทดลองและกรรมวิธีในการศึกษาเหมือนกับในข้อ 3.1.1 โดยปลูกพืชปุ๋ยสดในกระถางก้นตัน ขนาด 12 นิ้ว ใช้ดินในแต่ละกระถาง 8 kg จากนั้นปลูกพืชปุ๋ยสดแบบหว่านใช้อัตราเมล็ดตามที่กรมพัฒนาที่ดินแนะนำ (ตารางที่ 3.2) เมื่อพืชปุ๋ยสดเจริญเติบโตถึงระยะออกดอก ทำการเก็บตัวอย่างพืชและดิน

ตารางที่ 3.2 ปริมาณเมล็ดพืชปุ๋ยสดที่ใช้ปลูกในการศึกษา (การทดลองในเรือนทดลอง)

พืชปุ๋ยสด	น้ำหนักเมล็ดที่ใช้ (kg/rai)	น้ำหนักเมล็ดที่ใช้ (กรัมต่อกระถางปลูก)	จำนวนเมล็ดต่อกระถางปลูก (เมล็ด)	ระยะเวลาที่พืชออกดอก (วัน)
ปอเทือง	5	0.15	4	50-60
ถั่วพร้า	10	1.25	1	60-65
ถั่วพุ่ม	8	0.25	1	45-60
ถั่วเขียว	7	0.21	4	40-50
ถั่วเหลือง	10	0.30	2	30-35

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2548)

3.1.2.1 การบันทึกวันที่เริ่มออกดอกแรกและดอกบาน 50 % ของพืชปุ๋ยสด จะทำการบันทึกวันที่ดอกบานดอกแรก และระยะดอกบาน 50 % ทุกกระถางที่ศึกษา

3.1.2.2 การเก็บตัวอย่างพืชปุ๋ยสดเพื่อหาน้ำหนักสด-แห้ง ทำการเก็บตัวอย่างพืชปุ๋ยสดทุกกระถาง จากนั้นตัดส่วนเหนือดินของพืชปุ๋ยสดมาชั่งน้ำหนักสดด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง จากนั้นล้างทำความสะอาดและการหาน้ำหนักแห้งตามวิธีการในข้อ 3.1.1.2

3.1.2.3 การเก็บตัวอย่างรากพืชปุ๋ยสด นำรากออกจากดินทั้งหมดและนำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง และน้ำกลั่น 1 ครั้ง ซับตัวอย่างเบา ๆ ด้วยกระดาษทิชชู บรรจุใส่ถุงกระดาษ ชั่งน้ำหนักสดด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 C^{o} จนกว่าน้ำหนักจะคงที่ และทำการชั่งน้ำหนักแห้งหลังอบด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

3.1.2.4 การเก็บตัวอย่างดิน เก็บตัวอย่างดินถึงก้นกระถาง ด้วย Soil tube สุ่มเก็บ 4 จุดต่อกระถาง โดยการเก็บรักษาตัวอย่างดินตามวิธีการในข้อ 3.1.1.3

3.1.2.5 การวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืชปุ๋ยสด นำตัวอย่างพืชปุ๋ยสดจากข้อ 3.1.2.2 มาบดให้ละเอียดและทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารในตัวอย่างพืชปุ๋ยสดตามวิธีการในข้อ 3.4

3.2 การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารสู่ดิน และกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน

พืชปุ๋ยสดที่ใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในข้อ 3.2 นำมาจากการศึกษาในหัวข้อ 3.1 ส่วนโสนอัฟริกันและกระถินณรงค์ที่ใช้เป็นปุ๋ยพืชสดเก็บตัวอย่างมาจากอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

3.2.1 การทดลองในแปลง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) 8 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ไม่มีการใช้พืชปุ๋ยสด (ควบคุม)
กรรมวิธีที่ 2 ใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด
กรรมวิธีที่ 3 ใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสด
กรรมวิธีที่ 4 ใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด
กรรมวิธีที่ 5 ใช้ถั่วเขียวเป็นปุ๋ยพืชสด
กรรมวิธีที่ 6 ใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสด
กรรมวิธีที่ 7 ใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสด
กรรมวิธีที่ 8 ใช้กระถินณรงค์เป็นปุ๋ยพืชสด

พื้นที่แปลงขนาด 3×3 m ระยะห่างระหว่างแปลง 50 cm ทำการใส่ปุ๋ยพืชให้มีปริมาณไนโตรเจน 6.44 kg/rai (ตารางที่ 3.3) ทำการสับกลบพืชปุ๋ยสดลงดิน แล้วปล่อยให้ย่อยสลาย และการเก็บตัวอย่างดิน 4 ครั้ง คือ วันที่ 0 10 20 และ 30 วัน

ตารางที่ 3.3 ปริมาณพืชปุ๋ยสดที่ใส่เป็นปุ๋ยพืชสด (การทดลองในแปลง)

พืชปุ๋ยสด	ปริมาณ N ในพืชปุ๋ยสด (%)	ปริมาณปุ๋ยพืชสด (kg/rai)	ปริมาณปุ๋ยพืชสด (กิโลกรัมต่อแปลง)
ปอเทือง	2.84	1,099.77	6.19
ถั่วพร้า	1.91	1,358.27	7.64
ถั่วพุ่ม	2.90	1,340.40	7.54
ถั่วเขียว	2.59	1,301.29	7.32
ถั่วเหลือง	3.74	724.13	4.07
โสนอัฟริกัน	3.52	602.48	3.39
กระถินณรงค์	2.66	1,346.28	7.57

3.2.1.1 การเก็บตัวอย่างดิน เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 cm สุ่มเก็บ 3 จุดต่อแปลงย่อย โดยใช้ Soil tube แบ่งตัวอย่างดินเป็น 2 ส่วน คือ เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและวิเคราะห์สมบัติทางชีวภาพ โดยวิธีการเก็บรักษาตัวอย่างตามวิธีการข้อย่อย 1 และ 2 ในข้อ 3.1.1.3

3.2.2 การทดลองในเรือนทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ทดลองในกระถางก้นตัน ขนาด 12 นิ้ว ทำการใส่ปุ๋ยพืชให้มีปริมาณไนโตรเจน 6.44 kg/rai (ตารางที่ 3.4) ทำการสับกลบพืชปุ๋ยสดแล้วปล่อยให้ย่อยสลาย และการเก็บตัวอย่างดิน 4 ครั้ง คือ วันที่ 0 10 20 และ 30 วัน

ตารางที่ 3.4 ปริมาณพืชปุ๋ยสดที่ใส่เป็นปุ๋ยพืชสด (การทดลองในเรือนทดลอง)

ชนิดพืช	ปริมาณ N ในพืชปุ๋ยสด (%)	ปริมาณปุ๋ยพืชสด (แบบแห้ง) (kg/rai)	ปริมาณปุ๋ยพืชสด (แบบแห้ง) (กรัมต่อกระถาง)
ปอเทือง	2.84	210.36	6.45
ถั่วพร้า	1.91	312.34	9.58
ถั่วพุ่ม	2.90	206.33	6.33
ถั่วเขียว	2.59	231.17	7.09
ถั่วเหลือง	3.74	159.71	4.90
โสนอัฟริกัน	3.52	169.89	5.21
กระถินณรงค์	2.66	224.81	6.89

3.2.2.1 การเก็บตัวอย่างดิน เก็บตัวอย่างดินถึงก้นกระถาง สุ่มเก็บ 4 จุดต่อกระถาง โดยใช้ Soil tube แบ่งตัวอย่างดินเป็น 2 ส่วน คือ เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและวิเคราะห์สมบัติทางชีวภาพ โดยวิธีการเก็บรักษาตัวอย่างตามวิธีการข้อย่อย 1 และ 2 ในข้อ 3.1.1.3

3.3 การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 49

3.3.1 การทดลองในแปลง

การวางแผนการทดลองและกรรมวิธีที่ศึกษาเป็นวิธีการที่ศึกษาต่อจากข้อ 3.2.1 และมีการเพิ่มกรรมวิธีที่ 9 ใส่ปุ๋ยเคมี (ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 จำนวน 2 ครั้ง คือ ในช่วงหลังปักดำไม่เกิน 15 วัน และในระยะกำเนิดช่อดอก อัตรา 7 kg/rai) ทำการปลูกข้าวพันธุ์ กข 49 แบบนาดำ จำนวน 2 ต้นต่อกอ ระยะห่างระหว่างกอ 25×25 cm ทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าว และปลูกข้าวจนถึงระยะเก็บเกี่ยว จึงทำการเก็บตัวอย่างข้าวและดิน

3.3.1.1 การวัดการเจริญเติบโตของข้าว ทำการวัดการเจริญเติบโตข้าว 3 ระยะ คือ ระยะปักดำ (วันที่ปักดำกล้าข้าว) ระยะแตกกอสูงสุด (70 วันหลังปักดำ) และระยะเก็บเกี่ยว (105 วันหลังปักดำ) สุ่มวัด 3 บล็อกต่อแปลงย่อย บล็อกขนาด 1×1 m โดยทำการวัดความสูงด้วยวิธีการวัดจากพื้นดินจนถึงปลายใบด้วยวิธีรวบใบ และนับจำนวนหน่อต่อกอ

3.3.1.2 การเก็บตัวอย่างข้าว โดยเก็บตัวอย่างข้าวในระยะเก็บเกี่ยว เมื่อข้าวมีอายุ 105 วันหลังปักดำ โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง 3 บล็อกต่อแปลงย่อย (ขนาด 1×1 m) ทำการตัดส่วนเหนือดินทั้งหมด แล้วนำมาแยกเป็นส่วนของฟางและรวงข้าว เพื่อการวิเคราะห์ต่อไป

3.3.1.3 การเก็บตัวอย่างดิน สุ่มเก็บดินในจุดเดียวกับการเก็บตัวอย่างข้าวในข้อ 3.3.1.2 ด้วย soil tube เก็บตัวย่างดิน 2 ส่วน คือ เก็บเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกิจกกรมของจุลินทรีย์ในดิน

3.3.1.4 การหาน้ำหนักสด-แห้งของฟางข้าว นำตัวอย่างฟางจากข้อ 3.3.1.2 ตัดเป็นท่อนยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง และน้ำกลั่น 1 ครั้ง ซับตัวอย่างเบา ๆ ด้วยกระดาษทิชชู บรรจุใส่ถุงกระดาษ และชั่งน้ำหนักสดด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 C^{o} จนกว่าน้ำหนักจะคงที่ และทำการชั่งน้ำหนักแห้งหลังอบด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

3.3.1.5 การหาองค์ประกอบผลผลิตของข้าว (กิตติศักดิ์ ศรีทุมมา. 2552) นำตัวอย่างรวงข้าวจากข้อ 3.3.1.2 มาทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบผลผลิตข้าว ดังนี้

1) จำนวนรวงต่อกอ นับจำนวนรวงทั้งหมดที่เก็บตัวอย่างและนำมาหาค่าเฉลี่ย

2) น้ำหนัก 1,000 เมล็ด สุ่มนับ 1,000 เมล็ด แล้วชั่งน้ำหนัก และนำไปคำนวณน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้น 14%

น้ำหนักเมล็ดข้าวที่ความชื้น 14% = (น้ำหนักเมล็ดข้าวที่ความชื้นนั้น ๆ × (100-% ความชื้นนั้น / (100-14)))

3) เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเมล็ดลีบ ทำการสุ่มรวงข้าวจำนวน 3 รวง นำเมล็ดออกจากรวง แยกเมล็ดดีและเมล็ดลีบออกจากกัน เมล็ดดี (Filled) คือ เมล็ดที่มีเนื้อเมล็ดสมบูรณ์ เมล็ดลีบ คือ เมล็ดที่มีเนื้อไม่เต็ม (Partially filled) และเมล็ดที่ไม่มีเนื้อ (Unfilled) แล้วนำจำนวนเมล็ดทั้ง 2 ประเภทที่นับได้มาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ ได้จาก

จำนวนเมล็ดทั้งหมด = จำนวนเมล็ดดี + จำนวนเมล็ดลีบ

% เมล็ดดี = (จำนวนเมล็ดดี / จำนวนเมล็ดทั้งหมด) × 100

% เมล็ดลีบ = (จำนวนเมล็ดลีบ / จำนวนเมล็ดทั้งหมด) × 100

4) น้ำหนักเมล็ดดีต่อรวง จากข้อ 3 ไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง และนำไปคำนวณน้ำหนักเมล็ดดีต่อรวง

5) ผลผลิตของข้าว คำนวณเป็นผลผลิตต่อแปลง

6) ดัชนีเก็บเกี่ยว คำนวณได้จากสูตร

ดัชนีเก็บเกี่ยว = น้ำหนักเมล็ด/ น้ำหนักแห้ง (เมล็ด + ฟาง)

3.3.1.6 การวิเคราะห์ธาตุอาหารในฟางข้าว นำตัวอย่างฟางจากข้อ 3.3.1.4 มาบดให้ละเอียด และทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารในตัวอย่างฟางข้าวตามวิธีการในข้อ 3.4

3.3.2 การทดลองในเรือนทดลอง

การวางแผนการทดลองและกรรมวิธีที่ศึกษาเป็นวิธีการที่ศึกษาต่อจากข้อ 3.2.2 และมีการเพิ่มกรรมวิธีที่ 9 ใส่ปุ๋ยเคมี (ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 จำนวน 2 ครั้ง คือ ในช่วงหลังปักดำไม่เกิน 15 วัน และในระยะกำเนิดช่อดอก อัตรา 7 kg/rai) ทำการปลูกข้าวพันธุ์ กข 49 แบบนาดำ จำนวน 2 ต้นต่อกระถาง ทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าว และปลูกข้าวจนถึงระยะเก็บเกี่ยว จึงทำการเก็บตัวอย่างข้าวและดิน

3.3.2.1 การวัดการเจริญเติบโตของข้าว ทำการวัดการเจริญเติบโตข้าวทุก 7 วัน (วันที่ 0 7 14 21 28 35 42 49 56 63 70 77 84 91 98 และ 105 วันหลังปักดำ) จนถึงระยะเก็บเกี่ยว โดยทำการวัดความสูงด้วยวิธีการวัดจากพื้นดินจนถึงปลายใบด้วยวิธีรวบใบ และนับจำนวนหน่อต่อกอ

3.3.2.2 การเก็บตัวอย่างข้าว โดยเก็บตัวอย่างข้าวในระยะเก็บเกี่ยว (105 วันหลังปักดำ) ทำการตัดส่วนเหนือดินของข้าวทั้งหมด แล้วนำมาแยกเป็นส่วนของฟางข้าวและรวงข้าว

3.3.2.3 การเก็บตัวอย่างดิน สุ่มเก็บตัวอย่างดิน 4 จุดต่อกระถาง ด้วย soil tube เก็บตัวอย่างดิน 2 ส่วน คือ เก็บเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน

3.3.2.4 การเก็บตัวอย่างรากข้าว ทำการแบ่งดินในกระถางออกเป็น 8 ส่วน และนำรากออกจากดินเพียง 1/8 ของกระถาง ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง และน้ำกลั่น 1 ครั้ง ซับตัวอย่างเบา ๆ ด้วยกระดาษทิชชู บรรจุใส่ถุงกระดาษ และชั่งน้ำหนักสดด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ และทำการชั่งน้ำหนักแห้งหลังอบด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง แล้วนำไปคำนวณหาน้ำหนักรากของข้าวทั้งกระถาง

3.3.2.5 การหาน้ำหนักสด-แห้งของฟางข้าว นำตัวอย่างฟางจากข้อ 3.3.2.2 ตัดเป็นท่อนยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง และน้ำกลั่น 1 ครั้ง ซับตัวอย่างเบา ๆ ด้วยกระดาษทิชชู บรรจุใส่ถุงกระดาษ และชั่งน้ำหนักสดด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ และทำการชั่งน้ำหนักแห้งหลังอบด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

3.3.2.6 การหาองค์ประกอบผลผลิตของข้าว (กิตติศักดิ์ ศรีทุมมา. 2552) นำตัวอย่างรวงข้าวจากข้อ 3.3.2.2 มาทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบผลผลิตข้าว ดังนี้

1) จำนวนรวงต่อกอ นับจำนวนรวงทั้งหมดที่เก็บตัวอย่างและนำมาหาค่าเฉลี่ย

2) น้ำหนัก 1,000 เมล็ด สุ่มนับ 1,000 เมล็ด แล้วชั่งน้ำหนัก และนำไปคำนวณน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้น 14%

น้ำหนักเมล็ดข้าวที่ความชื้น 14% = (น้ำหนักเมล็ดข้าวที่ความชื้นนั้น ๆ × (100-% ความชื้นนั้น / (100-14)))

3) เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเมล็ดลีบ ทำการสุ่มรวงข้าวจำนวน 3 รวง นำเมล็ดออกจากรวง แยกเมล็ดดีและเมล็ดลีบออกจากกัน เมล็ดดี (Filled) คือ เมล็ดที่มีเนื้อเมล็ดสมบูรณ์ เมล็ดลีบ คือ เมล็ดที่มีเนื้อไม่เต็ม (Partially filled) และเมล็ดที่ไม่มีเนื้อ (Unfilled) แล้วนำจำนวนเมล็ดทั้ง 2 ประเภทที่นับได้มาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ ได้จาก

จำนวนเมล็ดทั้งหมด = จำนวนเมล็ดดี + จำนวนเมล็ดลีบ

% เมล็ดดี = (จำนวนเมล็ดดี / จำนวนเมล็ดทั้งหมด) × 100

% เมล็ดลีบ = (จำนวนเมล็ดลีบ / จำนวนเมล็ดทั้งหมด) × 100

4) น้ำหนักเมล็ดดีต่อรวง จากข้อ 3 ไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง และนำไปคำนวณน้ำหนักเมล็ดดีต่อรวง

5) ผลผลิตของข้าว คำนวณเป็นผลผลิตต่อไร่

6) ดัชนีเก็บเกี่ยว คำนวณได้จากสูตร

ดัชนีเก็บเกี่ยว = น้ำหนักเมล็ด/ น้ำหนักแห้ง (เมล็ด + ฟาง)

3.3.2.7 การวิเคราะห์ธาตุอาหารในฟางข้าว นำตัวอย่างฟางจากข้อ 3.2.2.5 มาบดให้ละเอียดและทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารในตัวอย่างฟางข้าวตามวิธีการในข้อ 3.4

3.4 การวิเคราะห์พืช

3.4.1 การวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในพืช

ชั่งตัวอย่างฟางข้าว 0.25 g จากนั้นชั่งสารเร่งปฏิกิริยา (Mixed catalyst) ประมาณ 1 g และเติม Conc.H_2SO_4 4 ml ย่อยที่อุณหภูมิที่ 378 ^{o}C เป็นเวลา 3-4 hr จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีใส นำไปกลั่นโดยเติม 40% NaOH 10 ml รองรับด้วย Boric acid indicator 20 ml และนำสารละลายที่กลั่นได้ไปไทเทรตด้วย Standard H_2SO_4 (เข้มข้น 0.5 *N*) จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง แล้วคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนได้จากสูตร

$$\% \text{ Total N} = ((A - B) \times C \times 14 \times 100) / (\text{Sample weight (g)} \times 1000)$$

โดย

A = ml ของ Standard H_2SO_4 ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง

B = ml ของ Standard H_2SO_4 ที่ใช้ไทเทรต Blank

C = ความเข้มข้นของ Standard H_2SO_4 ในหน่วย Normality

14 = น้ำหนักสมมูล (Equivalent weight) ของไนโตรเจน

3.4.2 การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในพืช

ชั่งตัวอย่างฟางข้าวใส่ Crucible 0.25 g นำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 °C นาน 6 hr จากนั้นเติม Aqua regia 10 ml ทิ้งไว้นาน 24 hr ปรับปริมาตรเป็น 50 ml และกรองสารละลาย จากนั้นปิเปตสารละลาย 5 ml และเติม Free acid 5 ml วัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 nm แล้วคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัสได้จากสูตร

$$\% \text{ Total P} = (\text{ppm in curve} \times \text{Final volume}) / (\text{Sample weight (g)} \times \text{ml of aliquot} \times 10000)$$

3.4.3 การวิเคราะห์โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีสในพืช

ชั่งตัวอย่างฟางข้าวใส่ Crucible 0.25 g นำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 °C นาน 6 hr จากนั้นเติม Aqua regia 10 ml ทิ้งไว้นาน 24 hr ปรับปริมาตรเป็น 50 ml และกรองสารละลาย วัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer คำนวณค่าได้จากสูตร

$$\% \text{ Total M} = (\text{ppm sample} - \text{ppm blank} \times \text{Final volume}) / (\text{Sample weight (g)} \times 10000)$$

3.5 การวิเคราะห์ดิน

3.5.1 ความเป็นกรดด่างของดิน (อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1)

ชั่งดิน 10 g และเติมน้ำกลั่น 10 ml คนให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นวัดค่าความเป็นกรดด่างด้วยเครื่อง pH meter ในส่วนที่เป็นสารละลายใสด้านบน

3.5.2 การวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า (อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:5)

ชั่งดิน 10 g และเติมน้ำกลั่น 50 ml คนให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง EC meter ในส่วนที่เป็นสารละลายใสด้านบน

3.5.3 อินทรียวัตถุในดิน โดยวิธี Loss on ignition

นำ Crucible ไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 2 hr นำไปชั่งน้ำหนัก (Crucible wt.) จากนั้นชั่งตัวอย่างดิน 5 g ใส่ลงใน Crucible อบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 2 hr แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (w105) จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 400 °C นาน 4 hr แล้วชั่งน้ำหนัก (w400) นำค่าน้ำหนักที่ได้คำนวณหาค่า % OM โดยสมการ

$$\% \text{ OM} = ((\text{W105} - \text{W400}) / (\text{W105} - \text{Crucible wt.})) \times 100$$

3.5.4 ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน

คำนวณจากปริมาณ % OM โดยคำนวณจากสมการ

$$\% \text{ Total N} = \% \text{ OM} \times 0.5$$

3.5.5 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

ชั่งดิน 2.5 g เติมสารละลาย Bray II 25 ml เขย่าทันทีเป็นเวลา 40 วินาที กรองสารละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นดูดสารละลายใส 1-10 ml เติมน้ำกลั่น 5 ml และเติม Ascorbic acid หรือ Reagent B 4 ml เขย่าให้กัน เมื่อเกิดสีน้ำเงินขึ้น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 25 ml เขย่าแล้วทิ้งไว้ 30 นาที จะได้สารละลายสีน้ำเงิน นำสารละลายสีน้ำเงินไปวัดค่าความเข้มข้นของสี ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 nm คำนวณปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จากสูตร

$$\text{mg P/kg} = (\text{ml P / ml from standard curve} \times (\text{Final volume / Aliquot}) \times (\text{ml of Extractant / wt. of sample})$$

3.5.6 เบสที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

ชั่งดิน 2.5 g เติมน้ำยาสกัด NH_4OAc (pH 7) 50 ml และนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่านาน 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ K^+ Ca^{2+} Mg^{2+} โดยวัดความเข้มข้นเทียบกับสารละลายมาตรฐาน ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectroscopy จากนั้นคำนวณปริมาณเบสที่แลกเปลี่ยนได้จากสูตร

$$\text{Exchangeable M (mg/kg)} = (\text{ppm in Curve (sample) - blank}) \times (\text{ml of Extractant / wt. of Sample}) \times \text{Dilution factor}$$

3.5.7 ทองแดง เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในดิน

ชั่งดิน 10 g และเติมน้ำยาสกัด 0.005*M* DTPA ปริมาตร 20 ml ปิดปาก Flask ด้วยพาราฟิล์ม นำไปเขย่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 120 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และ

นำสารละลายที่ได้วัดความเข้มข้นเทียบกับสารละลายมาตรฐาน ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectroscopy คำนวณความเข้มข้นของทองแดง เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีได้จากสูตร

$$\text{Exchangeable M (mg/kg)} = (\text{ppm in curve (sample)} - \text{blank}) \times (\text{ml of extractant} / \text{wt. of sample}) \times \text{dilution factor}$$

3.6 กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน

3.6.1 การปลดปล่อย CO_2 จากดิน

ชั่งดิน 20 g เติม 1 *N* NaOH 5 ml มัดด้ายแล้วห้อยลงจากปาก Flask ปิดจุกให้สนิท นำไปบ่มที่ 30 ^{o}C เป็นเวลา 24 hr พอครบเวลานำหลอดมาเติม $BaCl_2$ 5 ml จากนั้นหยด Phenolphthalein 2-3 หยด และไทเตรทด้วย 0.5 *N* HCl จนถึงจุดยุติ (เปลี่ยนจากชมพูเป็นขาวขุ่น) และคำนวณหาปริมาณก๊าซ CO_2 ที่ถูกปลดปล่อยออกมาต่อดิน 100 g จากสูตร

$$\text{mg of C or } CO_2 = ((B - V) \times N \times E) / m$$

โดยที่

B = ml ของกรดที่ไทเตรต Blank

V = ml ของกรดที่ไทเทรต Sample

N = ความเข้มข้นเป็น Normal ของกรดที่ไทเตรต

E = Equivalent weight ของ C มีค่าเท่ากับ 6

Equivalent weight ของ CO_2 มีค่าเท่ากับ 22

m = น้ำหนักตัวอย่างดิน (g)

3.6.2 การหาปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอน (MBC) และชีวมวลจุลินทรีย์ไนโตรเจน (MBN)

3.6.2.1 วิธีการรม

แบ่งดินสดเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 25 g (น้ำหนักแห้ง) ดินต้องมีความชื้นมากกว่า 30 % แต่ไม่เกิน 50 % โดยส่วนที่ 1 ไม่รม สกัดด้วย 0.5 *M* K_2SO_4 ปริมาตร 100 ml (อัตราส่วนการสกัด 4 :1) เขย่าบนเครื่องเขย่า 200 รอบต่อนาที นาน 30 นาที จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 และส่วนที่ 2 รมที่อุณหภูมิ 25 ^{o}C นาน 24 hr ในที่มืด โดยนำตัวอย่างใส่ Desicator จากนั้นตวง $CHCl_3$ และปั๊มอากาศออก จนกระทั่ง $CHCl_3$ เดือดนาน 2 นาทีจึงหยุด และรอจน $CHCl_3$ เดือดและระเหยจนหมดจึงย้าย Desicator ไปไว้ในที่มืด เมื่อครบเวลาสกัดดินด้วย 0.5 *M* K_2SO_4 เช่นเดียวกับตัวอย่างดินที่ไม่ได้รม

3.6.2.2 การหาปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอน วิธี Dichromate oxidation

ดูดสารละลาย 4 ml แล้วเติม 0.0677 *M* $K_2Cr_2O_7$ 1 ml และ Conc. H_2SO_4 5 ml จากนั้นต้มที่อุณหภูมิ 150 °C นาน 30 นาที และทำการเตรียม blank 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 ต้มที่อุณหภูมิ 150 °C และชุดที่ 2 ไม่ต้ม (โดยใช้ 0.5 *M* H_2SO_4 แทนตัวอย่าง) เมื่อต้มเสร็จ เติม O-phenanthroline monohydrate 0.3 ml จากนั้นไตเตรทด้วย Ferrous ammonium sulphate solution จากสีเขียวหรือม่วงจนเปลี่ยนเป็นสีแดง (ดัดแปลงจากวิธีของ Vance *et al*. 1987)

$$\text{Organic C } (\mu g/ml) = (H - S) / ((C \times M \times D) / (A \times 3 \times 1000))$$

เมื่อ

S = สารที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง (ml)

C = สารที่ใช้ไทเทรตตัวอย่างที่ไม่ต้ม (ml)

H = สารที่ใช้ไทเทรต Blank ที่ต้ม (ml)

D = ปริมาณ $K_2Cr_2O_7$ ที่ใช้ (ml)

M = ความเข้มข้นของ $K_2Cr_2O_7$ (N)

A = ปริมาณ aliquot ที่ใช้ (ml)

$$\text{Organic C } (\mu g/g) = (\mu g/ml) / ((K / DW) + W))$$

เมื่อ

DW = น้ำหนักดินแห้ง (g)

K = ปริมาณของ K_2SO_4 ที่ใช้สกัด (ml)

W = ความชื้นของดิน

$$\text{Biomass C} = EC / KEC$$

เมื่อ

EC = (organic C ที่รมด้วย Chloroform) - (organic C ที่ไม่รมด้วย Chloroform)

KEC = 0.38

3.6.2.3 การหาปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์ไนโตรเจน

ดูดสารละลาย 10 ml แล้วกลั่นด้วย 10 *M* NaOH 40 ml จับ NH_3 ด้วย 2% H_3BO_3 และไตเตรทด้วย 10 μ*M* HCl (pH 4.8) (Brookes *et al.* 1968)

$$N\ (\mu g/g) = (S\text{-}B)/((A \times M \times N \times 1000 \times (K/DW + W))$$

เมื่อ

S = HCl ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง (ml)

N = 14

B = HCl ที่ใช้ไทเทรต Blank (ml)

A = ปริมาณ aliquot ใช้ (ml)

M = ความเข้มข้นของ HCl (*M*)

K = ปริมาณของ K_2SO_4 ที่ใช้สกัด (ml)

DW = น้ำหนักดินแห้ง (g)

W = ความชื้นของดิน

$$\text{Biomass N} = EC / KEC$$

เมื่อ

E = [(N (μg/g) ที่รมด้วย Chloroform) - (N (μg/g) ที่ไม่รมด้วย Chloroform)]

KEC = 0.45

3.6.3 เอนไซม์โปรติเอส

ชั่งดินสด 1 g ใส่ใน Centrifuge tube เติม Tris-buffer 5 ml เติม Sodium caseinate solution 5 ml ปิดฝา และบ่มที่อุณหภูมิ 50 ^{o}C นาน 2 hr เมื่อครบเวลา เติม TCA solution 5 ml ผสมให้เข้ากัน และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000-12,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที หลังจากนั้นดูดสารละลายใสส่วนบน 5 ml เติม Alkaline reagent 7.5 ml และบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 hr จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 700 nm (Ladd and Butler. 1972) คำนวณจากสูตร

$$\mu g \text{ tyrosine/ g dwt/ 2hr} = (C \times 15) / dwt$$

เมื่อ

c = ความเข้มข้นที่วัดได้ของ tyrosine

15 = ปริมาณสุดท้าย

dwt = น้ำหนักดินแห้งต่อดินสด 1 g

3.6.4 เอนไซม์ยูรีเอส

ชั่งดิน 5 g เติม Urea solution 2.5 ml และ Borate buffer 20 ml ปิดปาก Flask และบ่มที่อุณหภูมิ 37 ^{o}C นาน 2 hr เมื่อครบเวลาเติม KCl solution 30 ml และเขย่านาน 30 นาที จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง และนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์แอมโมเนียม โดยการปิเปตสารละลายที่กรองได้ 1 ml เติมน้ำกลั่น 9 ml เติม Na salicylate/NaOH solution 5 ml และเติม Sodium dichlorocyanide solution 2 ml ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 690 nm (Kandelar and Gerbe. 1972) คำนวณจากสูตร

$$\mu g\ NH_4\text{-}N/g\ dwt/2\ hr = (\mu g\ NH_4\text{-}N / ml \times V \times 10) / (dwt \times 2.5)$$

เมื่อ

$\mu g\ NH_4$-N/ml	= ความเข้มข้นแอมโนเนียมที่วัดได้
V	= ปริมาณสุดท้าย (26.3 ml)
10	= ปริมาณสารละลายที่ใช้วัด (ml)
dwt	= น้ำหนักดินแห้งต่อดินสด 1 g
2.5	= น้ำหนักดินตัวอย่าง (g)

3.6.5 เอนไซม์เซลลูเลส

ชั่งดิน 5 g เติม Acetate buffer 15 ml และ CMC solution 15 ml ปิดปาก Flask และบ่มที่อุณหภูมิ 50 ^{o}C นาน 24 hr เมื่อครบเวลากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และปิเปตสารละลายที่กรองได้ 1 ml แล้วเติมน้ำกลั่น 20 ml ปิเปตสารละลาย 1 ml แล้วเติม Reagent A 1 ml และ Reagent B 1 ml ปิดปากหลอดแล้วผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำตัวอย่างไปต้มใน Water bath อุณหภูมิ 100 ^{o}C นาน 15 นาที แล้วเติม Reagent C 5 ml ผสมให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 20 ^{o}C นาน 1 hr และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 690 nm (Schinner and Von. 1972) คำนวณจากสูตร

$$Glucose\ (\mu g/g\ dwt\ /24\ h) = (c \times v \times f) / (sw \times dwt)$$

เมื่อ

c	= ความเข้มข้นของกลูโคสที่วัดได้ (µg glucose/ml filtrate)
r	= ปริมาตรของตัวอย่างที่ทดลอง (30 ml)
f	= ความเจือจาง (ดินเกษตร = 20 ดินอินทรีย์ = 40)
sw	= น้ำหนักดินสดที่ใช้ (g)

dwt = น้ำหนักดินแห้งของดินสด 1 g

3.6.6 เอนไซม์ฟอสฟาเตส

ชั่งตัวอย่างดิน 1 g เติม Modified universal buffer (MUB) pH 6.5 4 ml และ 15 *mM* p-Nitrophenol phosphate solution (PNP) 1 ml บ่มที่อุณหภูมิ 37 ^{o}C เป็นเวลา 1 hr จากนั้นเติม Toluene 0.25 ml และ 0.5 *M* NaOH 4 ml ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 2 หลังจากนั้นนำตัวอย่างสารละลายที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานที่ความยาวคลื่น 400 nm (Tabatabai and Bremner. 1969; Eivazi and Tabatabai. 1977) คำนวณจากสูตร

$$\mu g/g\ dwt/\ h=(C \times V) / (dwt \times SW \times t)$$

เมื่อ

C = ความเข้มข้นที่วัดได้ของ p-Nitrophenol

V = ปริมาณสุดท้าย (ml)

dwt = น้ำหนักดินแห้งต่อดินสด 1 g

SW = น้ำหนักดินตัวอย่าง (g)

t = เวลาที่ใช้ในการบ่ม (hr)

3.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variances (ANOVA) ด้วยโปรแกรม Statistical Analysis System (SAS) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P \leq 0.05$)

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ดินที่ใช้ในการศึกษาเป็นชุดดินกำแพงเพชร ที่เก็บตัวอย่างจากอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร สมบัติทางเคมีดินก่อนการทดลอง พบว่า ความเป็นกรดด่างในดินมีค่าเท่ากับ 6.14 ซึ่งดินมีความเป็นกรดเล็กน้อย ปริมาณการนำไฟฟ้าของดิน มีค่าเท่ากับ 50.03 µS/cm ซึ่งดินไม่มีความเค็มสามารถปลูกพืชได้ ปริมาณทองแดงที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเท่ากับ 3.78 mg/kg ซึ่งอยู่ในระดับต่ำมาก ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าเท่ากับ 2.86 % 0.14 % 68.27 mg/kg และ 237.09 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเท่ากับ 3.40 mg/kg ซึ่งอยู่ในระดับสูง และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เหล็กที่แลกเปลี่ยนได้ และแมงกานีสที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าเท่ากับ 88.91 mg/kg 1,685.28 mg/kg 254.01 mg/kg และ 17.35 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับสูงมาก (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง

Chemical properties	Average
pH (1:1)	6.14
EC (1:5) (µS/cm)	50.03
OM (%)	2.86
Total N (%)	0.14
Available P (mg/kg)	88.91
Exchangeable K (mg/kg)	68.27
Exchangeable Ca (mg/kg)	1,685.28
Exchangeable Mg (mg/kg)	237.09
Exchangeable Fe (mg/kg)	254.01
(0.005*M* DTPA) Zn (mg/kg)	3.40
(0.005*M* DTPA) Cu (mg/kg)	3.78
(0.005*M* DTPA) Mn (mg/kg)	17.35

การวิเคราะห์กิจกรรมของจุลินทรีย์ก่อนการทดลอง พบว่า ปริมาณการหายใจของจุลินทรีย์มีค่าเท่ากับ 0.03 mg CO_2/g soil ปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอนมีค่าเท่ากับ 0.0001 µg/g soil ปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์ไนโตรเจนมีค่าเท่ากับ 4.56 µg/g soil เอนไซม์ยูรีเอสมีค่าเท่ากับ 2.56 µg NH_4-N/g dwt เอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตสมีค่าเท่ากับ 6.52 µg/g dwt เอนไซม์โปรติเอสมีค่าเท่ากับ 0.43 µg tyrosine/g dwt และเอนไซม์เซลลูเลสมีค่าเท่ากับ 27.88 µg/g dwt (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินก่อนการทดลอง (ชุดดินกำแพงเพชร เก็บตัวอย่างจากอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร)

Microbial activity	**Average**
Soil respiration (mg CO_2/g soil)	0.03
MBC (µg/g soil)	0.0001
MBN (µg/g soil)	4.56
Urease (µg NH_4-N/g dwt)	2.56
Acid-phosphatase (µg/g dwt)	6.52
Protease (µg tyrosine/g dwt)	0.43
Cellulase (µg/g dwt)	27.88

4.1 การศึกษาผลของสมบัติทางเคมีและกิจกรรมของจุลินทรีย์หลังปลูกพืชปุ๋ยสด

4.1.1 การทดลองในแปลง

การศึกษาอายุออกดอกแรก และ ดอกบาน 50 % พบว่า ปอเทืองมีอายุวันที่เริ่มออกดอกแรกสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 41.60 วัน รองลงมาคือ ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว และถั่วเหลือง ตามลำดับ ($P<0.01$) และถั่วพุ่มมีอายุเฉลี่ยดอกบาน 50 % สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 47.20 วัน รองลงมา คือ ปอเทือง ถั่วพร้า ถั่วเขียว และถั่วเหลืองตามลำดับ ($P<0.01$) ถั่วเขียวมีน้ำหนักสดส่วนเหนือดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 567.34 g รองลงมาคือ ถั่วพุ่ม ถั่วเหลือง ปอเทือง และถั่วพร้า ตามลำดับ ($P<0.01$) ถั่วเขียวมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 34.05 g รองลงมาคือ ถั่วพุ่ม ปอเทือง ถั่วเหลือง และถั่วพร้า ตามลำดับ ($P<0.01$) (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 อายุเริ่มออกดอกแรก ดอกบาน 50 % และน้ำหนักสด-แห้งส่วนเหนือดินของพืชปุ๋ยสดชนิดต่าง ๆ (การทดลองในแปลง)

Plant type	First flowering (day)	50% flowering (day)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)
Sunn hemp	41.60 a	46.40 a	451.47 bc	28.46 bc
Jack bean	41.33ab	46.00 a	423.74 c	27.29 c
Cowpea	40.00 b	47.20 a	519.27 ab	31.18 ab
Mungbean	29.86 c	35.00 b	567.34 a	34.05 a
Soybean	29.00 c	34.69 b	464.85 bc	27.63 c
F-test	**	**	**	**
CV (%)	5.55	5.62	10.82	6.78

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในส่วนเหนือดินของพืชปุ๋ยสด พบว่า ถั่วเหลืองมีปริมาณไนโตรเจนในส่วนเหนือดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 3.74 % รองลงมาคือ โสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม ปอเทือง กระถินณรงค์ ถั่วเขียว และถั่วพร้า ตามลำดับ (P<0.01) ถั่วเขียวมีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.54 % รองลงมา คือ ถั่วพุ่ม ถั่วเหลือง โสนอัฟริกัน ถั่วพร้าปอเทือง และกระถินณรงค์ ตามลำดับ (P<0.01) ถั่วพุ่มมีปริมาณโพแทสเซียมในส่วนเหนือดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 9.59 % รองลงมา คือ ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ปอเทือง ถั่วพร้า โสนอัฟริกัน และกระถินณรงค์ ตามลำดับ (P<0.01) ถั่วพร้ามีปริมาณแคลเซียมในส่วนเหนือดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 3.18 % รองลงมา คือ ถั่วพุ่ม โสนอัฟริกัน ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ปอเทือง และกระถินณรงค์ ตามลำดับ (P<0.01) ถั่วพุ่มมีปริมาณแมกนีเซียมในส่วนเหนือดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.50 % รองลงมาคือ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วพร้า ปอเทือง โสนอัฟริกัน และกระถินณรงค์ ตามลำดับ (P<0.01) ถั่วเขียวมีปริมาณเหล็กในส่วนเหนือดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.43 % รองลงมา คือ ถั่วเหลือง ถั่วพุ่ม โสนอัฟริกัน ถั่วพร้า ปอเทือง และกระถินณรงค์ ตามลำดับ (P<0.01) ถั่วเหลืองและถั่วพุ่มมีปริมาณสังกะสีในส่วนเหนือดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.007 % รองลงมา คือ ถั่วเขียว ถั่วพร้า โสนอัฟริกัน ปอเทือง และกระถินณรงค์ ตามลำดับ (P<0.01) ถั่วเขียวและโสนอัฟริกันมีปริมาณทองแดงในส่วนเหนือดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.0011 % รองลงมาคือ ถั่วเหลือง ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม กระถินณรงค์ และปอเทือง ตามลำดับ (P<0.01) และโสนอัฟริกันมีปริมาณแมงกานีสในส่วนเหนือดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.034 % รองลงมาคือ กระถินณรงค์ ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว ปอเทือง ถั่วเหลือง และถั่วพร้า ตามลำดับ (P<0.01) (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณธาตุอาหารในพืชปุ๋ยสดชนิดต่าง ๆ (การทดลองในแปลง)

Plant type	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (%)	Zn (%)	Cu (%)	Mn (%)
Sunn hemp	2.84 b	0.43 d	6.84 c	0.99 d	0.28 b	0.02 c	0.003 d	0.0007 c	0.006 de
Jack bean	1.91 c	0.48 c	6.73 c	3.18 a	0.36 b	0.04 c	0.004 cd	0.0009 ab	0.003 e
Cowpea	2.90 b	0.52 ab	9.59 a	2.54 b	0.50 a	0.05 c	0.007 a	0.0009 ab	0.011 bc
Mungbean	2.59 b	0.54 a	8.05 b	1.75 c	0.44 a	0.43 a	0.005 b	0.0011 a	0.008 cd
Soybean	3.74 a	0.50 bc	7.55 bc	1.74 c	0.48 a	0.31 b	0.007 a	0.0010 ab	0.005 de
African sesbania	3.52 a	0.50 bc	5.44 d	2.41 b	0.28 b	0.05 c	0.004 cd	0.0011 a	0.034 a
Earleaf acacia	2.66 b	0.23 e	4.53 d	0.72 d	0.14 c	0.01 c	0.002 e	0.0008 bc	0.014 b
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	13.74	7.73	11.78	22.82	18.78	13.94	6.57	15.65	21.51

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกพืชปุ๋ยสดในแปลง พบว่า ดินที่มีการปลูกถั่วพร้ามีปริมาณความเป็นกรดด่างในดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 5.95 รองลงมาคือ ดินที่มีการปลูกปอเทืองและถั่วพุ่ม ถั่วเขียว ถั่วเหลือง และไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสด ตามลำดับ ($P<0.01$) ดินที่ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสดมีปริมาณการนำไฟฟ้าในดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 126.60 μS/cm รองลงมาคือ ดินที่มีการปลูกถั่วเหลือง ปอเทือง ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว และถั่วพร้า ตามลำดับ ($P<0.01$) ดินที่ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสดมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 3.59 % รองลงมาคือ ดินที่มีการปลูกถั่วเหลือง ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม ปอเทือง และถั่วเขียว ตามลำดับ ($P<0.01$) ดินที่ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสดมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.18 % รองลงมาคือ ดินที่มีการปลูกถั่วเหลือง ถั่วพร้าและถั่วพุ่ม ปอเทืองและถั่วเขียว ตามลำดับ ($P<0.01$) ดินที่ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสดมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 98.20 mg/kg รองลงมาคือ ดินที่มีการปลูกถั่วเหลือง ปอเทือง ถั่วเขียว ถั่วพร้า และถั่วพุ่ม ตามลำดับ ($P<0.01$) ดินที่ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสดมีปริมาณเหล็กที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 357.80 mg/kg รองลงมาคือ ดินที่มีการปลูกถั่วพุ่ม ถั่วพร้า ปอเทือง ถั่วเหลือง และถั่วเขียว ตามลำดับ ($P<0.05$) และดินไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสดมีปริมาณสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 4.48 mg/kg รองลงมาคือ ดินที่มีการปลูกถั่วเหลือง ถั่วพร้า ปอเทือง ถั่วพุ่ม และถั่วเขียว ตามลำดับ ($P<0.05$) แต่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 91.30-98.04 mg/kg 1,610.20-1,729.40 mg/kg และ 235.86-257.56 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 สมบัติทางเคมีดินหลังจากปลูกพืชปุ๋ยสดชนิดต่าง ๆ (การทดลองในแปลง)

Plant type	pH (1:1)	EC (1:5) (µS/cm)	OM (%)	N (%)	Available P (mg/kg)	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
						Exchangeable (mg/kg)			0.005*M* DTPA (mg/kg)			
Control	5.37 b	126.60 a	3.59 a	0.18 a	94.07	98.20 a	1,664.30	248.22	357.80 a	4.48 a	3.50	12.54
Sunn hemp	5.90 a	42.20 b	2.94 d	0.15 d	96.81	74.50 bc	1,674.90	248.11	314.42 abc	3.82 bc	3.22	12.17
Jack bean	5.95 a	39.46 b	3.18 bc	0.16 bc	95.18	42.58 d	1,707.10	245.76	347.94 ab	3.90 bc	3.33	10.66
Cowpea	5.90 a	41.92 b	3.11 cd	0.16 bc	91.30	47.10 d	1,610.20	235.86	348.66 ab	3.70 bc	3.12	11.69
Mung bean	5.86 a	41.84 b	2.92 d	0.15 d	95.71	53.90 cd	1,638.40	237.86	293.64 c	3.50 c	3.17	9.80
Soybean	5.85 a	56.26 b	3.34 b	0.17 b	98.04	79.06 ab	1,729.40	257.56	301.16 bc	4.22 ab	3.37	7.62
F-test	**	**	**	**	ns	**	ns	ns	*	*	ns	ns
CV (%)	2.28	23.37	4.57	4.57	4.17	24.83	7.09	6.87	11.55	10.67	6.85	22.77

การวิเคราะห์กิจกรรมและเอนไซม์ของจุลินทรีย์ดินหลังปลูกพืชปุ๋ยสดในแปลง พบว่า ดินที่มีการปลูกถั่วเขียวส่งผลให้ดินมีปริมาณการหายใจของจุลินทรีย์สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.55 mg CO_2/g soil รองลงมาคือ ดินที่มีการปลูกถั่วพร้า ถั่วเหลือง ถั่วพุ่ม ปอเทือง และไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสด ตามลำดับ ($P<0.01$) ดินที่ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสด ปอเทือง ถั่วเขียว และถั่วเหลืองมีปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอนเท่ากับ 0.0003 µg/g soil และดินที่มีการปลูกถั่วพร้ามีปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอนเท่ากับ 0.0002 µg/g soil ($P<0.01$) ดินที่มีการปลูกปอเทืองมีปริมาณเอนไซม์ยูรีเอสสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.24 µg NH_4-N/g dwt รองลงมาคือ ดินที่มีการปลูกถั่วเหลือง ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสด ถั่วเขียว ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า ตามลำดับ ($P<0.01$) แต่ปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์ไนโตรเจน เอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตส เอนไซม์โปรติเอส และเอนไซม์เซลลูเลส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.63-8.40 µg/g soil 15.31-17.50 µg/g dwt 1.55-1.76 µg tyrosine/g dwt และ 337.01-368.17 µg/g dwt ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 กิจกรรมจุลินทรีย์และเอนไซม์ในดินหลังจากปลูกพืชปุ๋ยสดชนิดต่าง ๆ (การทดลองในแปลง)

Treatment	CO_2 (mg CO_2/g soil)	MBC (µg/g soil)	MBN (µg/g soil)	Phosphatase (µg/g dwt)	Urease (µg NH_4-N/g dwt)	Protease (µg tyrosine/g dwt)	Cellulase (µg/g dwt)
Control	0.33 c	0.0003 a	5.82	15.39	0.69 abc	1.55	353.92
Sunn hemp	0.35 bc	0.0003 a	8.40	16.82	1.24 a	1.76	337.01
Jack bean	0.53 a	0.0002 b	7.62	16.89	0.10 c	1.59	368.17
Cowpea	0.47 ab	0.0003 a	5.63	15.31	0.25 bc	1.64	340.97
Mung bean	0.55 a	0.0003 a	5.92	15.98	0.45 bc	1.55	352.78
Soybean	0.52 a	0.0003 a	7.21	17.50	0.77 ab	1.73	344.77
F-test	**	**	ns	ns	**	ns	ns
CV (%)	21.98	6.52	19.15	7.37	13.55	8.17	5.13

4.1.2 การทดลองในเรือนทดลอง

การศึกษาอายุเฉลี่ยเริ่มออกดอกและดอกบาน 50 % พบว่า ถั่วพุ่มมีอายุเฉลี่ยวันที่เริ่มออกดอกแรกสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 42.13 วัน รองลงมา คือ ปอเทือง ถั่วพร้า ถั่วเขียว และถั่วเหลือง ตามลำดับ ($P<0.01$) ถั่วพุ่มมีอายุเฉลี่ยดอกบาน 50 % สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 47.20 วัน รองลงมาคือ ปอเทือง ถั่วพร้า ถั่วเขียว และถั่วเหลือง ตามลำดับ ($P<0.01$) ถั่วพร้ามีน้ำหนักสดส่วนเหนือดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 99.89 g รองลงมาคือ ถั่วพุ่ม ปอเทือง ถั่วเขียว และถั่วเหลือง ตามลำดับ ($P<0.01$) ถั่วพร้ามีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 22.97 g รองลงมาคือ ถั่วพุ่ม ปอเทือง ถั่วเขียว และถั่วเหลือง ตามลำดับ ($P<0.01$) ปอเทืองมีน้ำหนักรากสดสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 5.07 g รองลงมาคือ ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว ถั่วพร้า และถั่วเหลือง ตามลำดับ ($P<0.01$) และถั่วพร้ามีน้ำหนักรากแห้งสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.00 g รองลงมาคือ ปอเทือง ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว และถั่วเหลือง ตามลำดับ ($P<0.01$) (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 อายุเริ่มออกดอกแรก ดอกบาน 50 % น้ำหนักสด-แห้งส่วนเหนือดินและรากของพืชปุ๋ยสดชนิดต่าง ๆ (การทดลองในเรือนทดลอง)

Plant type	First flowering (day)	50% flowering (day)	Shoot		Root	
			Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Sunn hemp	41.00 a	46.40 a	71.01 b	13.74 b	5.07 a	0.96 a
Jack bean	40.67 a	46.00 a	99.89 a	22.97 a	2.20 c	1.00 a
Cowpea	42.13 a	47.20 a	98.12 a	15.11 b	4.65 a	0.86 a
Mungbean	30.67 b	35.00 b	70.08 b	12.45 b	3.28 b	0.76 a
Soybean	29.60 b	34.80 b	39.48 c	8.71 c	1.48 c	0.30 b
F-test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	5.84	5.61	15.46	17.99	11.12	13.34

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในพืชปุ๋ยสด จากการทดลองในเรือนทดลอง พบว่า ถั่วเหลืองมีปริมาณไนโตรเจนในส่วนเหนือดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 3.95 % รองลงมาคือ โสนอัฟริกัน ปอเทือง ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว กระถินณรงค์ และถั่วพร้า ตามลำดับ ($P<0.01$) ถั่วพุ่มมีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.57 % รองลงมาคือ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ปอเทือง โสนอัฟริกัน ถั่วพร้า และกระถินณรงค์ ตามลำดับ ($P<0.01$) ถั่วเขียวมีปริมาณโพแทสเซียมในส่วนเหนือดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 12.59 % รองลงมาคือ ถั่วพุ่ม ปอเทือง ถั่วเหลือง ถั่วพร้า และกระถินณรงค์ ตามลำดับ ($P<0.01$) โสนอัฟริกันมีปริมาณแคลเซียมในส่วนเหนือดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 2.30 % รองลงมาคือ ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว ถั่วเหลือง กระถินณรงค์ และปอเทือง ตามลำดับ ($P<0.01$) ถั่วเหลืองมีปริมาณแมกนีเซียมในส่วนเหนือดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.43 % รองลงมาคือ ถั่วเขียว ถั่วพุ่ม ปอเทืองโสนอัฟริกัน ถั่วพร้า และกระถินณรงค์ ตามลำดับ ($P<0.01$) ถั่วเหลืองมีปริมาณเหล็กในส่วนเหนือดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.05 % รองลงมาคือ ถั่วเขียว ปอเทือง โสนอัฟริกันและกระถินณรงค์ ถั่วพร้าและถั่วพุ่ม ตามลำดับ ($P<0.01$) ถั่วเหลืองมีปริมาณสังกะสีในส่วนเหนือดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.010 % รองลงมาคือ ปอเทือง ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว โสนอัฟริกัน ปอเทือง และ กระถินณรงค์ ตามลำดับ ($P<0.01$) ปอเทืองมีปริมาณแมงกานีสในส่วนเหนือดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.016 % รองลงมาคือ กระถินณรงค์ ถั่วเขียว ถั่วพุ่ม ถั่วเหลือง โสนอัฟริกัน และ

ถั่วพร้า ตามลำดับ ($P<0.01$) แต่ปริมาณทองแดงในส่วนเหนือดินไม่แตกต่างกันทางสถิต มีค่าอยู่ในช่วง 0.0007-0.0024 % (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 ปริมาณธาตุอาหารในพืชปุ๋ยสดชนิดต่าง ๆ (การทดลองในเรือนทดลอง)

Treatment	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (%)	Zn (%)	Cu (%)	Mn (%)
Sunn hemp	3.07 bc	0.51 b	10.84 b	0.89 e	0.30 c	0.03 b	0.006 b	0.0007	0.016 a
Jack bean	1.90 d	0.43 c	8.70 c	2.22 a	0.22 d	0.02 bc	0.003 d	0.0010	0.004 e
Cowpea	2.76 c	0.57 a	12.39 a	2.00 b	0.32 bc	0.02 bc	0.005 bc	0.0009	0.011 bc
Mungbean	2.75 c	0.52 b	12.59 a	1.52 c	0.39 ab	0.04 a	0.005 bc	0.0013	0.012 ab
Soybean	3.95 a	0.53 b	9.71 bc	1.38 c	0.43 a	0.05 a	0.010 a	0.0012	0.008 cd
African sesbania	3.53 ab	0.44 c	7.02 d	2.30 a	0.25 cd	0.03 b	0.005 bc	0.0024	0.005 de
Earleaf acacia	2.56 c	0.24 d	3.35 e	1.14 d	0.13 e	0.03 b	0.002 e	0.0007	0.013 ab
F-test	**	**	**	**	**	**	**	ns	**
CV (%)	14.44	8.36	14.19	12.57	14.38	18.61	21.14	19.88	14.80

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกพืชปุ๋ยสด การทดลองในเรือนทดลอง พบว่า ดินที่มีการปลูกถั่วเขียวทำให้ค่าความเป็นกรดด่างในดินมีปริมาณสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 5.51 รองลงมาคือ ดินที่มีการปลูกถั่วพร้า ถั่วพุ่ม ถั่วเหลือง ปอเทือง และไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสดตามลำดับ ($P<0.01$) ดินที่ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสดมีค่าการนำไฟฟ้าในดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 182.89 μS/cm รองลงมาคือ ดินที่มีการปลูกปอเทือง ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า ถั่วเหลือง และถั่วเขียว ตามลำดับ ($P<0.01$) ดินที่ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสดมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 3.45 % รองลงมาคือ ดินที่มีการปลูกถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า และปอเทือง ตามลำดับ ($P<0.01$) ดินที่ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสด ถั่วเขียวและถั่วเหลืองมีปริมาณไนโตรเจนในดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.17 % รองลงมาคือ ถั่วเขียว และปอเทืองกับถั่วพร้ามีปริมาณไนโตรเจนในดินเท่ากัน ตามลำดับ ($P<0.01$) ดินที่ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสดมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 118.71 mg/kg รองลงมาคือ ดินที่มีการปลูกปอเทือง ถั่วเหลือง ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า และถั่วเขียว ตามลำดับ ($P<0.01$) ดินที่มีการปลูกปอเทืองมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 261.09 mg/kg รองลงมาคือ ดินที่ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสด ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม ถั่วเขียวและถั่วเหลือง ตามลำดับ ($P<0.01$) ดินที่มีการปลูกปอเทืองมีปริมาณสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 5.73 mg/kg รองลงมาคือ ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า ถั่วเหลือง ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสด และถั่วเขียว ตามลำดับ ($P<0.01$) ดินที่มีการปลูกถั่วพุ่มส่งผลให้มีปริมาณแมงกานีสที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 30.72 mg/kg รองลงมาคือ ดินที่มีการปลูกถั่วพร้า ปอเทือง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง และไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสด ตามลำดับ ($P<0.01$) ดินที่มีการปลูกปอเทืองมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 73.95 mg/kg รองลงมาคือ ดินที่ปลูกถั่วพร้า ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสด ถั่วพุ่ม ถั่วเหลือง และถั่วเขียว ตามลำดับ ($P<0.05$) ดินที่ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสดมีปริมาณทองแดงที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 5.29 mg/kg รองลงมาคือ ดินที่มีการปลูกถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม และปอเทือง ตามลำดับ ($P<0.05$) แต่ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้และเหล็กที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1,598.40-1,738.80 mg/kg และ 314.00-335.27 mg/kg ตามลำดับ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 สมบัติทางเคมีดินหลังจากการปลูกพืชปุ๋ยสดชนิดต่าง ๆ (การทดลองในเรือนทดลอง)

Treatment	pH	EC (µS/cm)	OM (%)	N (%)	P (mg/kg)	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
						Exchangeable (mg/kg)				0.005*M* DTPA (mg/kg)		
Control	5.09 c	182.89 a	3.45 a	0.17 a	71.57 ab	118.71 a	1,738.80	259.83 ab	332.33	4.97 cd	5.29 a	25.13 c
Sunn hemp	5.35 b	123.67 b	2.97 c	0.15 bc	73.95 a	106.44 b	1,598.40	261.09 a	318.67	5.73 a	4.85 b	29.90 ab
Jack bean	5.46 ab	85.57 cd	3.01 bc	0.15 bc	71.62 ab	90.93 c	1,668.60	247.03 abc	314.00	5.34 abc	4.95 b	30.02 ab
Cowpea	5.44 ab	93.23 c	3.15 b	0.16 b	71.08 ab	91.33 c	1,714.20	246.57 abc	315.89	5.56 ab	4.94 b	30.72 a
Mung bean	5.51 a	58.97 e	3.42 a	0.17 a	67.52 b	88.91 c	1,681.40	245.12 bc	317.58	4.51 d	5.16 ab	27.95 b
Soybean	5.38 b	73.36 de	3.35 a	0.17 a	69.05 b	105.06 b	1,688.20	237.12 c	335.27	5.06 bc	5.12 ab	25.38 c
F-test	**	**	**	**	*	**	ns	**	ns	**	*	**
CV (%)	2.35	15.55	2.01	2.01	6.01	11.53	13.80	5.89	5.65	9.69	6.07	9.25

การวิเคราะห์กิจกรรมของจุลินทรีย์และเอนไซม์ในดินหลังการปลูกพืชปุ๋ยสด พบว่า การปลูกปอเทืองส่งผลให้ดินมีปริมาณเอนไซม์โปรติเอสสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.46 µg tyrosine/g dwt รองลงมาคือ ดินที่มีการปลูกถั่วพุ่ม ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วพร้า ถั่วเหลือง และไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสด ตามลำดับ ($P<0.01$) การปลูกถั่วพร้าส่งผลให้ดินมีปริมาณเอนไซม์เซลลูเลสสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 16.45 µg/g dwt รองลงมาคือ ดินที่มีการปลูกถั่วเหลือง ปอเทือง ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสด ถั่วเขียว และถั่วพุ่ม ตามลำดับ ($P<0.01$) การปลูกปอเทืองส่งผลให้ดินมีปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.69×10^{5} µg/g soil รองลงมาคือ ดินที่มีการปลูกถั่วพร้า ถั่วเขียว ถั่วพุ่ม ถั่วเหลือง และไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสด ตามลำดับ ($P<0.05$) แต่ปริมาณการหายใจของจุลินทรีย์ ชีวมวลจุลินทรีย์ไนโตรเจน เอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตส และเอนไซม์ยูรีเอส ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.09-0.27 mg CO_2/g soil 0.00-2.92×10^{-5} µg/g soil 0.00 µg/g dwt และ 3.25-4.86 µg NH_4-N/g dwt ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 กิจกรรมของจุลินทรีย์และเอนไซม์ในดินหลังการปลูกพืชปุ๋ยสดชนิดต่าง ๆ (การทดลองในเรือนทดลอง)

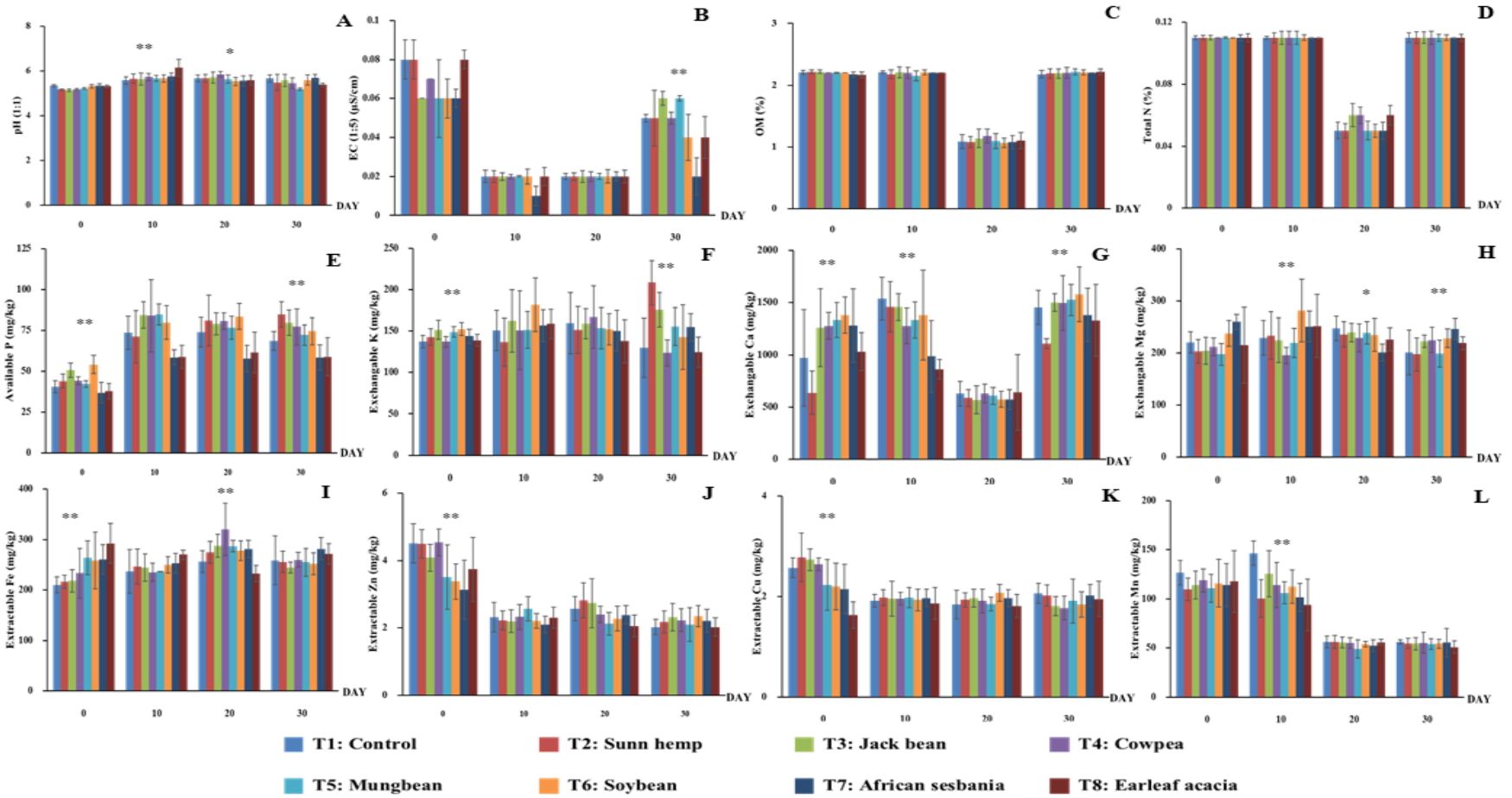
Plant type	CO_2 (mg CO_2/g soil)	MBC (µg/g soil)	MBN (µg/g soil)	Phosphatase (µg/g dwt)	Urease (µg NH_4-N/g dwt)	Protease (µg tyrosine/g dwt)	Cellulase (µg/g dwt)
Control	0.09	1.21×10^5 b	0.00	nd	3.25	0.15 c	15.38 ab
Sunn hemp	0.12	1.69×10^5 a	2.92×10^{-5}	nd	4.07	0.46 a	15.62 ab
Jack bean	0.17	1.48×10^5 ab	0.00	nd	4.38	0.33 b	16.45 a
Cowpea	0.21	1.35×10^5 b	2.25×10^{-6}	nd	4.23	0.45 a	13.88 c
Mung bean	0.27	1.40×10^5 ab	2.70×10^{-5}	nd	4.39	0.35 b	14.71 bc
Soybean	0.23	1.32×10^5 b	4.50×10^{-8}	nd	4.86	0.30 b	16.21 ab
F-test	ns	*	ns	-	ns	**	**
CV (%)	7.68	17.42	6.09	-	18.43	12.19	7.78

4.2 การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารสู่ดินและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน

4.2.1 การทดลองในแปลง

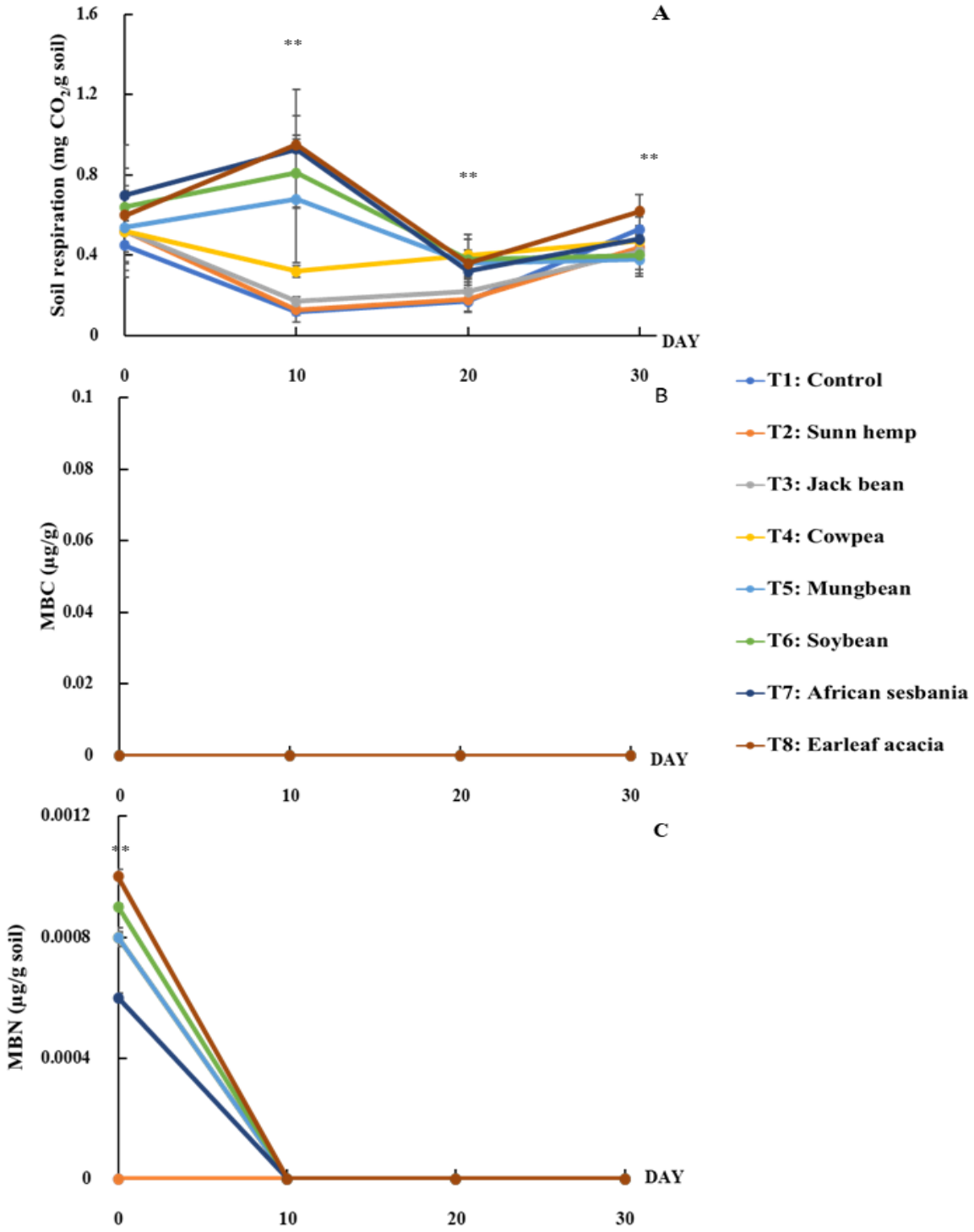
การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีช่วงการสลายตัวของปุ๋ยพืชสด พบว่า ค่าความเป็นกรดด่างค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลา 30 วัน การใช้กระถินณรงค์เป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดด่างในดินสูงที่สุดในวันที่ 10 มีค่าเท่ากับ 6.14 ($P<0.01$) และการใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณความเป็นกรดด่างในดินสูงที่สุดในวันที่ 20 มีค่าเท่ากับ 5.85 ($P<0.05$) แต่ปริมาณความเป็นกรดด่างมีค่าไม่แตกต่างกันในวันที่ 30 มีค่าอยู่ในช่วง 5.18-5.66 ($P>0.05$) (ภาพที่ 4.1A) การนำไฟฟ้าในดินมีแนวโน้มลดลงในช่วงวันที่ 10 และ 20 การใช้ถั่วพร้าและถั่วเขียวเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุดในวันที่ 30 มีค่าเท่ากับ 0.06 µS/cm ($P<0.01$) และการใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณการนำไฟฟ้าในดินคงที่ตลอดการศึกษา ($P>0.05$) (ภาพที่ 4.1B) ทุกกรรมวิธีส่งผลให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างคงที่ในวันที่ 0 และ 10 จากนั้นลดลงในวันที่ 20 และกลับมาเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 30 เช่นเดียวกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ($P>0.05$) (ภาพที่ 4.1C-D) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการศึกษา การใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงที่สุดในวันที่ 30 มีค่าเท่ากับ 84.68 mg/kg ($P<0.01$) (ภาพที่ 4.1E) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีปริมาณค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการศึกษา ยกเว้นการใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุดในวันที่ 30 มีค่าเท่ากับ 208.69 mg/kg ($P<0.01$) (ภาพที่ 4.1F) ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีปริมาณเพิ่มขึ้นในวันที่ 0 10 และลดลงในวันที่ 20 และกลับมาเพิ่มขึ้นในวันที่ 30 การใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นสูงที่สุดในวันที่ 30 มีค่าเท่ากับ 1,582.00 mg/kg ($P<0.01$) (ภาพที่ 4.1G) ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาในการศึกษา การใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด ในวันที่ 10 โดยมีค่าเท่ากับ 281.43 mg/kg ($P<0.01$) และการใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด ในวันที่ 30 มีค่าเท่ากับ 246.02 mg/kg ($P<0.01$) (ภาพที่4.1H) ปริมาณเหล็กที่แลกเปลี่ยนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดระยะเวลาในการศึกษา การใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณเหล็กที่แลกเปลี่ยนได้ที่สูงที่สุดในวันที่ 20 มีค่าเท่ากับ 320.54 mg/kg ($P<0.01$) (ภาพที่4.1I) ทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลต่อปริมาณสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้และทองแดงที่แลกเปลี่ยนได้ โดยปริมาณสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้และทองแดงที่แลกเปลี่ยนได้มีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 10 และหลังจากนั้นค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาในการศึกษา ($P>0.05$) (ภาพที่4.1J-K) ดินที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณแมงกานีสที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุดในวันที่ 10 มีค่าเท่ากับ 146.51 mg/kg

($P<0.01$) และทุกกรรมวิธีส่งผลให้ปริมาณแมงกานีสที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงในวันที่ 20 และ 30 ($P>0.05$) (ภาพที่4.1L)



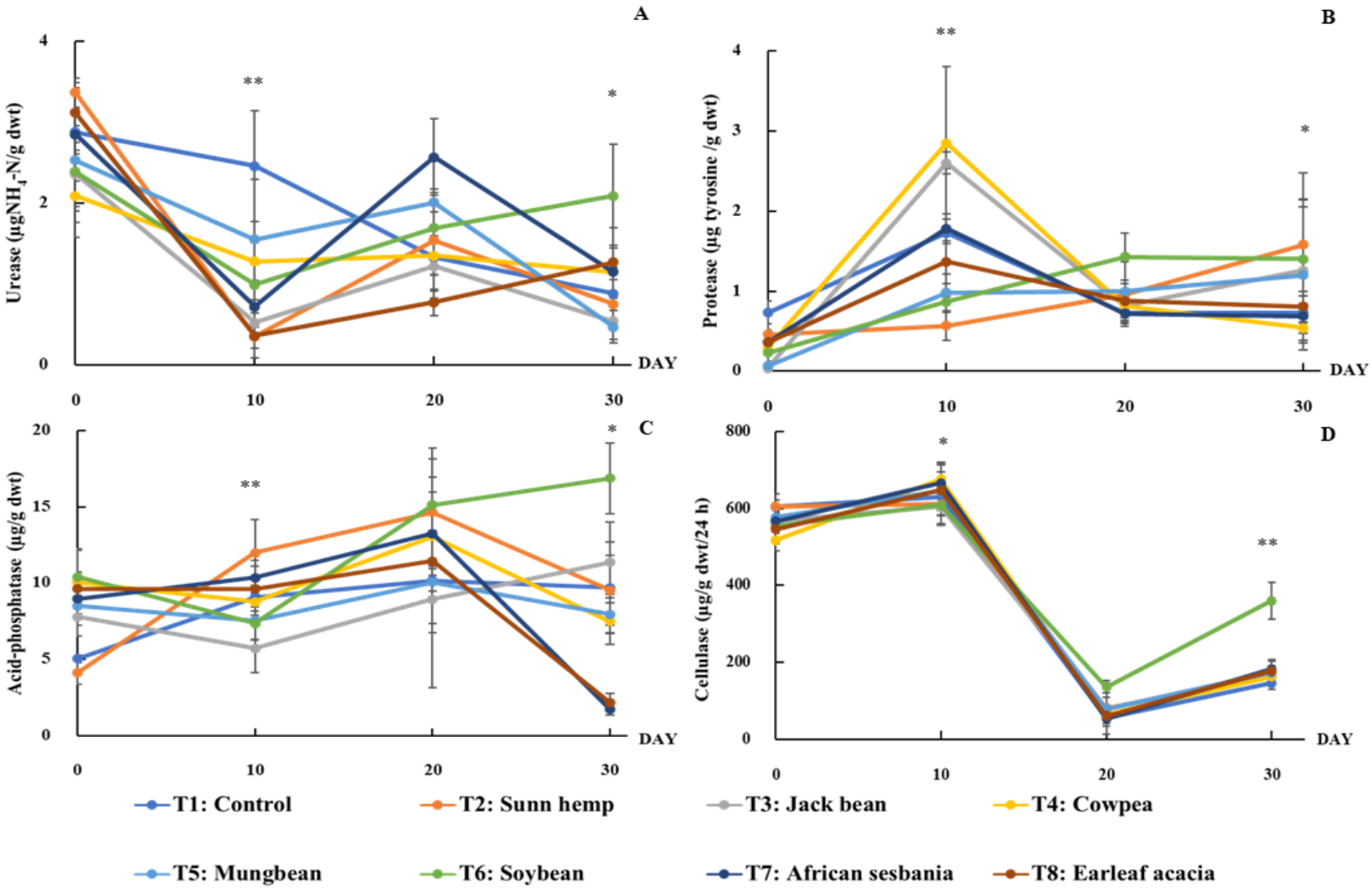
ภาพที่ 4.1 สมบัติดินช่วงย่อยสลายปุ๋ยพืชสด ; A: pH, B: EC, C: OM, D: Total N, E: Available P, F: Exchangeable K, G: Exchangeable Ca, H: Exchangeable Mg, I: Extractable Fe, J: Extractable Zn, K: Extractable Cu, L: Extractable Mn (การทดลองในแปลง)

การวิเคราะห์กิจกรรมของจุลินทรีย์ช่วงการย่อยสลาย พบว่า การใช้ถั่วเขียว ถั่วเหลือง โสนอัฟริกัน และกระถินณรงค์เป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณการหายใจของจุลินทรีย์สูงที่สุดในวันที่ 10 โดยมีค่าเท่ากับ 0.95 mg/CO_2 g soil ($P<0.01$) ทุกกรรมวิธีส่งผลให้ดินมีปริมาณการหายใจของจุลินทรีย์ลดลงในวันที่ 20 ($P<0.01$) แต่การใช้กระถินณรงค์เป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณการหายใจสูงที่สุดในวันที่ 30 มีค่าเท่ากับ 0.62 mg/CO_2 g soil ($P<0.01$) (ภาพที่ 4.2A) ตลอดระยะเวลาในการศึกษาไม่พบปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอน (ภาพที่ 4.2B) และพบปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์ไนโตรเจนในช่วงแรกของการศึกษา โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.00-9×10^{-4} µg/g soil (ภาพที่ 4.2C)



ภาพที่ 4.2 กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินช่วงย่อยสลายปุ๋ยพืชสด; A: Soil respiration, B: MBC, C: MBN (การทดลองในแปลง)

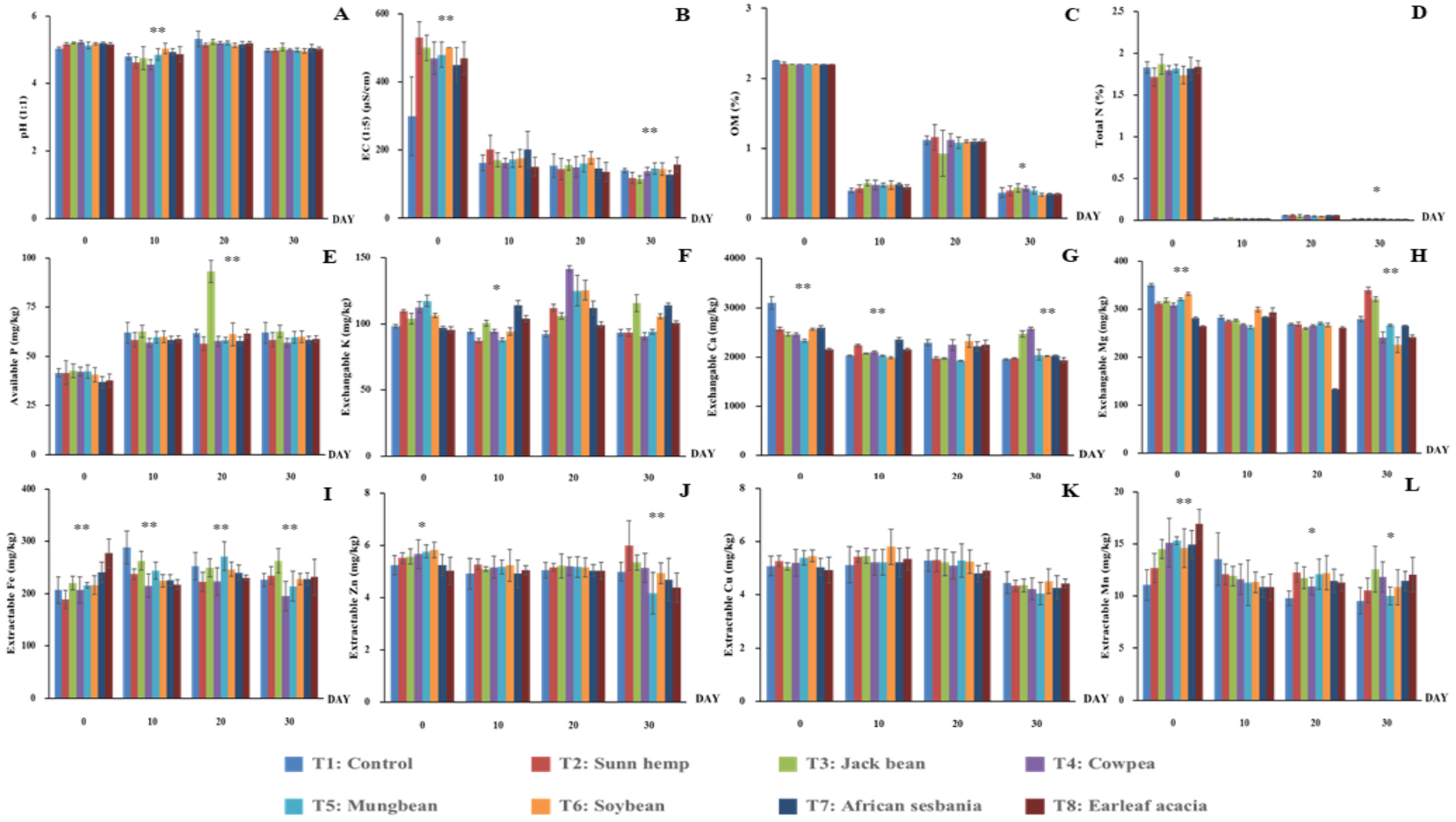
การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ในดิน พบว่า ทุกกรรมวิธีส่งผลให้ดินมีปริมาณเอนไซม์ยูรีเอสลดลงในวันที่ 10 ($P<0.05$) การใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณเอนไซม์ยูรีเอสสูงที่สุดในวันที่ 30 มีค่าเท่ากับ 20.09 μgNH_4-N/g dwt ($P<0.01$) (ภาพที่ 4.3A) เอนไซม์โปรติเอสเพิ่มขึ้นในช่วงแรกอย่างรวดเร็วและลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 20 การใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณเอนไซม์โปรติเอสสูงที่สุดในวันที่ 10 มีค่าเท่ากับ 2.85 µg tyrosine/g dwt ($P<0.01$) และการใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณเอนไซม์โปรติเอสสูงที่สุดในวันที่ 30 มีค่าเท่ากับ 1.58 µg tyrosine/g dwt ($P<0.05$) (ภาพที่ 4.3B) ปริมาณเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตสมีปริมาณเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการศึกษา การใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณแอซิดฟอสฟาเตสสูงที่สุดในวันที่ 10 มีค่าเท่ากับ 12.01 µg/g dwt ($P<0.01$) การใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณแอซิดฟอสฟาเตสสูงที่สุดในวันที่ 30 มีค่าเท่ากับ 16.87 µg/g dwt ($P<0.05$) (ภาพที่ 4.3C) ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลสมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาในการศึกษา การใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณเอนไซม์เซลลูเลสสูงที่สุดในวันที่ 10 มีค่าเท่ากับ 676.04 µg/g dwt/24 hr ($P<0.05$) และการใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณเอนไซม์เซลลูเลสสูงที่สุดในวันที่ 30 มีค่าเท่ากับ 359.76 µg/g dwt/24 hr ($P<0.01$) (ภาพที่ 4.3D)



ภาพที่ 4.3 เอนไซม์ในดินในช่วงการย่อยสลายของปุ๋ยพืชสด; A: Urease, B: Protease, C: Acid-phosphatase, D: Cellulase (การทดลองในแปลง)

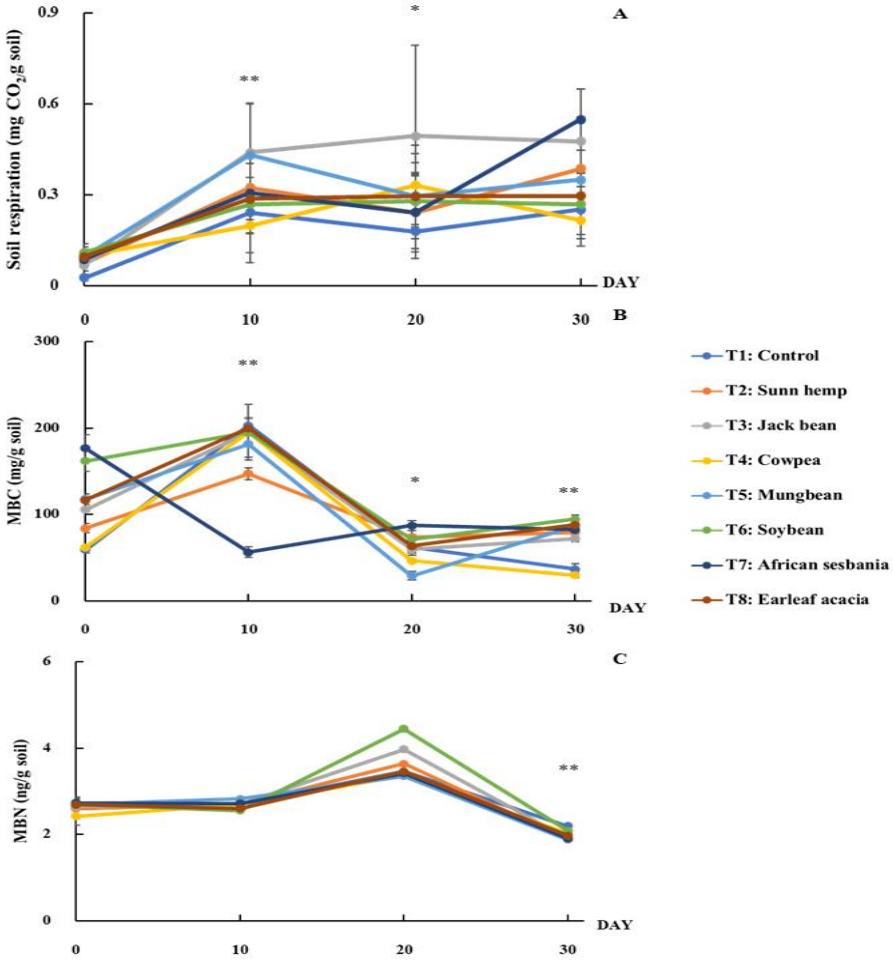
4.2.2 การทดลองในเรือนทดลอง

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินช่วงการสลายตัวของปุ๋ยพืชสด พบว่า ปริมาณความเป็นกรดด่างมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาในการศึกษา ทุกกรรมวิธีส่งผลให้ดินมีปริมาณความเป็นกรดด่างในดินลดลงในวันที่ 10 ($P<0.01$) (ภาพที่ 4.4 A) การนำไฟฟ้าในดินลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 10 จากนั้นคงที่ในวันที่ 20 และ 30 การใช้กระถินณรงค์ส่งผลให้ดินมีปริมาณการนำไฟฟ้าในดินสูงที่สุดในวันที่ 30 มีค่าเท่ากับ 157.87 µS/cm ($P<0.01$) (ภาพที่ 4.4 B) ปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาในการศึกษา การใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุและไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุดในวันที่ 30 มีค่าเท่ากับ 0.44 % และ 0.022 % ตามลำดับ ($P<0.05$) (ภาพที่ 4.4 C-D) การใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงที่สุดในวันที่ 20 มีค่าเท่ากับ 93.13 mg/kg ($P<0.01$) (ภาพที่ 4.4 E) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีปริมาณค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาในการศึกษา การใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุดในวันที่ 10 มีค่าเท่ากับ 114.04 mg/kg ($P<0.05$) (ภาพที่ 4.4 F) ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีปริมาณลดลงตลอดการศึกษา การใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงที่สุด ในวันที่ 10 มีค่าเท่ากับ 2,3479.65 mg/kg ($P<0.01$) แต่การใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุดในวันที่ 30 มีค่าเท่ากับ 2,578.40 mg/kg ($P<0.01$) (ภาพที่ 4.4 G) ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการศึกษา การใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุดในวันที่ 30 มีค่าเท่ากับ 339.39 mg/kg ($P<0.01$) (ภาพที่ 4.4 H) ปริมาณเหล็กที่แลกเปลี่ยนได้มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาในการศึกษา ดินที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ปริมาณเหล็กที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงที่สุดในวันที่ 10 มีค่าเท่ากับ 288.13 mg/kg ($P<0.01$) การใช้ถั่วเขียวส่งผลให้ดินมีปริมาณเหล็กที่แลกเปลี่ยนสูงที่สุดในวันที่ 20 มีค่าเท่ากับ 271.47 mg/kg ($P<0.01$) และการใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณเหล็กที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุดในวันที่ 30 มีค่าเท่ากับ 262.47 mg/kg ($P<0.01$) (ภาพที่ 4.4I) การใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุดในวันที่ 30 มีค่าเท่ากับ 6.00 mg/kg ($P<0.01$) ทุกกรรมวิธีมีปริมาณทองแดงที่แลกเปลี่ยนได้ในดินไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลา ($P>0.05$) โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น การใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณแมงกานีสที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุดในวันที่ 10 มีค่าเท่ากับ 12.29 mg/kg ($P<0.05$) การใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณแมงกานีสที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุดในวันที่ 30 มีค่าเท่ากับ 12.58 mg/kg ($P<0.05$) (ภาพที่ 4.4L) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณแมงกานีสที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น



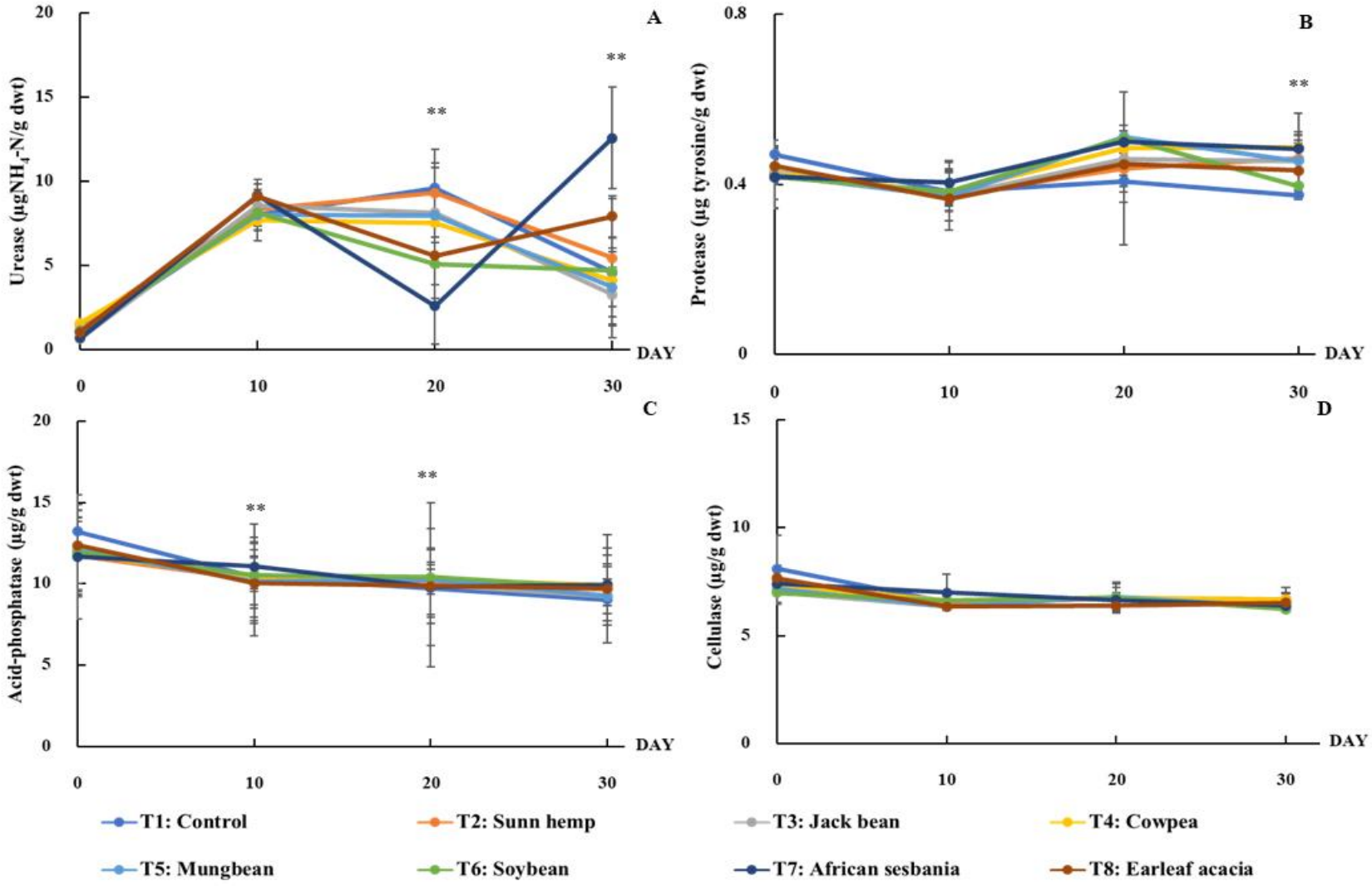
ภาพที่ 4.4 สมบัติดินช่วงย่อยสลายปุ๋ยพืชสด; A: pH, B: EC, C: OM, D: Total N, E: Available P, F: Exchangeable K, G: Exchangeable Ca, H: Exchangeable Mg, I: Extractable Fe, J: Extractable Zn, K: Extractable Cu, L: Extractable Mn (การทดลองในเรือนทดลอง)

การวิเคราะห์กิจกรรมของจุลินทรีย์ พบว่า การหายใจของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการศึกษา การใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณการหายใจของจุลินทรีย์สูงที่สุดในวันที่ 10 มีค่าเท่ากับ 0.11 mg/Co_2 g soil ($P<0.01$) (ภาพที่ 4.5 A) การเปลี่ยนแปลงของชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอนนั้นคล้ายกับชีวมวลจุลินทรีย์ไนโตรเจน โดยปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุดในวันที่ 10 ($P<0.01$) และลดลงในวันที่ 20 และ 30 ยกเว้นในการใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดทำให้ดินมีปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอนต่ำที่สุดในวันที่ 10 แล้วเพิ่มขึ้นในวันที่ 20 และ 30 (ภาพที่ 4.5 B) ในทางตรงกันข้ามปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์ไนโตรเจนซึ่งเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 20 แล้วลดลงในวันที่ 30 (ภาพที่ 4.5 C)



ภาพที่ 4.5 กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินช่วงย่อยสลายปุ๋ยพืชสด: A: Soil respiration, B: MBC, C: MBN (การทดลองในเรือนทดลอง)

การวิเคราะห์เอนไซม์ในดิน พบว่า ปริมาณเอนไซม์ยูรีเอสมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการศึกษา การใช้เป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณเอนไซม์ยูรีเอสต่ำที่สุดในวันที่ 10 มีค่าเท่ากับ 2.59 μgNH_4-N/g dwt ($P<0.01$) แต่การใช้เป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณเอนไซม์ยูรีเอสสูงที่สุดในวันที่ 30 มีค่าเท่ากับ 12.58 μgNH_4-N/g dwt ($P<0.01$) (ภาพที่ 4.6A) เอนไซม์โปรติเอสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการศึกษา และการใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณเอนไซม์โปรติเอสสูงที่สุดในวันที่ 30 มีค่าเท่ากับ 9.95 μg tyrosine/g dwt ($P<0.01$) (ภาพที่ 4.6B) ปริมาณเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตสมีปริมาณค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาในการศึกษา (ภาพที่ 4.6C) และทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลให้ดินมีปริมาณเอนไซม์เซลลูเลสแตกต่างกันตลอดระยะเวลาในการศึกษา ($P>0.05$) (ภาพที่ 4.6D)

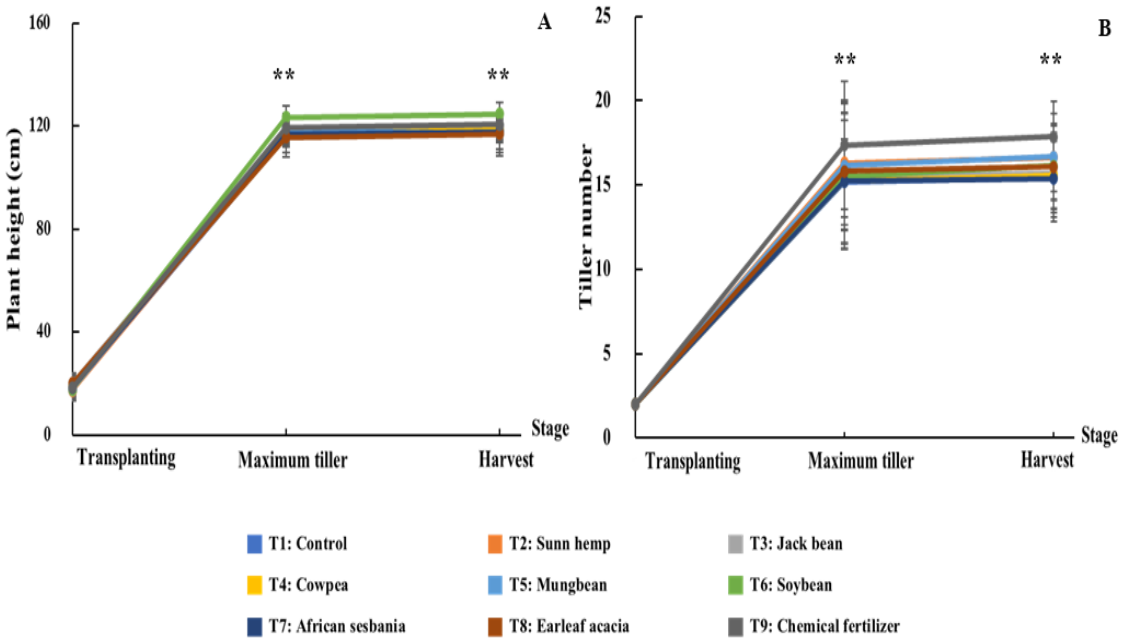


ภาพที่ 4.6 เอนไซม์ในดินช่วงย่อยสลายปุ๋ยพืชสด; A: Urease, B: Protease, C: Acid-phosphatase, D: Cellulase (การทดลองในเรือนทดลอง)

4.3 การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 49

4.3.1 การทดลองในแปลง

การใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลทำให้ความสูงของต้นข้าวสูงที่สุดแตกต่างจากกรรมวิธีอื่น ๆ ในระยะแตกกอสูงสุด และระยะเก็บเกี่ยว มีค่าเท่ากับ 123.62 cm และ 124.79 cm ตามลำดับ ($P<0.01$) (ภาพที่ 4.1A) ส่วนการใช้ปุ๋ยเคมีส่งผลทำให้ข้าวมีจำนวนหน่อต่อกอของข้าวสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม มีค่าเท่ากับ 17.36 และ 17.76 หน่อต่อกอ ตามลำดับ ($P<0.01$) (ภาพที่ 4.1B)



ภาพที่ 4.7 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข 49; A: Plant height, B: Tiller number (การทดลองในแปลง)

การใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของข้าวสูงที่สุด คือ 790.77 g รองลงมาคือ ถั่วเขียว ถั่วพุ่ม กระถินณรงค์ ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยเคมี โสนอัฟริกัน ถั่วเหลือง และถั่วพร้า ตามลำดับ (P<0.01) แต่ทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของข้าวแตกต่างกัน โดยมีค่าระหว่าง 143.99-186.28 g (P>0.05) (ตารางที่ 4.11)

ตารางที่ 4.11 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อน้ำหนักสดและแห้งส่วนเหนือดินของข้าวพันธุ์ กข 49 (การทดลองในแปลง)

Treatment	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)
T1[1/]	685.52 abc	158.80
T2	790.77 a	186.28
T3	591.03 c	161.97
T4	714.78 ab	153.68
T5	731.62 ab	175.92
T6	622.38 bc	155.52
T7	624.29 bc	143.99
T8	704.69 abc	162.83
T9	627.10 bc	152.03
F-test	**	ns
CV (%)	16.83	22.17

[1/]: T1 = control, T2 = sunn hemp, T3 = jack bean, T4 = cowpea, T5 = mung bean, T6 = soybean, T7 = African sesbania, T8 = earleaf acacia, T9 = chemical fertilizer

การวิเคราะห์องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าว พบว่า ทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลต่อจำนวนรวงต่อกอของข้าวให้แตกต่างกัน (P>0.05) มีค่าอยู่ในช่วง 12.11-14.44 รวงต่อกอ ดินที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสดส่งผลให้จำนวนเมล็ดดีต่อกอของข้าวสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 5,326.70 เมล็ด แต่ไม่แตกต่างกับการใช้ถั่วพุ่ม ถั่วเหลือง และปุ๋ยเคมี (P<0.05) ดินที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสดส่งผลให้จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อกอของข้าวสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 6,043.20 เมล็ด แต่ไม่แตกต่างกับการใช้ถั่วพุ่ม (P<0.05) การใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อกอของข้าวสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 91.92 % รองลงมาคือ การใช้

ถั่วพุ่ม ถั่วเหลือง ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยเคมี กระถินณรงค์ ถั่วเขียว ปอเทือง และถั่วพร้า ตามลำดับ ($P<0.01$) และการใช้โสนอัฟริกันส่งผลให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อกอของข้าวน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 8.08 % ($P<0.01$) แปลงที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสดส่งผลให้น้ำหนักเมล็ดดีต่อรวงของข้าว น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และน้ำหนักเมล็ดดีต่อรวงสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 105.57 เมล็ด 51.97 g และ 4.93 g ตามลำดับ ($P<0.01$) การใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดทำให้ผลผลิตต่อไร่ของข้าวสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 909.93 kg/rai แต่ไม่แตกต่างกับการไม่ใช้ปุ๋ยพืชสด โสนอัฟริกัน และปุ๋ยเคมี ($P<0.01$) การใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้มีดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.71 แต่ไม่แตกต่างกับการไม่ใช้ปุ๋ยพืชสด ถั่วพุ่ม และปุ๋ยเคมี ($P<0.01$) (ตารางที่ 4.12)

ตารางที่ 4.12 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อองค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าว พันธุ์ กข 49 (การทดลองในแปลง)

Treatment	Panicles number per hill	Grain number (grain per tiller)	Filled grains (%)	Unfilled grains (%)	Filled grains per panicle (grains)	1,000 grain weight (g)	Filled grains weight per panicle(g)	Grain yield (kg/rai)	Harvest index
T1[1/]	12.66	6,043.20 a	87.96 abc	12.03 abc	105.57 a	51.97a	4.93a	882.30 a	0.69 a
T2	14.44	5,627.30 abc	84.93 bc	15.07 ab	83.26 e	49.64 c	3.72 e	782.87 abc	0.63 bc
T3	12.55	5,187.40 bc	84.11 c	15.89 a	87.12 de	50.86 ab	3.98 de	729.55 bc	0.63 bc
T4	13.22	6,035.40 a	89.18 ab	10.82 bc	102.12 ab	51.09 ab	4.69 ab	909.93 a	0.70 a
T5	12.11	5,071.80 c	85.97 bc	14.02 ab	90.64 cde	50.66 bc	4.12 cde	702.88 c	0.61 c
T6	12.55	5,196.80 bc	88.60 ab	11.40 bc	92.90 bcde	50.48 bc	4.22 bcde	789.70 abc	0.66 ab
T7	13.11	5,674.10abc	91.92 a	8.08 c	99.49 abc	51.25 ab	4.58 abc	898.24 a	0.71 a
T8	12.77	5,626.70abc	86.77 bc	13.23 ab	95.62 abcd	51.46 ab	4.42 abcd	845.05 ab	0.67 ab
T9	13.88	5,977.80 ab	87.46 bc	12.53 ab	94.41 bcd	51.17 ab	4.34 bcd	879.34 a	0.69 a
F-test	ns	*	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	13.54	13.51	4.59	31.95	11.14	2.61	11.96	16.19	7.30

[1/]: T1 = control, T2 = sunn hemp, T3 = jack bean, T4 = cowpea, T5 = mung bean, T6 = soybean, T7 = African sesbania, T8 = earleaf acacia, T9 = chemical fertilizer

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในฟางข้าว พบว่า การใช้ถั่วเขียวเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนในฟางข้าว สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.13 % แต่ไม่แตกต่างกับการใช้ถั่วพร้า ($P<0.01$) การใช้ถั่วเขียวเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสในฟางข้าวสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.30 % รองลงมาคือ ปอเทือง ถั่วพร้า ปุ๋ยเคมี ถั่วเหลือง โสนอัฟริกัน กระถินณรงค์ ถั่วพุ่ม และไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสดตามลำดับ ($P<0.01$) การใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ปริมาณแคลเซียมในฟางข้าวสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.27 % รองลงมาคือ ถั่วพร้า ถั่วเขียว กระถินณรงค์ ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด ปอเทือง ถั่วเหลือง ปุ๋ยเคมี และโสนอัฟริกันตามลำดับ ($P<0.01$) การปุ๋ยเคมีส่งผลให้ปริมาณแมกนีเซียมในฟางข้าวสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.18 % รองลงมาคือ ถั่วเหลือง กระถินณรงค์ โสนอัฟริกัน ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด ปอเทือง ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม และถั่วเขียว ตามลำดับ การใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดและการใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ปริมาณสังกะสีในฟางข้าวสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.0031 % แต่ไม่แตกต่างกับการใช้ถั่วพร้าและถั่วเหลือง ($P<0.01$) การใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ในฟางข้าวสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.055 % แต่ไม่แตกต่างกับการใช้ถั่วเขียวเป็นปุ๋ยพืชสด ($P<0.01$) และทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลต่อปริมาณโพแทสเซียม เหล็ก และทองแดงที่ในฟางข้าวให้แตกต่างกัน โดยมีค่าระหว่าง 5.75-7.09 % 0.07-0.08 % และ 0.0003-0.0007 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อปริมาณธาตุอาหารในฟางข้าว (การทดลองในแปลง)

Treatment	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (%)	Zn (%)	Cu (%)	Mn (%)
T1[1/]	0.76 d	0.20 c	5.75	0.22 bc	0.05 c	0.08	0.0018 c	0.0003	0.041 bcd
T2	1.09 ab	0.27 ab	6.91	0.21 bc	0.05 c	0.07	0.0022 bc	0.0004	0.051 ab
T3	1.11 a	0.27 ab	6.63	0.24 ab	0.05 c	0.08	0.0030 a	0.0003	0.055 a
T4	0.88 cd	0.22 bc	6.99	0.27 a	0.04 c	0.08	0.0031 a	0.0003	0.041 bcd
T5	1.13 a	0.30 a	6.62	0.23 ab	0.03 c	0.08	0.0024 abc	0.0006	0.054 a
T6	0.94 bc	0.24 abc	7.09	0.21 bc	0.16 ab	0.08	0.0030 a	0.0007	0.047 abc
T7	0.80 cd	0.23 bc	6.31	0.17 c	0.14 b	0.08	0.0031 a	0.0004	0.031 d
T8	0.77 d	0.23 bc	6.51	0.23 b	0.16 ab	0.07	0.0026 ab	0.0004	0.039 cd
T9	0.90 cd	0.26 ab	7.00	0.20 bc	0.18 a	0.07	0.0026 ab	0.0004	0.041 bcd
F-test	**	**	ns	**	**	ns	**	ns	**
CV (%)	17.53	20.70	21.12	20.30	18.94	13.32	15.74	10.96	15.08

[1/]: T1 = control, T2 = sunn hemp, T3 = jack bean, T4 = cowpea, T5 = mung bean, T6 = soybean, T7 = African sesbania, T8 = earleaf acacia, T9 = chemical fertilizer

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีในระยะเก็บเกี่ยวข้าว พบว่า การใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 6.39 รองลงมาคือ ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด ถั่วเหลือง กระถินณรงค์ ถั่วพร้า ปุ๋ยเคมี และปอเทือง ตามลำดับ ($P<0.01$) การใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 2,427.80 mg/kg รองลงมาคือ ถั่วพุ่ม กระถินณรงค์ ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด ถั่วเหลือง ถั่วพร้า ปุ๋ยเคมี ถั่วเขียว และปอเทือง ตามลำดับ ($P<0.01$) การใช้กระถินณรงค์เป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ปริมาณเหล็กที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 397.49 mg/kg รองลงมาคือ ปอเทือง ถั่วเขียว ปุ๋ยเคมี ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด ถั่วเหลือง ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า และโสนอัฟริกัน ตามลำดับ ($P<0.01$) การใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ปริมาณสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 3.13 mg/kg รองลงมาคือ ปุ๋ยเคมี กระถินณรงค์ ถั่วเขียว โสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม ถั่วเหลือง ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด และถั่วพร้า ตามลำดับ ($P<0.01$) การใช้ถั่วเขียวเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ปริมาณแมงกานีสที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 20.58 mg/kg รองลงมาคือ ถั่วเหลือง กระถินณรงค์ ปุ๋ยเคมี โสนอัฟริกัน ปอเทือง ถั่วพร้า ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด และถั่วพุ่ม ตามลำดับ ($P<0.01$) การใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 437.64 mg/kg แต่ไม่แตกต่างกับการมาใช้พืชปุ๋ยสด ปอเทือง ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม ถั่วเหลือง โสนอัฟริกัน กระถินณรงค์ และปุ๋ยเคมี ($P<0.05$) การใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 75.08 mg/kg รองลงมาคือ ถั่วเขียว ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า ปอเทือง ถั่วเหลือง ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด กระถินณรงค์ และปุ๋ยเคมี ตามลำดับ ($P<0.05$) การใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 255.39 mg/kg รองลงมาคือ ถั่วพุ่ม กระถินณรงค์ ถั่วพร้า ถั่วเหลือง ปุ๋ยเคมี ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด ถั่วเขียว และปอเทือง ตามลำดับ ($P<0.05$) และทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลต่อปริมาณการนำไฟฟ้าของดิน อินทรียวัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด และทองแดงที่แลกเปลี่ยนได้ให้แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 30.46-37.31 µS/cm 2.57-3.25 % 1.28-1.63 % และ 4.39-5.01 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14)

ตารางที่ 4.14 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว (การทดลองในแปลง)

Treatment	pH (1:1)	EC (1:5) (µS/cm)	OM (%)	N (%)	Available P (mg/kg)	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
						Exchangeable (mg/kg)				0.005*M* DTPA (mg/kg)		
T1[1/]	5.97 bc	35.22	2.92	1.46	411.71 a	62.87 abc	1,854.90 bcd	250.38 bc	362.64 bcde	2.47 cd	4.50	15.18 d
T2	5.75 c	36.36	2.97	1.49	421.24 a	68.32 abc	1,613.30 d	230.97 c	390.33 ab	3.13 a	5.01	15.58 cd
T3	5.89 bc	30.46	2.88	1.44	395.97 a	69.38 abc	1,796.90 cd	257.07 abc	344.32 de	2.28 d	4.40	15.34 cd
T4	6.03 b	37.10	2.82	1.41	437.64 a	70.34 ab	2,082.70 b	262.48 ab	357.62 cde	2.56 bcd	4.98	15.02 d
T5	6.03 b	30.92	3.25	1.63	399.54 a	74.19 ab	1,771.00 cd	248.98 bc	377.61 abc	2.64 bcd	4.64	20.58 a
T6	5.95 bc	36.61	2.57	1.28	343.36 b	64.03 abc	1,820.90 bcd	255.39 bc	359.47 cde	2.51 bcd	4.64	19.09 ab
T7	6.39 a	37.31	2.69	1.34	407.04 a	75.08 a	2,427.80 a	285.67 a	340.18 e	2.59 bcd	4.39	16.08 cd
T8	5.94 bc	34.87	2.86	1.43	399.07 a	59.12 bc	1,965.30 bc	261.91 ab	397.49 a	2.78 abc	4.84	18.15 abc
T9	5.85 bc	35.51	2.89	1.44	404.30 a	54.68 c	1,759.20 cd	254.27 bc	373.28 abcd	2.94 ab	4.57	17.71 bcd
F-test	**	ns	ns	ns	*	*	**	*	**	**	ns	**
CV (%)	3.50	22.61	18.83	18.83	12.73	21.11	13.85	11.11	7.87	16.04	11.75	16.18

[1/]: T1 = control, T2 = sunn hemp, T3 = jack bean, T4 = cowpea, T5 = mung bean, T6 = soybean, T7 = African sesbania, T8 = earleaf acacia, T9 = chemical fertilizer

การวิเคราะห์กิจกรรมของจุลินทรีย์และเอนไซม์ดินหลังปลูกข้าว พบว่า การใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้มีปริมาณการปลดปล่อย CO_2 ในดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.41 µg/g soil แต่ไม่แตกต่างกับไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด ($P<0.01$) การใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้มีปริมาณเอนไซม์ยูรีเอสในดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.19 µg NH_4-N/g dwt soil แต่ไม่แตกต่างกับดินที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด ปอเทือง และถั่วพร้า ($P<0.05$) และทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลต่อปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอน ชีวมวลจุลินทรีย์ไนโตรเจน เอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตส เอนไซม์โปรติเอส และเอนไซม์เซลลูเลส ให้แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.00 µg/g soil 0.00 µg/g soil 2.33-4.03 µg/g dwt soil 0.36-0.67 µg tyrosine /g dwt soilและ 482.74-525.12 µg/dwt soil ตามลำดับ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.15)

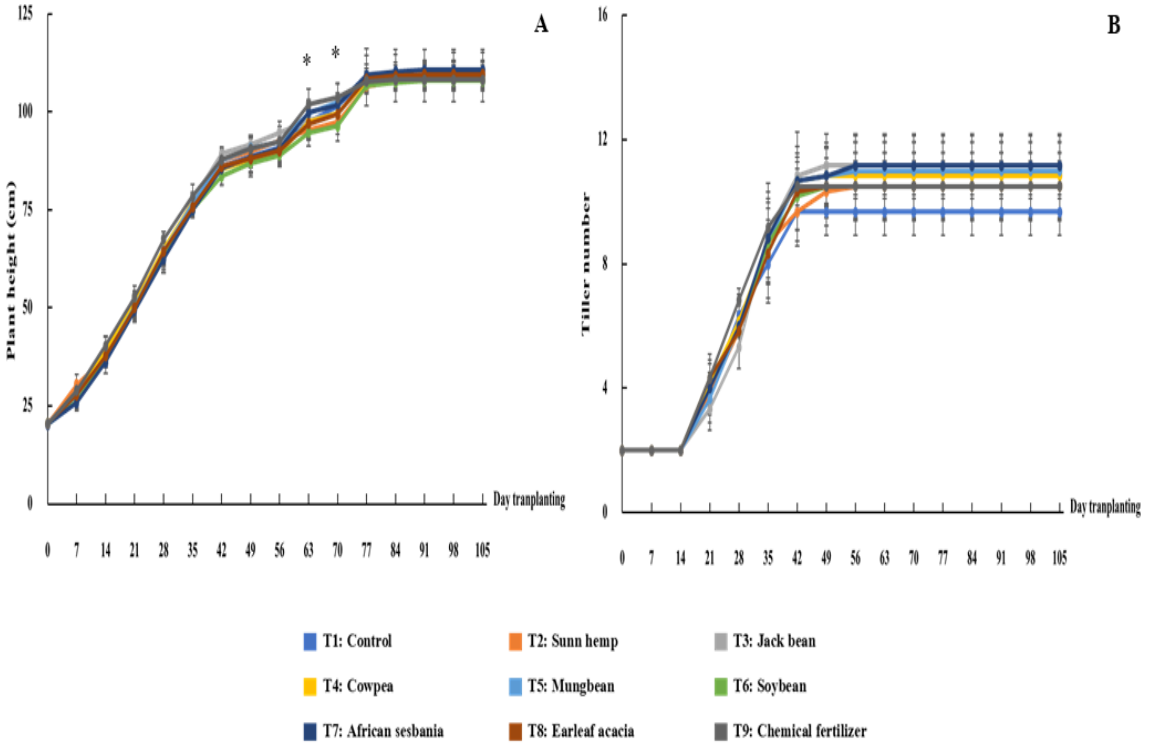
ตารางที่ 4.15 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว (การทดลองในแปลง)

Treatment	Soil respiration (mg CO_2/kg soil)	MBC (µg/g soil)	MBN (µg/g soil)	Phosphatase (µg/g soil)	Urease (µg NH_4-N/g soil)	Protease (µg tyrosine /g dwt soil)	Cellulase (µg/dwt soil)
T1[1/]	0.40 a	0.00	0.00	2.33	1.18 a	0.36	508.40
T2	0.41 a	0.00	0.00	3.67	1.17 a	0.67	507.16
T3	0.16 bc	0.00	0.00	2.99	1.15 a	0.47	513.68
T4	0.20 b	0.00	0.00	3.59	1.09 ab	0.55	482.74
T5	0.06 bc	0.00	0.00	4.03	0.71 bc	0.61	525.12
T6	0.04 c	0.00	0.00	2.54	0.58 c	0.29	494.00
T7	0.00 c	0.00	0.00	3.14	1.19 a	0.58	511.20
T8	0.00 c	0.00	0.00	3.04	1.09 ab	0.41	499.04
T9	0.00 c	0.00	0.00	2.84	1.04 ab	0.42	518.49
F-test	**	ns	ns	ns	*	ns	ns
CV (%)	19.39	0.00	0.00	11.81	20.85	12.36	6.45

[1/]: T1 = control, T2 = sunn hemp, T3 = jack bean, T4 = cowpea, T5 = mung bean, T6 = soybean, T7 = African sesbania, T8 = earleaf acacia, T9 = chemical fertilizer

4.3.2 การทดลองในเรือนทดลอง

การใช้ปุ๋ยพืชสดก่อนการปลูกข้าว 30 วันต่อการเจริญเติบโต ผลการศึกษาพบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีส่งผลให้ความสูงของข้าวสูงที่สุดในวันที่ 63 และ 70 หลังการปักดำ มีค่าเท่ากับ 101.97 cm และ 103.63 cm ตามลำดับ (ภาพที่4.8A) แต่ทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลให้จำนวนหน่อต่อกอในระยะกล้าจนถึงระยะเก็บเกี่ยวข้าวแตกต่างกัน (P>0.05) (ภาพที่ 4.8B)



ภาพที่ 4.8 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข 49; A: Plant height, B: Tiller number (การทดลองในเรือนทดลอง)

การใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 19.42 g รองลงมาคือ ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ปอเทือง กระถินณรงค์ ปุ๋ยเคมี ถั่วพุ่ม โสนอัฟริกัน และไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสดตามลำดับ ($P<0.01$) แต่ทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลให้ข้าวมีน้ำหนักสดส่วนเหนือดิน น้ำหนักรากสด และน้ำหนักรากแห้งให้แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 53.39-67.46 g 49.46-103.68 g และ 3.88-11.91 g ตามลำดับ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.16)

ตารางที่ 4.16 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อน้ำหนักสด-แห้งของส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของข้าว (การทดลองในเรือนทดลอง)

Treatment	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)
T1[1/]	53.39	14.60 c	103.68	11.85
T2	61.10	16.45 bc	84.13	11.91
T3	67.46	19.42 a	53.62	6.91
T4	58.92	15.48 bc	72.45	8.11
T5	58.05	17.37 ab	62.98	5.22
T6	60.61	17.01 b	62.09	7.22
T7	58.01	15.35 bc	69.33	9.59
T8	63.48	16.05 bc	49.46	3.88
T9	57.59	15.43 bc	96.20	10.79
F-test	ns	**	ns	ns
CV (%)	11.64	12.47	16.31	10.87

[1/]: T1 = control, T2 = sunn hemp, T3 = jack bean, T4 = cowpea, T5 = mung bean, T6 = soybean, T7 = African sesbania, T8 = earleaf acacia, T9 = chemical fertilizer

การใช้กระถินณรงค์เป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 90.82 เมล็ด แต่ไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมีและโสนอัฟริกัน ($P<0.01$) และการใช้กระถินณรงค์เป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ข้าวมีผลผลิตต่อไร่สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 807.07 kg/rai แต่ไม่แตกต่างกับการไม่ใช้ปุ๋ยพืชสด ปอเทือง ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม ถั่วเหลือง โสนอัฟริกันและปุ๋ยเคมี ($P<0.01$) และทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลให้ข้าวมีจำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดดีต่อกอ จำนวนเมล็ดลีบต่อกอ จำนวนเมล็ดทั้งหมด เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนักเมล็ดดีต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และดัชนีเก็บเกี่ยวให้แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 8.17-9.17 รวงต่อกอ 503.17-799.67 เมล็ด 113.33-371.00 เมล็ด 867.00-966.50 เมล็ด 50.11-87.77 % 12.23-49.89 % 102.12-109.40 เมล็ด 22.66-28.74 g 1.57-2.46 g และ 0.30-0.48 ตามลำดับ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.17)

ตารางที่ 4.17 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อองค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าว พันธุ์ กข 49 (การทดลองในเรือนทดลอง)

Treatment	Panicles number per hill	Grain number (grain per tiller)	Filled grains (%)	Unfilled grains (%)	Filled grains per panicle (grains)	1,000 grain weight (g)	Filled grains weight per panicle (g)	Grain yield (kg/rai)	Harvest index
T1[1/]	8.17	894.83	76.14	23.86	82.90 ab	26.73	2.22	703.40 a	0.45
T2	8.83	935.67	70.81	29.19	75.96 ab	28.74	2.13	736.33 a	0.42
T3	9.17	935.67	67.72	32.28	72.77 ab	27.15	1.96	703.40 a	0.38
T4	8.33	867.00	78.40	21.60	83.41 ab	25.69	2.23	732.14 a	0.43
T5	8.17	874.17	50.11	49.89	57.49 b	22.66	1.57	577.80 b	0.30
T6	9.17	966.50	76.93	23.07	81.52 ab	26.79	2.18	786.67 a	0.44
T7	8.67	941.83	78.20	21.80	85.37 a	27.22	2.32	764.30a	0.46
T8	8.83	913.00	87.77	12.23	90.82 a	27.12	2.46	807.07 a	0.48
T9	8.67	938.33	81.17	18.83	87.68 a	26.94	2.36	753.31 a	0.47
F-test	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	**	ns
CV (%)	10.46	16.03	15.55	13.25	19.32	15.82	19.95	17.66	12.56

[1/]: T1= control, T2 = sunn hemp, T3 = jack bean, T4 = cowpea, T5 = mung bean, T6 = soybean, T7 = African sesbania, T8 = earleaf acacia, T9 = chemical fertilizer

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในส่วนเหนือดินของข้าว พบว่า การใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ปริมาณแมกนีเซียมในฟางข้าวสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.18 % รองลงมาคือ ปอเทือง ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว ถั่วเหลือง โสนอัฟริกัน กระถินณรงค์ และปุ๋ยเคมี ตามลำดับ ($P<0.01$) การใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ปริมาณทองแดงในฟางข้าวสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.0005 % รองลงมาคือ ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม ถั่วเหลือง โสนอัฟริกัน ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด ถั่วเขียว และกระถินณรงค์ ตามลำดับ ($P<0.05$) แต่ทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม เหล็ก และแมงกานีสในฟางข้าวแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.43-0.59 % 0.24-0.34 % 6.36-7.30 % 0.32-0.38 % 0.08-0.10 % และ 0.06-0.08 % ตามลำดับ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.18)

ตารางที่ 4.18 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ปริมาณธาตุอาหารในฟางข้าว (การทดลองในเรือนทดลอง)

Treatment	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (%)	Zn (%)	Cu (%)	Mn (%)
T1[1/]	0.47	0.29	6.87	0.32	0.16 abc	0.10	0.003	0.0003 b	0.07
T2	0.48	0.26	6.51	0.35	0.17 ab	0.10	0.003	0.0005 a	0.06
T3	0.55	0.28	6.36	0.38	0.18 a	0.08	0.003	0.0004 ab	0.07
T4	0.47	0.29	6.93	0.35	0.15 bc	0.08	0.002	0.0004 ab	0.07
T5	0.59	0.34	6.53	0.35	0.14 bc	0.09	0.003	0.0003 b	0.06
T6	0.53	0.27	7.30	0.37	0.14 bc	0.10	0.003	0.0004 ab	0.07
T7	0.45	0.25	6.64	0.34	0.13 cd	0.09	0.002	0.0004 ab	0.07
T8	0.43	0.24	6.64	0.35	0.10 de	0.09	0.002	0.0003 b	0.08
T9	0.46	0.26	6.47	0.37	0.09 e	0.10	0.003	0.0004 ab	0.07
F-test	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	*	ns
CV (%)	14.30	20.53	11.67	13.69	19.04	20.56	20.10	16.34	19.14

[1/]: T1 = control, T2 = sunn hemp, T3 = jack bean, T4 = cowpea, T5 = mung bean, T6 = soybean, T7 = African sesbania, T8 = earleaf acacia, T9 = chemical fertilizer

สมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกข้าว พบว่า การใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินหลังปลูกข้าวมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 3.14 % รองลงมาคือ ถั่วพุ่ม ปอเทือง ถั่วเขียว โสนอัฟริกัน ถั่วเหลือง ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด กระถินณรงค์ และปุ๋ยเคมี ตามลำดับ ($P<0.01$) การใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินหลังปลูกข้าวมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.57 % รองลงมาคือ ถั่วพุ่ม ปอเทือง ถั่วเขียว โสนอัฟริกัน ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด ถั่วเหลือง กระถินณรงค์ และปุ๋ยเคมี ตามลำดับ ($P<0.01$) การใช้ปุ๋ยเคมีส่งผลให้ดินหลังปลูกข้าวปริมาณแมกนีเซียมในดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 271.71 mg/kg แต่ไม่แตกต่างกับการที่ไม่ใช้ปุ๋ยพืชสด ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว ถั่วเหลือง โสนอัฟริกันและกระถินณรงค์ ($P<0.01$) ดินที่ไม่ใช้ปุ๋ยพืชสดและการใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินหลังปลูกข้าวมีปริมาณทองแดงในดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 5.17 mg/kg รองลงมาคือ ถั่วเขียว ถั่วเหลือง โสนอัฟริกัน กระถินณรงค์ ปุ๋ยเคมี ถั่วพร้า และปอเทือง ($P<0.01$) ดินที่ไม่ใช้ปุ๋ยพืชสดมีปริมาณแมงกานีสในดินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 21.34 mg/kg รองลงมาคือ ถั่วเขียว ถั่วพุ่ม ปุ๋ยเคมี ปอเทือง ถั่วพร้า กระถินณรงค์ ถั่วเหลือง และโสนอัฟริกัน ตามลำดับ ($P<0.01$) การใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินหลังปลูกข้าวมีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 241.83 μS/cm รองลงมาคือ ปอเทือง กระถินณรงค์ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ปุ๋ยเคมี ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด และโสนอัฟริกัน ตามลำดับ ($P<0.05$) แต่ทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลให้ดินหลังปลูกข้าวมีความเป็นกรดด่าง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เหล็กที่แลกเปลี่ยนได้ และสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 5.35-5.74 427.65-479.19 mg/kg 51.67-64.25 mg/kg 1,704.42-1,884.17 mg/kg 361.05-400.75 mg/kg และ 4.14-4.64 mg/kg ตามลำดับ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.19)

ตารางที่ 4.19 การใช้ปุ๋ยพืชสดต่าง ๆ ต่อสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว (การทดลองในเรือนทดลอง)

Treatment	pH (1:1)	EC (1:5) (µS/cm)	OM (%)	N (%)	Available P (mg/kg)	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
						Exchangeable (mg/kg)				0.005*M* DTPA (mg/kg)		
T1[1/]	5.63	175.67 b	2.99 c	1.50 c	439.20	58.60	1,884.17	271.71 a	361.05	4.40	5.17 a	21.34 a
T2	5.54	199.17 ab	3.10 ab	1.55 ab	441.81	52.63	1,769.25	201.08 b	362.63	4.26	4.72 c	15.73 ab
T3	5.35	241.83 a	3.14 a	1.57 a	441.81	56.48	1,844.42	262.03 a	383.78	4.44	4.75 bc	14.67 ab
T4	5.67	160.67 b	3.11 a	1.55 a	434.53	58.33	1,874.58	260.99 a	387.38	4.39	5.17 a	19.36 a
T5	5.62	189.00 ab	3.04 bc	1.52 bc	432.04	64.25	1,704.42	260.77 a	363.23	4.14	5.03 ab	19.37 a
T6	5.65	193.67 ab	3.02 c	1.51 c	429.92	58.52	1,879.33	265.48 a	382.30	4.64	4.99 abc	9.26 bc
T7	5.74	145.67 b	3.03 bc	1.52 bc	427.83	53.22	1,820.92	265.94 a	370.13	4.56	4.92 abc	7.97 c
T8	5.63	193.83 ab	2.98 c	1.49 c	427.65	51.67	1,858.50	264.92 a	400.75	4.48	4.83 bc	9.92 bc
T9	5.66	176.50 b	2.84 d	1.42 d	479.19	52.28	1,873.25	268.73 a	370.87	4.53	4.80 bc	18.44 a
F-test	ns	*	**	**	ns	ns	ns	**	ns	ns	**	**
CV (%)	3.51	12.11	1.97	1.97	6.20	14.12	9.23	11.50	6.80	8.92	4.47	15.04

[1/]: T1= control, T2 = sunn hemp, T3 = jack bean, T4 = cowpea, T5 = mung bean, T6 = soybean, T7 = African sesbania, T8 = earleaf acacia, T9 = chemical fertilizer

กิจกรรมของจุลินทรีย์และเอนไซม์ดินในระยะเก็บเกี่ยวข้าว พบว่า ดินที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด มีปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.0161 mg/g soil รองลงมาคือ ถั่วพุ่ม ปอเทือง ถั่วเขียว ถั่วพร้า ถั่วเหลือง โสนอัฟริกัน ปุ๋ยเคมี และกระถินณรงค์ ตามลำดับ ($P<0.01$) การใช้ปุ๋ยเคมีส่งผลให้ดินมีปริมาณเอนไซม์ยูรีเอสสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 2.45 µg NH_4-N/g dwt รองลงมาคือ ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด ถั่วพุ่ม ปอเทือง ถั่วเขียว ถั่วพร้า กระถินณรงค์ ถั่วเหลือง และโสนอัฟริกัน ตามลำดับ ($P<0.01$) การใช้ปุ๋ยเคมีส่งผลให้ดินมีเอนไซม์โปรติเอสสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 3.48 µg tyrosine/g dwt รองลงมาคือ กระถินณรงค์ ไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมี โสนอัฟริกัน ถั่วพร้า ถั่วเหลือง ปอเทือง ถั่วเขียว และถั่วพุ่ม ตามลำดับ ($P<0.01$) การใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตสสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 13.88 µg/g dwt รองลงมาคือ ปอเทือง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วพุ่ม โสนอัฟริกัน ไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสด กระถิน-ณรงค์ และปุ๋ยเคมี ตามลำดับ ($P<0.01$) แต่ทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลให้ดินมีปริมาณการหายใจของจุลินทรีย์ ชีวมวลจุลินทรีย์ไนโตรเจน และเอนไซม์เซลลูเลสแตกต่างกัน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.32-0.95 mg CO_2/g soil 1.17×10^{12}-7.48×10^{12} mg/g soil และ 0.19-1.02 µg/g dwt ตามลำดับ (ตารางที่ 4.20)

ตารางที่ 4.20 การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินหลังปลูกข้าว (การทดลองในเรือนทดลอง)

Treatment	Soil respiration ($mgCO_2$/g soil)	MBC (mg/g soil)	MBN (mg/g soil)	Urease (µg NH_4-N/g dwt)	Protease (µg tyrosine/g dwt)	Phosphatase (µg/g dwt)	Cellulase (µg/g dwt)
T1[1/]	0.40	0.0161 a	2.13×10^{12}	1.98 a	1.16 b	5.94 c	1.02
T2	0.54	0.0156 a	6.48×10^{12}	0.99 b	0.96 b	13.33 a	0.62
T3	0.38	0.0145 a	3.47×10^{12}	0.55 b	1.00 b	13.88 a	0.19
T4	0.32	0.0160 a	1.17×10^{12}	1.05 b	0.77 b	9.65 b	0.43
T5	0.45	0.0147 a	2.00×10^{12}	0.95 b	0.94 b	12.33 a	0.76
T6	0.47	0.0137 a	1.36×10^{12}	0.47 b	0.97 b	11.83 ab	0.38
T7	0.95	0.0111 b	3.81×10^{12}	0.47 b	1.06 b	6.74 c	0.96
T8	0.47	0.0080 c	7.48×10^{12}	0.53 b	1.20 b	5.58 c	0.41
T9	0.53	0.0089 c	2.15×10^{12}	2.45 a	3.48 a	4.53 c	0.49
F-test	ns	**	ns	**	**	**	ns
CV (%)	10.84	14.53	20.67	19.65	16.35	20.31	16.11

[1/]: T1 = control, T2 = sunn hemp, T3 = jack bean, T4 = cowpea, T5 = mung bean, T6 = soybean, T7 = African sesbania, T8 = earleaf acacia, T9 = chemical fertilizer

4.4 วิจารณ์ผลการทดลอง

4.4.1 ดินที่ใช้ในการศึกษา

ดินที่ใช้ในการศึกษาเป็นดินในชุดดินกำแพงเพชร ซึ่งมีดินบนเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทรายแป้ง สีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลเข้ม ปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (6.0-7.0) ดินล่างเป็นดินร่วนปนทรายแป้งถึงดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเหลือง ค่าความเป็นกรดด่างดินเป็นกรดจัดจนถึงเป็นกรดเล็กน้อย (5.5-6.5) โดยดินในชุดดินกำแพงเพชรมีข้อจำกัด คือ เป็นดินที่ใช้ปลูกพืชไร่มานานใต้ชั้นไถพรวนมักแน่นทึบ รากชอนไชได้ยาก ข้อเสนอแนะคือ ทำลายชั้นดานใต้ชั้นไถพรวนโดยไถให้ลึกกว่าปกติ และใช้อินทรียวัตถุในการปรับสภาพดินให้ร่วนซุย ปรับปรุงบำรุงดินอยู่เสมอโดยเพิ่มอินทรียวัตถุ และใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น (สำนักสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน. 2557)

4.4.2 ปริมาณธาตุอาหารในพืชปุ๋ยสดต่อสมบัติทางเคมีและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน

ปริมาณธาตุอาหารในส่วนเหนือดินของพืชตระกูลถั่วแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยสอดคล้องกับ Schmitt *et al.* (2001) รายงานว่า พืชมีปริมาณความต้องการใช้ธาตุอาหารที่แตกต่างกัน รวมถึงพืชตระกูลถั่วมีความแตกต่างกันในทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโต ศักยภาพการสร้างมวลชีวภาพ การตรึงหรือสะสมธาตุอาหาร (Vlek *et al.* 2004)

4.4.3 การปลูกพืชปุ๋ยสดต่อสมบัติทางเคมีและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน

สมบัติทางเคมีดินของการทดลองในแปลงและในเรือนทดลอง เป็นไปในแนวทางเดียวกัน คือ ดินที่มีการปลูกพืชปุ๋ยสดส่งผลให้ความเป็นกรดด่างในดินเปลี่ยนจากกรดจัดเป็นกรดเล็กน้อย โดยการปลูกพืชปุ๋ยสดทำให้ความเป็นกรดด่างมีค่าเข้าใกล้กลาง โดยดินที่ความเป็นกรดด่าง 6-7 จะทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่าง ๆ อยู่ในระดับที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของพืช และยังส่งผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน เนื่องจากแบคทีเรียจะทำงานได้ดี เมื่อความเป็นกรดด่างดินใกล้ ๆ เป็นกลาง เมื่อดินเป็นกรดมากขึ้นจุลินทรีย์จะทำงานได้ลดลง ซึ่งกิจกรรมของจุลินทรีย์จะส่งผลต่อปริมาณความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน กำมะถัน และฟอสฟอรัสในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้นเมื่อความเป็นกรดด่างเข้าใกล้กลาง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541) แต่ในทางตรงข้ามปริมาณอินทรียวัตถุไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เหล็กที่แลกเปลี่ยนได้ สังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ ทองแดงที่แลกเปลี่ยนได้ และแมงกานีสที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน น้อยกว่าดินก่อนการทดลอง โดยปริมาณธาตุอาหารในดินที่ลดลงเป็นผลมาจากการดูดใช้ของพืชปุ๋ยสดและจุลินทรีย์ (สมเกียรติ วัฒนกวิกรานต์. 2542)

4.4.4 การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินช่วงการย่อยสลายของปุ๋ยพืชสด

จากการศึกษา พบว่าค่าความเป็นกรดด่างในดินลดลงในวันที่ 30 ของการศึกษา เนื่องจากการไถกลบพืชปุ๋ยสดทำให้เกิดกรดอินทรีย์และคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งจะช่วยเพิ่มไฮโดรเจนไอออน เป็นเหตุจึงทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของดินลดต่ำลง (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ. 2551) ปริมาณอินทรียวัตถุและไนโตรเจนทั้งหมดในดินมีปริมาณคงที่ตลอดระยะเวลาในการศึกษา โดยปริมาณอินทรียวัตถุในดินน้ำขังจะมีการย่อยสลายเพียงบางส่วน และส่วนที่ไม่ย่อยสลายจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบพวกฮิวมัส กระบวนการที่ย่อยสลายเรียกว่า Humification จะเกิดได้ช้าในช่วงน้ำขัง เนื่องจากการสลายตัวของลิกนินจะถูกยับยั้งในสภาพน้ำขัง (Wada. 1978) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินถูกปลดปล่อยออกมาอย่างรวดเร็วเมื่อถูกปลดปล่อยออกมาถึงระดับสูงสุดแล้วจะลดลง โดยสอดคล้องกับการวิจัยของ Luwayi and Haque (1998) รายงานว่า การปลดปล่อยของธาตุอาหารจะเริ่มปลดปล่อยในวันที่ 7 และจะเริ่มคงที่ตลอดการศึกษา ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นช่วงการย่อยสลายเกิดจากการย่อยสลายของพืชปุ๋ยสดหลังการไถกลบลงดินมีการย่อยสลายโดยผ่านกระบวนการ Mineralization แล้วปลดปล่อยฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เนื่องจากพืชตระกูลถั่วดูดฟอสฟอรัสไปใช้ในการเจริญเติบโต เมื่อไถกลบลงไปในดินเป็นการนำฟอสฟอรัสกลับคืนสู่ดินเป็นการหมุนเวียนฟอสฟอรัสจากดินชั้นล่างขึ้นมาสู่ดินชั้นบน (จีราภรณ์ อินสาร. 2557; จารุวรรณี เตรียมวิจารณ์กุล. 2559) หลังจากเริ่มทำการศึกษาไม่พบชีวมวลจุลินทรีย์ไนโตรเจนและชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอน อาจเนื่องมาจากในแปลงปลูกไม่สามารถควบคุมปัจจัยที่เกิดจากสภาพแวดล้อมได้ โดยเฉพาะความชื้น การที่แปลงปลูกได้รับความชื้นไม่เพียงพออาจจะส่งผลต่อปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์ไนโตรเจนและชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอนได้ ซึ่ง Borken *et al.* (2003) พบว่าความชื้นในดินจะส่งผลให้ปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์ไนโตรเจนและชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอนจากดินสูงขึ้น และความชื้นในดินยังช่วยให้จุลินทรีย์ในดิน มีกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเพิ่มขึ้น และอีกสาเหตุหนึ่งคือ วิธีการวิเคราะห์ปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอนและชีวมวลจุลินทรีย์ไนโตรเจนด้วยวิธีการรม โดยในการศึกษาใช้เวลาในการรม 48 hr ระยะเวลาในการรมอาจจะน้อยเกินไปสำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างดินนี้ ถ้าหากเพิ่มระยะเวลาในการบ่มจะทำให้ปริมาณของ MBC และ MBN สูงขึ้นได้ (Einstein *et al.* 1935) การใช้พืชปุ๋ยสดแต่ละชนิดส่งผลต่อกิจกรรมและเอนไซม์ในดินที่ต่างกัน โดยอาจเนื่องมาจากปริมาณธาตุอาหารในพืชปุ๋ยสดแต่ละชนิด (Balota and Chaves. 2010) รวมถึงสารประกอบชีวเคมีภายในพืชปุ๋ยสดที่แตกต่างกันจึงส่งผลต่อการย่อยสลายและการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน (Balota and Chaves. 2010) จึงทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน การใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้มีเอนไซม์ยูรีเอสเพิ่มสูงขึ้นจากการใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดอื่น เนื่องจากถั่ว

เหลืองมีปริมาณไนโตรเจนในส่วนเหนือดินสูงจึงทำให้กิจกรรมของยูรีเอสทำงานได้ดี โดยไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญในโครงสร้างของโปรตีนที่อยู่ภายในปุ๋ยพืชสด (ชุติมา ตันติกิตติ และคณะ. 2545) โดยเอนไซม์ยูรีเอสทำหน้าที่ในการย่อยสลายพันธะเอไมด์ในโครงสร้างของโปรตีนในพืชด้วยปฏิกิริยาดีแอมิเนชั่นกลายเป็นแอมโมเนีย (ชัยวัฒน์ วามวรรัตน์. 2555) ซึ่งอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ง่ายต่อพืช (Yanyu *et al.* 2019)

4.4.5 การใช้ปุ๋ยพืชสดต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 49

การใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ข้าวมีความสูง และผลผลิตต่อไร่สูงกว่าการรายงานของศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก (2556) ที่ระบุว่าลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวพันธุ์ กข 49 มีความสูงประมาณ 91-97 cm และผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 733 kg/rai การใช้ปุ๋ยเคมีทำให้มีจำนวนหน่อต่อกอสูงที่สุด อาจเนื่องมาจากต้นข้าวสามารถดูดใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีไปใช้ได้เร็วกว่าปุ๋ยอินทรีย์ โดยปุ๋ยอินทรีย์จะสลายตัวให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์กับพืชได้ออกมาอย่างช้า ๆ (Prudente *et al.* 2008) อย่างไรก็ตามการใช้ปุ๋ยพืชสดก่อนการปลูกข้าว สามารถเพิ่มผลผลิตของข้าว และยังสามารถเพิ่มผลผลิตตอซังจำนวนกอต่อพื้นที่ และจำนวนเมล็ดต่อรวงอีกด้วย (Prasad *et al.* 2002)

4.4.6 การใช้ปุ๋ยพืชสดต่อสมบัติทางเคมีและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินหลังปลูกข้าว

จากผลการศึกษาพบว่า การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ส่งผลต่อสมบัติทางเคมีดินให้เพิ่มสูงขึ้นเพียงพอต่อความต้องการของข้าว โดยการใช้ปุ๋ยพืชสดสามารถเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ดินและเอนไซม์ในดิน (ดีไฮโดรจีเนส ยูรีเอส ฟอสฟาเตส และ เอริลซัลฟาเตส) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมากกว่าการใช้ *Brassica napus* L. หรือ *Trifolium pretense* ร่วมกับ *Brassica napus* โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่สูงขึ้นเกี่ยวข้องกับปริมาณธาตุอาหารและสารประกอบต่าง ๆ ภายในพืชปุ๋ยสด ปริมาณชีวมวลจุลินทรีย์สามารถคาดการณ์ถึงปริมาณอินทรียวัตถุได้ โดยการหมุนเวียนของชีวมวลจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระยะเวลาสั้น แสดงถึงการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินได้รวดเร็ว (Rice *et al.* 1996) ซึ่งสอดคล้องกับ Ye *et al.* (2014) ทำการศึกษาการใช้ปุ๋ยพืชสดต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ปี พบว่า ปริมาณ MBC และ MBN เพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของปริมาณการหายใจของจุลินทรีย์ การใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้เอนไซม์ยูรีเอสเพิ่มสูงขึ้นในตอนท้ายของการศึกษาแตกต่างจากการใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดอื่น ๆ ที่มีปริมาณเอนไซม์ยูรีเอสลดลง อาจเนื่องมาจากอัตราการย่อยสลายของโสนอัฟริกันช้ากว่าปุ๋ยพืชสดอื่น ๆ โดยโสนอัฟริกันมีปริมาณเซลลูโลสและลิกนินสูง (Sarkar *et al.* 2017) นอกจากนี้อัตราส่วน C:N ยังช่วยควบคุมอัตราการย่อยสลายของพืช พืชที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงจะสลายตัวเร็วกว่าพืชที่มีอัตราส่วน

C:N สูงกว่า ปริมาณเซลลูโลสและลิกนินยังส่งผลต่อการย่อยสลายของชีวมวลพืช (Tripolskaja *et al.* 2014)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 การศึกษาผลของสมบัติทางเคมีและกิจกรรมของจุลินทรีย์หลังปลูกพืชปุ๋ยสด

พืชตระกูลถั่วแต่ละชนิดมีอายุเฉลี่ยของวันที่เริ่มออกดอก อายุเฉลี่ยดอกบาน 50 % และปริมาณธาตุอาหารในส่วนเหนือดินที่แตกต่างกัน ส่วนดินที่มีการปลูกพืชปุ๋ยสดจะส่งผลให้ดินมีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มเข้าใกล้กลางมากกว่าดินที่ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสด แต่ในทางตรงข้ามกันดินที่มีการปลูกพืชปุ๋ยสดกลับมีสมบัติทางเคมีอื่น ๆ น้อยกว่าดินที่ไม่มีการปลูกพืชปุ๋ยสด และการปลูกพืชปุ๋ยสดส่งผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอีกด้วย

5.2 อิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารสู่ดินและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน

การใช้เป็นโสนอัฟริกันปุ๋ยพืชสดสามารถเพิ่มปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เอนไซม์ยูรีเอส เอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตส และเอนไซม์เซลลูเลสในดินให้เพิ่มสูงขึ้น (การทดลองในแปลง) และการใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ดินมีปริมาณเอนไซม์ยูรีเอสและเอนไซม์โปรติเอสในดินเพิ่มขึ้น (การทดลองในเรือนทดลอง) แต่การใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เหล็กที่แลกเปลี่ยนได้ และแมงกานีสที่แลกเปลี่ยนเพิ่มขึ้น (การทดลองในเรือนทดลอง)

5.3 อิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 49

การใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดสามารถทำให้ข้าวมีจำนวนเมล็ดต่อกอและผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น (การทดลองในแปลง) แต่การใช้กระถินณรงค์เป็นปุ๋ยพืชสดสามารถทำให้ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงและผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น (การทดลองในเรือนทดลอง) อย่างไรก็ตามการใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดไถกลบในช่วงก่อนการปลูกข้าว 30 วัน สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 49 ได้

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1. จากการศึกษาผลของปุ๋ยพืชสดต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว ทำให้ได้ข้อมูลในด้านการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวเพียงฤดูเดียว ข้อมูลที่ได้อาจจะไม่เพียงพอสำหรับการนำไปใช้จริงในทุกฤดูกาลปลูก จึงควรทำการศึกษาการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวให้หลากหลายฤดูกาล

5.4.2. ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย จากการศึกษา พบว่า พืชปุ๋ยสดสามารถเพิ่มผลผลิตให้แก่ข้าวได้ แต่พืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยมีหลายชนิด จึงควรมีการศึกษาการใช้พืชปุ๋ยสดกับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ ด้วย เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารแก่ดิน

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. **การใช้ปุ๋ยพืชสด เพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://mordin.ldd.go.th/nana/web-ldd/soil/Page05.htm#Title1.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2550. **การปลูกถั่วพร้าเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ปุ๋ยพืชสด**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.ldd.go.th/menu_dataonline/G1/G1_05.pdf.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2550. **การปลูกถั่วโสนอัฟริกันเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ปุ๋ยพืชสด**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.ldd.go.th/menu_Dataonline/G1/G1_08.pdf.

กรมวิชาการเกษตร. 2554. **ถั่วพุ่ม**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.rakbankerd.com.

กองวิจัยและพัฒนาข้าว. 2559. **ข้าวพันธุ์ กข 49**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.ricethailand.go.th/rkb3/17%E0% B8%81%E0%B8%8249.pdf.

กัลยกร วงศ์กาฬสินธุ์. 2540. **การโคลนยีนโปรตีเอสจาก *Bacillus subtilis* TISTR25 สู่ *Escherichia coli* ด้วยระบบหลอมกับจีเอสทียีน**. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กิตติ วงส์พิเชษฐ์. 2553. **ถั่วพุ่ม**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.agri.ubu.ac.th/~kitti/1201440/cowpea.pdf.

กิตติศักดิ์ ศรีทุมมา. 2552. การศึกษาพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองที่มีศักยภาพ เพื่อใช้ในระบบเกษตรยั่งยืนของอำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดน่าน. **สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต** สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เกษตร สันติวงศ์, เนตรนภา อินสลุด, วิชญ์ภาส สังพาลี และเพ็ญนภา จักรสมศักดิ์. 2561. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนระดับแปลงปลูกคุณสมบัติดินบางประการของพืชตระกูลถั่ว 4 ชนิด ในชุดดินสันทราย. **แก่นเกษตร**. 46(พิเศษ 1): 551-555.

เกษมศรี ซับซ้อน. 2541. **ปฐพีวิทยา**. โรงพิมพ์กองวิทยาลัยเกษตรกรรม, กรมอาชีวศึกษา, กรุงเทพฯ. 246 หน้า.

คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา. 2542. **พืชเศรษฐกิจ**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. หน้า 1.

จารุวรรณี เตรียมวิจารณ์กุล. 2559. ผลของชนิดปุ๋ยพืชสดในการปลูกข้าวดำต่อการเปลี่ยนระดับแปลงปลูกทางเคมีของดิน ชุดดินสรรพยา (Sa) อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย. **พืชศาสตร์**

สงขลานครินทร์. 3(3): 30-43.

จีราภรณ์ อินทสาร. 2557. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. สำนักพิมพ์ดีพริ้นท์, เชียงใหม่. 152 หน้า.

จีรเดช แจ่มสว่าง. 2538. การควบคุมโรคพืชที่เกิดจากเชื้อราด้วยเชื้อราไตรโคเดอร์มา: ตอนที่ 2 หลักการและบทบาท. **วารสารเคหการเกษตร**. 19(10): 159-165.

ชัยวัฒน์ วามวรรัตน์. 2555. **เอนไซม์**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.biochem.flas.kps.ku.ac.th.

ชุติมา ตันติกิตติ, อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล, วิมล จันทร์โรทัย และกิจการ ศุภมาตย์. 2545. **การศึกษาความต้องการกรดอะมิโนด้านปริมาณของปลากดเหลือง**. ภาควิชารัชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 135-141.

บุญหงส์ จงคิด. 2549. **ข้าวและเทคโนโลยีการผลิต**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญอุ้ม แคล้วโยธา. 2535. **ผลของการใช้ปุ๋ยพืชสดต่อการผลิตข้าวฟ่างในดินร่วนทราย**. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล และ จำลอง โพธาเจริญ. 2550. **การปลูกโสนอัฟริกันในนาข้าว**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.mcc.cmu.ac.th/agsust/publication_SA/Sesbania _handbook.pdf.

ประชา นาคะประเวศ และปรัชญา ธัญญาดี. 2535. **พืชปุ๋ยสดบำรุงดิน**. กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 22.

ปัทมา วิตยากร, อรรณพ พุทธโส, สมชาย บุตรนันท์, ภาณุเดชา กมลานิทย์, เบ็จพร กุลนิตย์ และวรติกร แสงห้าว. 2556. การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินทรายโดยใช้สารอินทรีย์: การศึกษาเชิงกระบวนการ. **แก่นเกษตร**. 41(2): 1-12.

นิทัศน์ สิทธิวงศ์, นพรัตน์ ม่วงประเสริฐ, บุญดิษฐ์ วรินทร์รักษ์ และปิยะพันธุ์ ศรีคุ้ม. 2543. ผลของปุ๋ยพืชสดบางชนิดในการปลูกข้าว. **ผลงานนักวิชาการเกษตร**. 22-24.

นิรันดร์ สุขจันทร์. 2537. ผลของโสนอัฟริกันต่อการปรับปรุงดิน. **การสัมมนาเรื่องการพัฒนาข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ครั้งที่ 6 ณ ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก**. 8-9 มีนาคม 2537. หน้า 46-56.

พรพรรณ สุทธิแย้ม, บุญเหลือ ศรีมุงคุณ, อารีรัตน์ พระเพชร, บุญญา อนุสรณ์รัชดา, ประสงค์ วงศ์ชนะภัย, นาตยา จันทร์ส่อง, สิริ สุวรรณเขตนิคม, วิไลศรี ลิมปพะยอม, ยสิศร์ อินทรสถิตย์, วิมลรัตน์ ดำขำ และนงนุช เดือนดาว. 2551. การใช้ปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยหมักปรับปรุงดินก่อนปลูกร่วมกับวิธีการปลูกงาในสภาพนาอินทรีย์. **รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาด้านพืชและเทคโนโลยี**. หน้า 188.

พิจิตรา ตั้งเขื่อนขันธ์, รสรินทร์ รุจนานนท์ และอัญชลี อำนาทสมบูรณ์. 2548. การคัดเลือกเชื้อราเพื่อ

ผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจากวุ้นมะพร้าวที่เป็นเศษเหลือทิ้งจากโรงงาน, **วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**. 1-57.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา. 2558. **กระถินณรงค์**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://tree.aru.ac.th/flora.php?tree_id=1.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ล และชวลิต ฮงประยูร. 2551. **ปุ๋ยเพื่อการเกษตร**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 519 หน้า

เรวัต เลิศฤทัยโยธิน. 2541. **พฤกษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 5-11.

วรรณะ ขาวสุทธิ์, วิทูร ชินพันธุ์ และสุเทพ วรผลึก. 2554. การศึกษาการสลายตัวและสะสมของอินทรียวัตถุในดิน (ตอน 1) จากการใส่ปุ๋ยพืชสดบำรุงดิน. **งานวิจัยการจัดการอินทรียวัตถุ** : กรมพัฒนาที่ดิน. หน้า 268-277.

ศรีสุดา ทิพยรักษ์. 2552. การย่อยสลายและการปลดปล่อยไนโตรเจนจากซากถั่วลิสงและถั่วเขตร้อนอื่น ๆ เพื่อเป็นปุ๋ยพืชสดให้แก่อ้อยที่ปลูกปลายฤดูฝน. **วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต**. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก. 2556. ข้าวเจ้าสายพันธุ์ PSL05102-19-1-5-4. **ข้าวเจ้าพันธุ์ กข49**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http:// http://psl-rrc.ricethailand.go.th/web/images/image/File/rice1/16.pdf.

สถาบันวิจัยข้าว. 2539. **ความรู้คู่ชาวนา**. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพมหานคร.147-152.

สถาบันวิจัยและพัฒนาที่สูง. 2553. **Soybean**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://eherb.hrdi.or.th/search_result_details.

สมเกียรติ วัฒนกวิกรานต์. 2542. การจัดการถั่วเขียวเพื่อใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในการผลิตข้าวจาปอนิก้า. **วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่**. 73 หน้า.

สมพร ดำยศ, อภินันท์ กำนัลรัตน์ และวิเชียร จาฏพจน์. 2553. การใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดในการผลิตข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุง. **ผลงานทางวิชาการ**. วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีพัทลุง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 9 หน้า.

สมพร ดำยศ, อภินันท์ กำนัลรัตน์ และวิเชียร จาฏพจน์. 2554. การใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดในการผลิตข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุง. **ผลงานทางวิชาการ**. วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีพัทลุง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 11 หน้า.

สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. 2562. **ผลผลิตข้าว**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก www.thairiceexporters.or.th.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558**. กระทรวงเกษตร และสหกรณ์.

สำนักสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน. 2557. **ลักษณะและสมบัติของชุดดินภาคเหนือ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก www.ldd.go.th.

อภิรักษ์ หลักชัยกุล, อัจฉรา อุทโยภาส และปิยะอิศรา ขอดวงกลาง. 2551. **ถั่วเขียว: คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://ag-ebook.lib.ku.ac.th/index.php/ component/content/article/760.

อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์. 2552. **การเปลี่ยนระดับแปลงปลูกองค์ประกอบและความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชที่อาจก่อให้เกิดอันตรายบริเวณชายฝั่ง จังหวัดสมุทรสาคร**. ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน, สมุทรสาคร. 176 หน้า.

อัญชลี พัดมีเทศ. 2542. **การใช้ปุ๋ยพืชสด**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/other/other5.pdf.

เอิบ เขียวรื่นรมย์. 2533. **ดินของประเทศไทย**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

Abdulkadir, S., Mehmet, A., Betul, B. and Ridvan, K. 2014. Effect of Green on Soil Enzyme Activity. **Fresenius Environmental Bulletin**. 23: 126-132.

Anna, P.D. and Edward, W. 2014. Changes in enzyme activities as affected by green-manure catch crops and mineral nitrogen fertilization. **Zemdirbyste-Agri**. 2: 139-146.

Balota, E.L. and Chaves, J.C.D. 2010. Enzymatic activity and mineralization of carbon and nitrogen in soil cultivated with coffee and green manures. **Revista Brasileira De Ciencia Do Solo**. 34: 1574-1583.

Bouldin, D.R. 1980. Effect of green manure on soil organic matter content and nitrogen availability**. International Rice Research Institute**. a.151-163.

Broken, W. Davidson, E.A., Gaudinski, J. and Trumbore, S.E. 2003. Drying and wetting effect on carbon dioxide release from organic horizons. **Soil Science Society of America Journal**. 67(6): 1888-1896.

Brookes P.C., Kragt, J.F., Powlson, D.S. and Jenkinson, D.S. 1968. The fumigation extraction method for microbial biomass nitrogen, p. 388-389. In Alef, K. and Nannipieri, P. (eds.). **Method in Applied Soil Microbiology and Biochemistry**. Harcourt Brace and Company, Publisher.

Germany. 576 p.

Chaudhury, J., Singh, D.P. and Hazra S.K. 1995. **Sunhemp (*Crotalaria juncea*, L)**. [online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Surja_Sarkar/publication/304570874.pdf.

Das, S.K. and Varma, A. 2011. **Role of Enzymes in Maintaining Soil Health**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg: Germany.

Einstein, A., Podolsky, B. and Rosen, N. 1935. Can quantum-mechanical description of description of physical reality be considered complete. **Physical Review Journal**. 47: 777-780

Eivazi, F and Tabatabai, M.A. 1977. Phosphatase activity, pp.338-339. In Alef, K. and Nannipieri, P. (eds.). **Method in Applied Soil Microbiology and Biochemistry**. Harcourt Brace and Company, Publisher. Germany. 576 p.

Farheen, S., Jinshun, B., Songjuan, G., Lu, Y., Guopeng, Z. and Weidong, C. 2019. Improved accumulation capabilities of phosphorus and potassium in green manures and its relationship with soil properties and enzymatic activities. **Agronomy**. 9: 708.

Havlin, J.L., James, D.B., Samuel, L.T. and Werner, L.N. 2005**. Soil Fertility and fertilizers**. Coirier Westford: USA. 257 p.

Henneberry, M.O., Engel, G. and Grayhack, J.T. 1979. Acid phosphatase. **Urologic Clinics of North America**. 3: 29-41.

Hong, B.H., Wei, X.L., Yu, W.Z., Jun, K.C., Xu, Y.J., Shuang, L. Heng, R.Y., Bao, M.C. and Guo, R.X. 2020. Effect of Italian ryegrass residues as green manure on soil properties and bacterial communities under an Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* L.). **Soil and Tillage Research**. 196: 1-12.

Hongwu, Y., Jiaojiao, N., Jiemeng, T., Yabing, G., Chao, Z., Siyuan, S., Wu, C., Hongqi, Y. and Huaqun, Y. 2016. The impacts of different green manure on soil microbial communities and crop health. **Applied Soil Ecology**. 10: 16-24.

Jaspreet, K., Gosal, S.K. and Walia, S.S. 2017. Correlation of methanotrophs and soil enzymes with available nutrients in long term green manured rice rhizospheric soil. **Microbiology Research Journal International**. 19(4): 1-10.

Kandelar, E. and Gerber, H. 1972. Estimation of urease activity. In: Kassem, A. and Paolao, N. (eds) **Method in applied soil microbiology and biochemistry**, Academic Press, pp.318- 320.

Karine, K., Angela, R.P., Celia R.C. and Rodrigo, L.B. 2018. Ureases: Historical aspects, catalytic, and non-catalytic properties – A review. **Journal of Advanced Research**. 13: 3-17.

Kashif, A., Weiyu, W., Guangxin, R., Ahmad, K. and Youngzhong, F. 2018. Changes in soil enzymes, soil properties, and maize crop productivity under wheat straw mulching in Guanzhong, China. **Soil and Tillage Research**. 182: 94-102.

Klyosov, A.A. 1990. Trends in biochemistry and enzymology of cellulase degradation. **Soil Biology and Biochemistry**. 29: 10577-10585.

Ladd, J.N. and Butler, J.H.A. 1972. Protease activity. In: Kassem, A. and Paolao, N. (eds.) **Method in applied soil microbiology and biochemistry**. Harcourt brace and company, pp. 313-315.

Luwayi, N.Z. and Haque, I. 1998. Mineralization of N, P, K, Ca and Mg from Sesbania and Leucaena leaves varying in chemical composition. **Soil Biology and Biochemistry**. 30: 337-343.

Muhammad, I.K., Hyo, S.G., Muhammad, A.A., Hyeon, J.S. Suvendu, D. and Pil, J.K. 2020. Short term effects of different green manure amendments on the composition of main microbial groups and microbial activity of a submerged rice cropping system. **Applied Soil Ecology**. 147: 103400.

Muhammad, Q., Jing, H., Waqas, A., Dongchu, L., Shujun, L., Sehrish, A. Kailou, L., Yongmei, X., Lu, Z., Lisheng, L. and Huimin, Z. 2019. Long-term green manure rotations improve soil biochemical properties, yield sustainability and nutrient balances in acidic paddy soil under a rice-based cropping system. **Agronomy**. 9: 780.

Qian, Z., Wei, Z., Guoqing, L., Xiubin, W., Jingwen, S., Ping, H. and Lujiu, L. 2015. Effects of Different organic manures on the biochemical and microbial characteristics of Albic paddy soil in a short-term experiment. **Plos One**. 4: e0124096.

Prasad, P.V.V., Satyanarayana, V., Murthy, V.R.K. and Boote, K.J. 2002. Maximizing yields in rice-groundnut cropping sequence through integrated nutrient management. **Field Crops Research**. 75: 9-21.

Rice, C.W., Moorman, T.B. and Beare, M. 1996. Role of microbial biomass carbon and nitrogen in soil quality. In: Doran J. W. and Jones A. J. (eds.). **Methods for assessing soil quality**. Madison, Soil Science Society of American Incorporation, pp. 203-215.

Ryota, K., Katsuhiko, N., Yasuhiro, T., Hideki, Y., Shoya, S., Eiji, H., Masayuki, H. and Yasushi, S.

2017. Hairy vetch (*Vicia villosa*), as a green manure, increases fungal biomass, fungal community composition, and phosphatase activity in soil. **Applied Soil Ecology**. 117-118: 16-20.

Sarkar, M., Sutradhar, S., Sarwar, A.K.M., Uddin, M.N., Chanda, S.C. and Jahan, M.S. 2017. Variation of chemical characteristics and pulp ability of dhaincha (*Sesbania bispinosa*) on location. **Journal of Bioresources and Bioproducts**. 2: 24-29.

Schinner, F. and Von, M. W. 1972. **Method in Applied Soil Microbiology and Biochemistry**. Harcourt brace and company. p.346-347.

Schmitt, A. K., Simone, K., Anette M., Alexander, R. Torsten, V., Martin, R. and Michael, W. 2007. Boron and Oxygen Isotope Composition of Certified Reference Materials NIST SRM 610/612 and Reference Materials JB‐2 and JR‐2. **Geostandards and Geoanalytical Research**. 25(2): 405-416.

Suryanarayana, R.S.V., Saraswathi, C.R. and Dwarakanath, C.T. 1998. Studies on the utilization of fishery wastes for the production of microbiological media. 597.635. in **Proceeding of the 18th symposium on fish utilization technology and marketing in the IPFC region**. Philippines.

Sylvia, D., Fuhrmann, J. Hartel, P. and Zuberer, D. 2005. **Principles and applications of soil Microbiology**. 2nd ed. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J. 640 p.

Tabatabai, M.A. and Bremner, J.M. 1969. Phosphatase activity, pp.338-339. In Alef, K. and Nannipieri, P. (eds.). **Method in Applied Soil Microbiology and Biochemistry**. Harcourt Brace and Company, Publisher. Germany. 576 p.

Tripolskaja, L., Romanovskaja, D., Slepetiene, A., Razukas, A. and Sidlauskas, G. 2014. Effect of the chemical composition of green manure crops on humus formation in a Soddy-Podzadic soil. **Eurasian Soil Science**. 47: 310-318.

Vance, E.D., Brookes, P.C. and Jenkinson, D.S. 1987. An extraction method for measuring microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**. 22: 703-707.

Vlek, H.E., Verdonschot, P.F.M. and Nijboer, R.C. 2004. Towards a multimetric index for the assessment of dutch streams using benthic macroinvertebrates. **Hydrobiologia**. 516: 173-18.

Wada, H. 1978. Soil management for rice based cropping system. **Soil and Rice**. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.

Watson, M. 1979. Nursing: The philosophy and science of caring. **Nursing research**. 3: 86-87.

Xiefeng, Y., Hongen, L., Zheng, L., Yong W., Yingyuan, W., Hongfeng, W. and Guoshun, L. 2013. Effect of green manure continuous application on soil microbial biomass and enzyme activity. **Soil Science and Plant Nutrition**. 37: p.1.

Yanyu, S., Changchun, S., Jiusheng, R., Xiuyan, M., Wenwen, T., Xianwei, W., Jinli, G. and Aixin, H. 2019. Short-term response of the soil microbial abundances and enzyme activities to experimental warming in a boreal peatland in northeast china. **Molecular Diversity Preservation International**. 11:590-616.

Ye, X.F., Liu, H.G., Li, Z., Wang, Y., Wang, Y.Y., Wang, H.F. and Liu, G.S. 2014. Effects of green manure continuous application on soil microbial biomass and enzyme activity. **Journal of Plant Nutrition**. 37: 498-508.

ภาคผนวก

การวิเคราะห์ดิน

ตารางผนวกที่ 1 แสดงเกณฑ์มาตรฐานความสูง-ต่ำ ของค่าวิเคราะห์ทางเคมีของดิน

ลักษณะทางเคมีของดิน	เกณฑ์มาตรฐาน						
	ต่ำมาก	ต่ำ	ค่อนข้างน้อย	ปานกลาง	ค่อนข้างสูง	สูง	สูงมาก
อินทรียวัตถุในดิน (g/kg)	<5.0	0-10	10-15	15-25	25-35	35-45	>45
ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (% อินทรียวัตถุ)	-	<1.5	-	15-3.5	-	>3.5	-
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	<3.0	3-6	6-10	10-15	15-25	25-45	>45
โพแทสเซียมในดิน (mg/kg)	<30	30-60	-	60-90	-	91-120	>120
แคลเซียมในดิน (mg/kg)	<400	400-1,000	-	1,000-2,000	-	2,000-4,000	>4,000
แมกนีเซียมในดิน (mg/kg)	<36	36-120	-	120-360	-	360-960	>960
เหล็กในดิน (mg/kg)	0-5	5-10	-	11-16	-	17-25	>25
สังกะสีในดิน (mg/kg)	<0.5	0.5-1.0	-	1-3	-	3-6	>6
แมงกานีสในดิน (mg/kg)	<0.3	0.3-0.8	-	0.9-1.2	-	1.3-2.5	>2.5
ทองแดงในดิน (mg/kg)	0-4	5-8	-	9-12	-	13-30	>30

ที่มา: เอิบ เขียงรื่นรมย์ (2541)

ตารางผนวกที่ 2 ระดับความรุนแรงของความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (ดิน:น้ำ = 1:1)

pH	สภาพกรดหรือสภาพด่างของดิน
<3.5	กรดรุนแรงมากที่สุด (ultra acid)
3.5-4.5	กรดรุนแรงมาก (extremely acid)
4.6-5.0	กรดจัดมาก (very strong acid)
5.1-5.5	กรดจัด (strong acid)
5.6-6.0	กรดปานกลาง (moderately acid)
6.1-6.5	กรดเล็กน้อย (slightly acid)
6.6-7.3	กลาง (neutral)
7.4-7.8	ด่างเล็กน้อย (slightly alkaline)
7.9-8.4	ด่างปานกลาง (moderately alkaline)

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544)

ตารางผนวกที่ 3 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

ค่าการนำไฟฟ้า (ms/cm)	ความเค็มของดินและผลต่อการเจริญเติบโตของพืช
0-2	ไม่มีความเค็ม ไม่มีผลเสียหายต่อพืชหรือมีน้อยมาก
2-4	ความเค็มน้อยมาก พืชที่ไวตอความเค็มเท่านั้นที่มีปัญหา เช่น ถั่ว ส้ม
4-8	ความเค็มน้อย มีผลเสียต่อพืชหลายชนิด
8-16	ความเค็มปานกลาง เฉพาะพืชที่ทนความเค็มเท่านั้นที่เจริญเติบโตได้ เช่น ข้าวสาลี องุ่น มะกอก
>16	ความเค็มมาก พืชบางชนิดที่ทนเค็มมากเท่านั้นที่ขึ้นได้ เช่น อินทผาลัม ข้าวบาร์เลย์ และ Suger beet

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวปภาวรรณ อ่อนคำ
วัน เดือน ปี เกิด	8 ธันวาคม พ.ศ. 2537 ที่กำแพงเพชร
ที่อยู่	300 หมู่ 6 ตำบลเทพนคร อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร 62000 โทร. 061-772-5881
ประวัติการศึกษา	2559 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขา เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผลงานที่ตีพิมพ์	Onkum, P and Teamkao, P. 2020. Soil microbial activities in Alfisol with different green manure application. International Journal of Agriculture Technology 16(2): 319-328.