ผลของการจัดการตอซังและฟางข้าวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดิน และผลผลิตพืช

พงษ์พันธุ์ กาวิละ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากร
การเกษตรและสิ่งแวดล้อม
โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2548

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อม

ชื่อเรื่อง

ผลของการจัดการตอซังและฟางข้าวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดิน และผลผลิตพืช

โดย

พงษ์พันธุ์ กาวิละ

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....

(รองศาสตราจารย์บรรพต ตันติเสรี)

วันที่ 27 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 2548

กรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ กิติชัยชนานนท์)

วันที่ 27 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 2548

กรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรวิชย์ วินิจเขตคำนวณ)

วันที่ 27 เดือน ม.ค. พ.ศ. 2548.

หัวหน้าภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม .....

(รองศาสตราจารย์บรรพต ตันติเสรี)

วันที่ 27 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 2548.

โครงการบัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ เพ็ชรประดับ)

รองประธานกรรมการโครงการบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 2 เดือน พ.ค. พ.ศ. 48

ชื่อเรื่อง ผลของการจัดการตอซังและฟางข้าวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดินและผลผลิตพืช

ชื่อผู้เขียน นายพงษ์พันธุ์ กาวิละ

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อม

ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์บรรพต ตันติเสรี

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการจัดการตอซังและฟางข้าวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดิน เป็นการศึกษารูปแบบวิธีการที่เหมาะสมที่จะนำเอาตอซังและฟางข้าวมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุปรับปรุงและเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดิน โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 การทดลอง คือ 1) ศึกษาผลของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน 2) ศึกษาผลของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบสภาพต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช 3) ศึกษาอัตราการย่อยสลายและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินภายใต้การจัดการตอซังและฟางข้าวในรูปแบบต่าง ๆ

การทดลองดังกล่าวได้ดำเนินการทดลองโดยใช้ชุดดินหางดง ศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการจัดการตอซังและฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยคอก ปุ๋ยยูเรีย และผงหินฟอสเฟต ในอัตราต่าง ๆ จากการศึกษาดังกล่าว พบว่า การใส่ฟางข้าวอย่างเดียว การใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยคอก การใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยคอกและปุ๋ยยูเรีย การใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยคอก ปุ๋ยยูเรีย และผงหินฟอสเฟต ในอัตราต่าง ๆ กัน ไม่มีผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม ปริมาณแมกนีเซียม ปริมาณคาร์บอนในดิน ในระยะเวลา 6 เดือนแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน วิธีการใส่ฟางข้าว 1,000 กก./ไร่ และวิธีการใส่ฟางข้าว 2,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอก 400 กก. ปุ๋ยยูเรีย 20 กก. และผงหินฟอสเฟต 20 กก. มีผลให้ค่า pH ของดินต่ำสุดและสูงสุด คือ 5.53 และ 5.81 ตามลำดับ และทั้ง 2 วิธีการนี้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนวิธีการอื่น ๆ ให้ค่า pH ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

การใส่ฟางข้าว 1,000 กก./ไร่ และการใส่ฟางข้าว 2,000 กก./ไร่ ไม่มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินแตกต่างกันทางสถิติ แต่ทั้ง 2 วิธี แตกต่างทางสถิติกับการใส่ฟางข้าว 2,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอก 400 กก. และปุ๋ยยูเรีย 20 กก. และวิธีใส่ฟางข้าว 2,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอก 400 กก. ปุ๋ยยูเรีย 20 กก. และผงหินฟอสเฟต 20 กก. ส่วนวิธีการอื่นปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ในดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและธาตุอาหารต่าง ๆ ในดิน พบว่า การใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการแบบต่าง ๆ ส่งผลให้คุณสมบัติทางเคมีของดินมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น

ผลการศึกษาน้ำหนักผักจากการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ โดยเฉลี่ยตลอด 6 เดือน พบว่า ดินที่ไม่มีการคลุกผสมกับ ดินที่คลุกผสมฟางข้าว 2,000 กก./ไร่ ร่วมกับ ปุ๋ยคอก 400 กก. ปุ๋ยยูเรีย 20 กก. และผงหินฟอสเฟต 20 กก. มีน้ำหนักโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดและมากที่สุด คือ 48.73 และ 73.19 ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติโดยการแบ่งกลุ่มโดย DMRT ส่วนตำรับทดลองอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักผักจากการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ทั้ง 10 วิธี พบว่า ดินที่ไม่มีการคลุกผสมให้น้ำหนักผักคงที่ คือ 48.73 กรัม ตลอด 6 เดือน ดินที่มีการคลุกผสมขี้เถ้าที่เหลือจาการเผาฟางข้าว ให้ผลค่อนข้างคงที่มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 57.31 – 61.12 กรัม เฉลี่ย 6 เดือน 58.59 กรัม ให้น้ำหนักผักสูงสุดที่ 30 วัน ส่วนตำรับทดลองอื่นที่เหลือให้น้ำหนักผักเพิ่มขึ้นตามช่วงเวลาบ่มดินอย่างชัดเจน โดยให้ผลผลิตน้ำหนักผักสูงสุดในช่วง 150 – 160 วัน

การศึกษากิจกรรมของจุลินทรีย์โดยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่จุลินทรีย์ใช้ พบว่า แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะการเพิ่มฟางข้าวจาก 1,000 กก./ไร่ เป็น 2,000 กก./ไร่ ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่จุลินทรีย์ใช้เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะ 28 วัน ในทุกวิธีการ โดยมีค่าเฉลี่ยตลอดระยะ 28 วัน อยู่ในช่วง 25.22 – 52.95 มก. โดยดินที่ไม่มีการคลุกผสมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ 25.22 มก. ส่วนดินที่คลุกผสมฟางข้าว 2,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอก 400 กก. ปุ๋ยยูเรีย 20 กก. และผงหินฟอสเฟต 20 กก. มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 52.95 มก. ดินที่คลุกผสมขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาฟางข้าว มีค่าเฉลี่ย 29.67 มก. ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่มีการคลุกผสมมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย

ผลการศึกษาการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ พบว่า มีค่าเฉลี่ย 28 วัน อยู่ในช่วง 8.96 – 22.34 มก. โดยดินที่ไม่มีการคลุกผสมมีปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายต่ำสุด คือ 8.96 มก. ส่วนดินที่คลุกผสมฟางข้าว 2,000 กก./ไร่ ร่วมกับ ปุ๋ยคอก 400 กก. ปุ๋ยยูเรีย 20 กก. และผงหินฟอสเฟต 20 กก. มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 22.34 มก. ดินที่ไม่มีการคลุกผสมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับดินที่คลุกผสมขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาฟางข้าวและดินผสมฟางข้าว 1,000 กก./ไร่ แต่การเพิ่มปริมาณฟางข้าวจาก 1,000 กก./ไร่ เป็น 2,000 กก./ไร่ มีส่วนทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นในทุก ๆ ตำรับ และการใส่ปุ๋ยยูเรียมีส่วนทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น

Title	Effect of Stubble and Rice Straw Management on Soil Chemical Changes and Plant Yield
Author	Mr.Phongphan Kawila
Degree of	Master of Science Program in Agricultural Resources and Environmental Management
Advisory Committee Chairperson	Associate Professor Banpote Tantiseri

ABSTRACT

This study, which was aimed to determine the suitable methods of using stubble and rice straw materials to improve and increase nutrients in the soil, was divided into three study trials: 1) use of stubble and rice straw under different management methods which may affect soil chemical changes and nutrient status; 2) use of stubble and rice straw under different management methods that may affect plant growth; and 3) dissolution rate and soil microbial activities under different management methods of stubble and rice straw.

The study was conducted using the Hangdong soil type in comparing the management of stubble and rice straw mixed with manure, urea and rock phosphate at different rates. Results showed that the use of rice straw alone, rice straw + manure, rice straw + manure + urea, rice straw + manure + urea + rock phosphate, at different rates had no statistical significance on electrical conductivity, amount of soil organisms, amount of phosphorus, potassium, calcium and magnesium, and amount of soil carbon, within a six-month period. For soil pH, treatments using rice straw (1,000 kg/rai) alone and rice straw (2,000 kg/rai) mixed with manure (400 kg) + urea (20 kg) + rock phosphate (20 kg) caused soil pH to attain the lowest and highest levels at 5.53 and 5.81, respectively. These two methods were also found to be highly significant as compared to other methods that had no significance on soil pH.

Moreover, the use of 1,000 kg/rai and 2,000 kg/rai of rice straw was found to have no significance on the amount of soil nitrogen but both methods showed different statistical significance when compared to rice straw (2,000 kg/rai) mixed with manure (400 kg) + urea (20 kg) and rice straw (2,000 kg/rai) mixed with manure (400 kg) + urea (20 kg) + rock phosphate (20 kg). Other methods

had no significance on the total amount of soil nitrogen. Concerning the changes to chemical properties and various soil nutrients, it was found that use of stubbles and rice straw under different management methods resulted to an improving trend on soil chemical properties.

Results of the 6-month study of vegetable weight under different management methods showed that pure soil without any mixture and soil mixed with rice straw (2,000 kg/rai) + manure (400 kg) + urea (20 kg) + rock phosphate (20 kg) had the lowest (48.73 gm) and highest weight (73.19 gm), respectively. DMRT analysis showed significant difference in contrast to non-significant results for other treatments. Regarding changes to vegetable weight under ten different management methods, it was found that non-mixed soil had a stable weight (48.73 gm) for the entire 6-month trial period. For mixed soil, ash from burned rice straw showed a stable weight (57.31–61.12 gm) for the entire 6-month period with an average of 58.59 gm and highest 30-day weight. For other treatments, increasing weight of vegetables was found proportionate to fermentation period with highest weight recorded during 150-160 days.

Results on the study of soil microbial activities organism as indicated by the amount of carbon dioxide used by microorganisms showed a highly significant difference particularly in increased treatments of rice straw 1,000 kg/rai to 2,000 kg/rai which caused a significant increase in microbial use of carbon dioxide. An increasing trend was also shown on the amount of carbon dioxide throughout the 28-day period with average weight for all treatments at 25.22-52.95 mg. Non-mixed soil had lowest weight at 25.22 mg but for mixed soil with rice straw (2,000 kg/rai) + manure (400 kg) + urea (20 kg) + rock phosphate (20 kg), the average weight was 52.95 mg. Soil mixed with rice straw ash had average weight of 29.67 mg and was found to be higher than in non-mixed soil.

On the study of the dissolution of soil microorganism, it was found that the average for a 28-day period was 8.96-22.34 mg with non-mixed soil having the lowest rate of 8.96 mg. Soil mixed with rice straw (2,000 kg/rai) + manure (400 kg) + urea (20 kg) + rock phosphate (20 kg) gave the highest average at 22.43 mg. For non-mixed soil, there was no significant difference at all when compared to mixed soil with rice straw ash and soil mixed with rice straw (1,000 kg/rai). But when rice straw was increased from 1,000 kg/rai to 2,000 kg/rai, the ensuing trend showed an increase in soil microorganism for all treatments besides indicating that the use of urea might have also contributed to the increase in microorganism.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์บรรพต ตันติเสรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษาและตรวจแก้ไขจนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ กิติชัยชนานนท์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์วรวิชย์ วินิจเขตคำนวณ ที่กรุณาเป็นกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำด้านต่าง ๆ

ขอขอบคุณ อาจารย์ศุภธิดา อ่ำทอง ที่กรุณารับเป็นกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำด้านต่าง ๆ แต่เนื่องจากอาจารย์ติดภารกิจศึกษาต่อทำให้ไม่สามารถรับเป็นกรรมการจนเสร็จสมบูรณ์ได้

ขอขอบคุณ คุณ รวี รัตนาคม และเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อำนวยความสะดวกคอยแนะนำการใช้อุปกรณ์และคอยช่วยเหลือด้านต่าง ๆ ในการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไม่สำเร็จสมบูรณ์หากปราศจากความช่วยเหลือ แนะนำและให้กำลังใจของพ่อ แม่ พี่ น้อง ที่คอยช่วยเหลือทุก ๆ อย่าง ผู้เขียนจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

พงษ์พันธุ์ กาวิละ

เมษายน 2548

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง

สารบัญภาพ

สารบัญตารางภาคผนวก

บทที่ 1

บทนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 321 ล้านไร่ แบ่งออกเป็นพื้นที่ทางการเกษตรประมาณ 130 ล้านไร่หรือประมาณร้อยละ 40.6 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งในช่วง 20 ปีที่ผ่านมาผลผลิตต่อไร่ของพืชทางการเกษตรมีแนวโน้มที่ลดลงในขณะที่ราคาสินค้าทางการเกษตรยังมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง รายได้ไม่แน่นอนแต่เกษตรกรมีรายจ่ายเพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่าง ๆ ซึ่งตัวเลขสถิติการใช้ปุ๋ยเคมีในแต่ละปีเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่เมื่อพิจารณาถึงความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ทางการเกษตรได้เสื่อมโทรมลงทุกปี เนื่องมาจากการทำการเกษตรอย่างต่อเนื่อง และไม่มีการอนุรักษ์และปรับปรุงดินโดยการเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน โดยเฉพาะเศษวัสดุที่เหลือในนา เช่น ตอซังและฟางข้าว

จากการศึกษาวิจัยหลาย ๆ ชิ้นที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าการใช้ฟางข้าวที่เป็นอินทรียวัตถุมีบทบาทที่สำคัญต่อการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะการไถกลบตอซังหลังการเก็บเกี่ยวติดต่อกันจะทำให้อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น และยังช่วยลดความเป็นพิษของเหล็ก แมงกานีส และดินเค็มได้อีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามมักจะพบว่าเกษตรกรในทุกภาคของประเทศนิยมการเผาฟางข้าวทิ้ง ซึ่งนับว่าเป็นการสูญเสียทางการเกษตรอย่างมาก

โดยปกติพฤติกรรมในการทำนาของเกษตรกรทั่วไปหลังการเก็บเกี่ยวข้าวแล้ว จะทำการเผาตอซังข้าวในที่นาเพื่อความสะดวกในการไถพรวนเพื่อเพราะปลูกพืชอื่นต่อไป ทั้ง ๆ ที่ตอซังข้าวเหล่านั้นควรจะเป็นวัสดุอินทรีย์ให้แก่ดิน ซึ่งหากปล่อยให้เกิดการย่อยสลายตามกระบวนการทางธรรมชาติ ธาตุอาหารของพืชที่สะสมอยู่ในตอซังข้าว โดยเฉพาะไนโตรเจนก็จะถูกปลดปล่อยจากกระบวนการสลายตัวของจุลินทรีย์ดินทำให้ดินได้รับธาตุอาหารเพิ่มขึ้น

จากพฤติกรรมดังกล่าวแม้จะมีการวิจัยและส่งเสริมจากกรมพัฒนาที่ดินให้เกษตรนำเอาตอซังและฟางข้าวมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินในรูปของการทำปุ๋ยหมักจากฟางข้าวก็ตาม แต่ก็ยังไม่เป็นที่ยอมรับของเกษตรกรโดยทั่วไป เนื่องจากเป็นการสิ้นเปลืองทั้งแรงงาน ระยะเวลา และค่าใช้จ่าย อีกทั้งยังส่งผลต่อปริมาณผลผลิตทางการเกษตรในระยะสั้นอีกด้วย เนื่องจากงานวิจัยหลาย ๆ ชิ้นชี้ให้เห็นว่าในระยะสั้น ๆ หรือหนึ่งฤดูการเพาะปลูก การเผาตอซังและฟางข้าวจะให้ผลผลิตทางการเกษตรสูงกว่า เมื่อเทียบกับการปล่อยให้เกิดการย่อยสลายตามกระบวนการทางธรรมชาติเนื่องจาก โดยปกติในการย่อยสลายสารอินทรีย์นั้น จุลินทรีย์จะนำเอาธาตุอาหารจากสารอินทรีย์เหล่านั้นไปใช้สร้างสารประกอบต่าง ๆ ของเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคาร์บอนกับไนโตรเจนซึ่งต้องนำมาใช้สังเคราะห์สารประกอบที่เป็นโครงสร้างหลักของเซลล์ อัตราส่วน C:N ratio ที่จัดว่าเพียงพอกับความต้องการของ

จุลินทรีย์อยู่ในช่วงประมาณ 20/1 ถึง 30/1 ถ้าเศษพืชมี C:N ratio สูงหรือกว้างกว่า 30/1 ขึ้นไป เช่น ฟางข้าวซึ่งมีคาร์บอนประมาณ 45-50% และมีไนโตรเจนประมาณ 0.5% หรือมี C:N ratio เท่ากับ 90/1–100/1 แม้ว่าจะมีคาร์บอนให้ใช้ในการเจริญเติบโตมาก แต่มีไนโตรเจนอย่างขีดจำกัดทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยฟางข้าวได้เร็วเท่าที่ควรเมื่อมีการไถกลบตอซังและฟางข้าวลงไปในดินจุลินทรีย์ก็มักไปดึงเอาไนโตรเจนในดินเช่น NH_4^+ หรือ NO_3^- ไปใช้ การที่จุลินทรีย์ดินเอาสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนไปใช้แบบนี้เรียกว่ากระบวนการ Immobilization เป็นการทำให้ไนโตรเจนที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชในดินลดลงจนอาจทำให้พืชเกิดการขาดธาตุไนโตรเจนได้

จากแนวคิดดังกล่าว จึงควรมีการศึกษาวิจัยถึงรูปแบบวิธีการที่เหมาะสมที่จะนำเอาตอซังและฟางข้าวมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุปรับปรุงและเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินด้วยวิธีการที่เกษตรกรสามารถปฏิบัติได้ง่าย และไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตในระยะสั้นของเกษตรกรเองด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของรูปแบบการจัดการตอซังและฟางข้าวที่มีต่อสมบัติของชุดดินหางดง
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการใช้ตอซังและฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอกและผงหินฟอสเฟต ที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมีของดิน
3. เพื่อศึกษาอัตราการสลายตัวและปลดปล่อยธาตุอาหารของตอซังและฟางข้าวภายใต้การจัดการรูปแบบต่าง ๆ
4. เพื่อศึกษาถึงรูปแบบการจัดการที่จะนำเอาตอซังและฟางข้าวไปเป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อการเกษตรด้วยวิธีการไถกลบทันทีหลังการเก็บเกี่ยว โดยที่ไม่ให้เกิดกระบวนการที่จุลินทรีย์ดินแย่งไนโตรเจนกับพืชที่ปลูก
5. เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานและแนวทางในการนำเอาตอซังและฟางข้าวมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงผลของการจัดการตอซังและฟางข้าวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดิน

2. ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของการใช้ตอซังและฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และผงหินฟอสเฟตที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของชุดดินหางดง

3. ทำให้ทราบถึงวิธีการจัดการที่เหมาะสมที่จะนำเอาตอซังและฟางข้าวไปเป็นวัสดุปรับปรุงดิน เพื่อการเกษตรด้วยวิธีการไถกลบทันทีหลังการเก็บเกี่ยวโดยที่ไม่ให้เกิดกระบวนการแย่งไนโตรเจนกับพืชที่ปลูก

4. เป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตร ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยเคมีของเกษตรกรได้

5. สามารถนำความรู้และข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ให้เกิดประโยชน์ และเผยแพร่แก่เกษตรกรได้

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การจัดการฟางข้าวในประเทศไทย

จากสถิติของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พบว่า ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวประมาณ 68.3 ล้านไร่ หรือประมาณ 51 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด (สถิติปี 2540/41) ได้ผลผลิตข้าวทั้งปีรวม 23.58 ล้านตัน ซึ่งหากมีการประเมินปริมาณของฟางข้าวโดยคิดอัตราส่วนเมล็ด : ฟางข้าว คือ 2 : 3 จะได้ฟางข้าวทั้งหมดประมาณ 35.37 ล้านตัน ซึ่งหากพิจารณาถึงธาตุอาหารที่สะสมอยู่ในฟางข้าวโดยเฉลี่ยประกอบด้วยไนโตรเจน 0.6 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.1 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 1.5 เปอร์เซ็นต์ หากประเมินเป็นปริมาณของธาตุอาหารพืชในฟางข้าวทั้งประเทศไทยจะประกอบไปด้วยไนโตรเจน 212,220 ตัน ฟอสเฟต 159,165 ตัน และโพแทสเซียม 1,278,762 ตัน ประเมินเป็นมูลค่ารวมประมาณ 20,375 ล้านบาท ซึ่งมูลค่านี้ยังไม่รวมไปถึงผลพลอยได้ของการใช้ฟางข้าวช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินซึ่งไม่สามารถประเมินเป็นมูลค่าได้ (อนนท์, 2543)

ในแต่ละภาคของประเทศไทยได้มีการนำเอาฟางข้าวไปใช้ประโยชน์แตกต่างกัน ในเขตภาคเหนือเกษตรกรมีพื้นที่ถือครองน้อยมีการใช้ตอซังและฟางข้าวเกิดประโยชน์ได้มาก โดยส่วนหนึ่งนำไปเลี้ยงสัตว์ ใช้คลุมดินในการปลูกพืช ในเขตภาคอีสานมักใช้เป็นอาหารสำหรับวัวควายในฤดูแล้ง ส่วนในเขตภาคกลางนอกจากจะนำไปใช้ทำประโยชน์ เช่น ทำกระดาษ ส่วนที่เหลือก็จะเผาทิ้ง ส่วนในเขตภาคใต้จะเก็บเกี่ยวเฉพาะคอรวงจึงมีฟางข้าวเหลือในนามาก พบว่า มีตอซังข้าวเหลือในนาเฉลี่ยไร่ละประมาณ 800 กิโลกรัม (นพรัตน์ และวิทยา, 2533) ดังนั้นในเนื้อที่ดังกล่าวมีการเผาทิ้งไม่น้อยกว่า 5 ล้านตัน ซึ่งเป็นการสูญเสียทางเศรษฐกิจ

ประเทศต่าง ๆ ในทวีปเอเชียมีการจัดการฟางข้าวเน้นหนักในรูปแบบต่าง ๆ กัน ในประเทศจีน เกาหลี ญี่ปุ่น และเนปาล เกษตรกรจะนำไปใช้ในการทำปุ๋ยหมัก ส่วนในกลุ่มเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น อินโดนีเซีย มาเลเซีย พม่า และไทย นิยมเผาฟางข้าว ส่วนในเอเชียกลางซึ่งได้แก่ บังคลาเทศ อินเดีย ปากีสถาน และศรีลังกา นิยมใช้ฟางข้าวเป็นอาหารสัตว์ ในกรณีของประเทศไทยสามารถจำแนกการจัดการฟางข้าวของเกษตรกรออกเป็น 3 กลุ่ม คือ การเผา การนำเอาฟางข้าวออกจากนาไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น และการไถกลบ

การนำเอาฟางข้าวออกจากแปลงนาเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการใช้เป็นอาหารสัตว์ ทำปุ๋ยหมัก แก๊สชีวภาพ เพาะเชื้อเห็ดฟาง เป็นวัสดุคลุมดิน และอื่น ๆ นอกจากนี้ยังมีบางพื้นที่ตัดฟางข้าวทิ้งแล้วกองไว้บนคันนาเพื่อทำการไถกลบปลูกพืชต่อไป

การเผาฟางเป็นวิธีการที่ง่ายและสะดวกที่สุดในการจัดการซึ่งทำให้เป็นที่นิยมมาก โดยเฉพาะในบริเวณภาคกลาง ส่วนการไถกลบจะพบมากในเขตเกษตรน้ำฝน เนื่องจากมีการปลูกข้าวเพียงครั้งเดียวต่อปีและจะปล่อยฟางทิ้งไว้ในนา เมื่อถึงฤดูนาปีก็ไถกลบ ซึ่งจะพบมากในเขตภาคเหนือ และภาคใต้

Tanaka (1978) ได้รายงานว่า การเผาฟางข้าวไม่ใช่จะนิยมเฉพาะในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เท่านั้น แต่ยังพบว่าในออสเตรเลีย ฝรั่งเศส อิตาลี สเปน และสหรัฐอเมริกา เกษตรกรก็นิยมเผาฟางข้าวเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ เช่น

1. เป็นการทำลายโรคและแมลงที่อาศัยอยู่ในฟางข้าว ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการลดค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมีป้องกันกำจัดโรคแมลง และเป็นการทำลายแหล่งซุกซ่อนของหนูอีกด้วย

2. เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายเนื่องจากหากจัดการในรูปแบบอื่นต้องมีการใช้แรงงาน และลงทุนสูง

3. ในพื้นที่ที่มีการจัดระบบการปลูกพืชหมุนเวียน เมื่อมีการไถกลบหลังการเก็บเกี่ยวแล้วปลูกพืชต่อจะมีผลต่อการแปรสภาพของธาตุอาหารพืช เช่น กระบวนการ Immobilization ซึ่งกระบวนการนี้ธาตุอาหารพืชในรูปอนินทรีย์จะถูกแปรสภาพเป็นรูปสารอินทรีย์ เช่น ในกรณีของธาตุไนโตรเจน เมื่ออนินทรีย์ไนโตรเจนถูกแปรสภาพเป็นอินทรีย์ไนโตรเจนแล้วก็จะทำให้ธาตุไนโตรเจนอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชซึ่งก็จะทำให้พืชเกิดการขาดธาตุไนโตรเจนได้ แต่ในขณะเดียวกันการเผาฟางข้าวก็จะทำให้เกิดปัญหามลภาวะแวดล้อม และยังส่งผลกระทบต่อการจราจรในบางพื้นที่อีกด้วย

คุณสมบัติของตอซังและฟางข้าว

Tanaka (1978) รายงานว่า จากผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารของฟางข้าวโดยสุ่มเก็บตัวอย่างพันธุ์ข้าว 22 พันธุ์ พบว่า ปริมาณธาตุอาหารหลักในฟางข้าวมีค่าแตกต่างกันออกไป ดังตาราง 1

ตาราง 1 ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมอยู่ในตอซังและฟางข้าว

ธาตุอาหาร	ต่ำสุด (%)	สูงสุด (%)	$\overline{x}$ (%)	CV (%)
N	0.38	1.01	0.57	24.7
P	0.01	0.12	0.07	43.2
K	1.0	3.0	1.50	31.0
Si	2.5	7.0	3.0	21.9

ที่มา: Tanaka (1978)

สำหรับประเทศไทย พบว่า มีธาตุไนโตรเจนสะสมอยู่ในฟางข้าว 0.45-0.69 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.08-0.28 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 0.38-1.56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งนับว่าเป็นค่าตัวเลขที่ค่อนข้างสูง และพบว่าประเทศไทยนิยมปลูกข้าวที่มีต้นสูงโอกาสที่ธาตุอาหารจะสะสมอยู่ในฟางข้าวมีปริมาณมาก

ปรัชญา และคณะ (2534) รายงานว่า จากการศึกษาวิเคราะห์ตัวอย่างตอซังและฟางข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่า อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) เฉลี่ย 124 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total-N) 0.41 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5) 0.13 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (K_2O) 1.47 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม (Ca) 0.39 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม (Mg) 0.11 เปอร์เซ็นต์ และซัลเฟอร์ (S) 0.07 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณตอซังและฟางข้าวเฉลี่ย 568 กิโลกรัมต่อไร่

สุรพล (2539) รายงานว่า ในฟางข้าว 1 ตัน จะมีธาตุอาหารของพืชโดยเฉพาะธาตุอาหารหลัก ดังนี้ ไนโตรเจน 13.7 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 6.2 กิโลกรัม และโพแทสเซียม 7.5 กิโลกรัม โดยประมาณ ทำให้ฟางข้าวเป็นแหล่งของอินทรียวัตถุที่มีคุณประโยชน์สูง การจัดการที่ดีสามารถคืนธาตุอาหารให้แก่ดินได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านขบวนขั้นตอนใด ๆ ทั้งสิ้น

Amarasiri and Wickremasighe (1977) รายงานว่า การเผาฟางข้าวในห้องปฏิบัติการจะทำให้เกิดการสูญเสียคาร์บอนและไนโตรเจนทั้งหมด สูญเสียฟอสฟอรัส 25 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 21 เปอร์เซ็นต์

Ponnomperuma (1984) รายงานว่า การเผาตอซังและฟางข้าวในนาจะทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจน 93 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียม 20 เปอร์เซ็นต์ และยังก่อให้เกิดปัญหามลภาวะ ผลผลิตของข้าว 5 ตัน ต้องใช้ปริมาณธาตุอาหารจากดินสำหรับการเจริญเติบโต ดังนี้ ไนโตรเจน 150 กิโลกรัม โพแทสเซียม 150 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 20 กิโลกรัม และกำมะถัน 20 กิโลกรัม ธาตุอาหารพืชเหล่านี้จะสะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของต้นข้าว แต่ปริมาณธาตุอาหารในตอซังและฟางข้าวหลังจากเก็บเกี่ยวในแต่ละท้องที่มีความแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปุ๋ยที่ใส่ให้ต้นข้าว คุณภาพของน้ำชลประทาน พันธุ์ข้าว และฤดูกาล

ผลที่เกิดจากการเผาตอซังและฟางข้าวในนาของเกษตรกร

การสูญเสียวัสดุอินทรีย์ไปจากนาซึ่งเท่ากับว่าเป็นการสูญเสียธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืช จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า การเผาตอซังและฟางข้าวในท้องนานอกจากจะทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจน 93 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูญเสียไป 20 เปอร์เซ็นต์ (Ponnomperuma, 1984) และยังต้องทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยเคมีมากขึ้น ผลจากการเผาตอซังและฟางข้าวในนาของเกษตรกรจะส่งผลกระทบคล้าย ๆ กับผลกระทบที่เกิดจากการเกิดไฟป่า คือ

1. ผลกระทบของการเผาตอซังและฟางข้าวในนาของเกษตรกรต่อเนื้อดิน

โดยปกติแล้วเนื้อดินเป็นคุณสมบัติที่มีความเสถียรภาพ ดังนั้นไฟที่มีความรุนแรงน้อยแทบจะไม่มีผลต่อเนื้อดินเลย แต่ภายหลังจากการไหม้ของไฟแล้วหน้าดินจะปราศจากสิ่งปกคลุมทำให้ลมและน้ำพัดพาอนุภาคดินที่มีขนาดเล็กออกไปจากพื้นที่ สัดส่วนของอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้แรงปะทะจากเม็ดฝนทำให้หน้าดินแน่น ผลที่เกิดขึ้นนั้นจะทำให้ดินมีความง่ายต่อการเกิดกษัยการเพิ่มสูงขึ้น

2. ผลกระทบของการเผาตอซังและฟางข้าวต่อความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

โดยปกติดินในพื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่จะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินต่ำ แต่จะเพิ่มสูงขึ้นภายหลังเกิดการเผาฟางข้าว การเพิ่มขึ้นของ pH ภายหลังจากเผาไหม้นั้นเป็นผลมาจากการที่ด่างที่มีประจุบวก (basic cations) ถูกปลดปล่อยออกมาจากการที่อินทรียวัตถุถูกเผาไหม้

3. ผลกระทบของเผาตอซังและฟางข้าวในนาของเกษตรกรต่ออินทรียวัตถุในดิน

โดยปกติไฟจะทำลายอินทรียวัตถุในดิน เนื่องจากอินทรียวัตถุและเศษซากพืชเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ ไฟที่มีความร้อน 200-300 องศาเซลเซียส จะทำลายอินทรียวัตถุที่ผิวพื้นดินถึง 85 เปอร์เซ็นต์ สารประกอบไนโตรเจนจะถูกปลดปล่อยออกมาโดยการระเหิด และสูญหายไปโดยการกลั่นตัว นอกจากนั้นจะปลดปล่อยธาตุอาหารอื่น ๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม ออกมาสะสมอยู่ในรูปขี้เถ้า อย่างไรก็ตามจากการศึกษาหลายแห่งพบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินจะเพิ่มขึ้นภายหลังการเผาไหม้ที่ไม่รุนแรง เนื่องจากซากพืชและพืชบางส่วนซึ่งถูกเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะเพิ่มเติมลงไปในดิน

4. ผลกระทบของการเผาตอซังและฟางข้าวต่อความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน

โดยปกติแล้วความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) จะลดลงภายหลังไฟไหม้อย่างรุนแรง ส่วนในกรณีที่ไฟมีความรุนแรงน้อยจะไม่มีผลกระทบแต่อย่างใด ค่า CEC ที่ลดลงอาจเนื่องจากปริมาณอินทรียวัตถุที่สลายตัวลดลง ส่วนในกรณีที่พบว่าค่า CEC เพิ่มขึ้นภายหลังการเผาไหม้นั้น อาจจะเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของสารประกอบแคลเซียมที่เป็นอิสระในขี้เถ้า

5. ผลกระทบของการเผาตอซังและฟางข้าวในนาต่อธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองของพืช

ธาตุอาหารที่สะสมอยู่บริเวณพื้นผิวดินได้มาจากการสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิด การสลายตัวของซากพืช และได้มาจากการนำพาโดยน้ำฝน ซึ่งธาตุเหล่านี้จะถูกพืชดูดกลับไปใช้ในการเจริญเติบโต และสร้างมวลชีวภาพ เมื่อส่วนต่าง ๆ ของพืชตายลงก็จะร่วงหล่นกลับสู่พื้นดิน กระบวนการสลายตัวของอินทรียวัตถุก็จะปลดปล่อยธาตุอาหารกลับสู่ดินอีกครั้งหนึ่ง ส่วนการสูญเสียธาตุอาหารในพื้นที่นั้นเกิดจากการนำไม้และพืชพรรณออกจากแปลง การเผาทำลายพืชพรรณ และการสูญเสียไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดิน การทำลายระบบหมุนเวียนของธาตุอาหารจะทำให้เกิดการสูญเสีย ซึ่งแบ่งได้ 3 ลักษณะ คือ (1) โดยการระเหิด (volatilization) กลับสู่อากาศในรูปของก๊าซ เช่น ไนโตรเจน (2) สูญเสียไปกับกระบวนการชะล้างธาตุอาหารซึมลึกลงสู่ดินชั้นล่าง (3) โดยกษัยการ

ไฟมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางเคมีของดิน โดยทำให้โครงสร้างของอินทรียวัตถุและเศษซากพืชที่มีความสลับซับซ้อนเปลี่ยนไปสู่สภาพของอนินทรียสาร ซึ่งมีโครงสร้างที่ง่ายต่อ

การทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุในดินเป็นการปลดปล่อยแร่ธาตุลงสู่ดิน ไฟที่ไหม้จะก่อให้เกิดผลตกค้างของแร่ธาตุซึ่งมีผลกระทบต่อคุณสมบัติของดิน ขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้นั้นส่วนใหญ่จะมีด่างที่มีประจุบวก เช่น แคลเซียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียม อยู่ในปริมาณสูง

โดยปกติแล้วยิ่งอุณหภูมิไฟเพิ่มขึ้นก็จะยิ่งทำให้ปริมาณของฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมเพิ่มสูงขึ้น แต่ไนโตรเจน และกำมะถันจะเป็นไปในทางตรงกันข้าม เนื่องจากไนโตรเจน และกำมะถันระเหิดได้ง่าย ไนโตรเจนจะระเหิดสูญเสียได้ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส แต่ธาตุพวกประจุบวกจะระเหิดยากและสูญเสียน้อย โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม จะระเหิดที่อุณหภูมิ 760, 880, 1,240 และ 1,107 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งอุณหภูมิสูงดังกล่าวมักไม่ปรากฏที่ผิวดินและใต้ดิน จึงเหลือตกค้างอยู่ การสูญเสียของธาตุประจุบวกส่วนใหญ่ในพื้นที่ไฟไหม้จะเกิดจากการกษัยการ การเคลื่อนที่ธาตุต่าง ๆ อันเนื่องจากน้ำไหลบ่าหน้าดินเพิ่มขึ้น และการสูญเสียขี้เถ้าที่ลมและน้ำพัดพา อย่างไรก็ตามปริมาณธาตุอาหารที่ปลดปล่อยและสูญเสียนอกจากจะขึ้นอยู่กับความรุนแรงของไฟแล้วยังขึ้นอยู่กับชนิด องค์ประกอบ และปริมาณของเชื้อเพลิง

6. ผลกระทบของการเผาตอซังและฟางข้าวในนาของเกษตรกรต่อสิ่งมีชีวิตในดิน

ไฟมีส่วนอย่างมากในการทำลายและลดจำนวนสิ่งมีชีวิตในดิน รวมทั้งเป็นการหยุดกิจกรรมต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตในดิน แต่ภายหลังการเกิดไฟไหม้อินทรียวัตถุหรือเศษซากพืชที่เหลือจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะกลายเป็นอาหารแก่สิ่งมีชีวิตในดินทำให้จำนวนสิ่งมีชีวิตในดินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว รวมทั้ง pH ของดินสูงขึ้นจะเอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและจุลินทรีย์เห็ด รา ทั้งนี้รวมไปถึงการเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกที่ช่วยตรึงไนโตรเจนด้วย

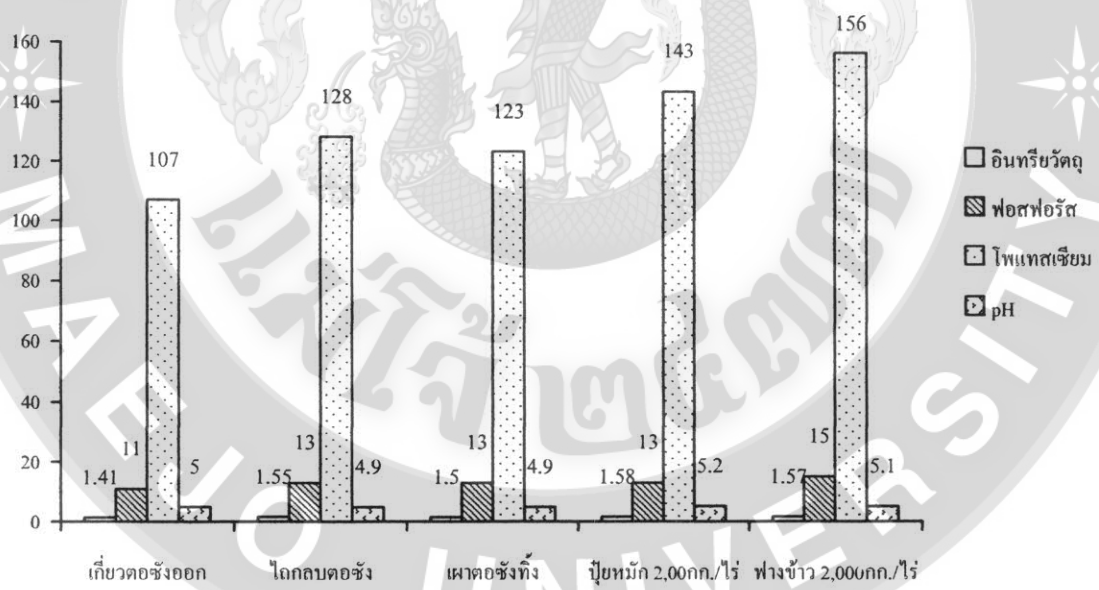
ผลของการจัดการตอซังและฟางข้าวที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดิน

ชุติวัฒน์ และดิเรก (2540) รายงานว่า จากการศึกษาผลของการจัดการฟางข้าวต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตข้าวในรูปแบบการจัดการต่าง ๆ 5 วิธี ได้แก่ การเกี่ยวตอซังออก ไถกลบตอซัง เผาตอซัง ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่ และการใส่ฟางข้าว 2,000 กิโลกรัม/ไร่ ผลการทดลองพบว่า การไถกลบตอซังข้าว การใส่ฟางข้าวและการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวมีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินเพิ่มขึ้น โดยไม่มีผลทำให้ pH ของดินเกิดการเปลี่ยนแปลง ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 ผลของการจัดการฟางข้าวแบบต่าง ๆ ต่อปริมาณธาตุอาหารในดินติดต่อกัน 2 และ 4 ปี

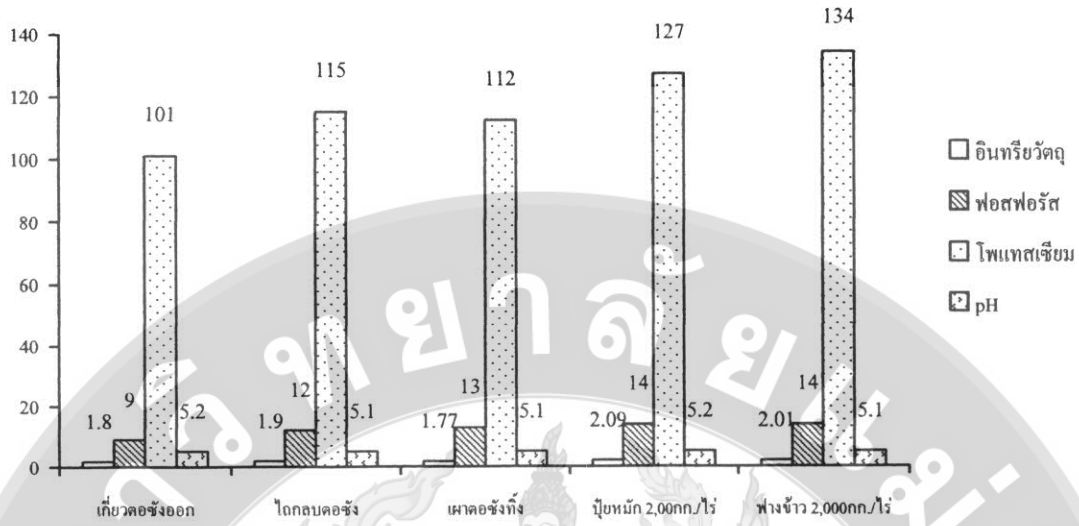
การจัดการฟางข้าว	Organic Matter (%)		Available P (ppm.)		Available K (ppm.)		pH	
	2 ปี	4 ปี	2 ปี	4 ปี	2 ปี	4 ปี	2 ปี	4 ปี
เกี่ยวตอซังออก	1.41	1.80	11	9	107	101	5.0	5.2
ไถกลบตอซัง	1.55	1.90	13	12	128	115	4.9	5.1
เผาตอซังทิ้ง	1.50	1.77	13	13	123	112	5.1	5.1
ปุ๋ยหมัก 2,000 กก./ไร่	1.58	2.09	13	14	143	127	5.2	5.2
ฟางข้าว 2,000 กก./ไร่	1.57	2.01	15	14	156	134	5.1	5.1

ที่มา: ชุติวัฒน์ และดิเรก (2540)



ภาพ 1 แสดงผลของการจัดการฟางข้าวแบบต่าง ๆ ต่อปริมาณธาตุอาหารในดินติดต่อกัน 2 ปี

ที่มา: ชุติวัฒน์ และดิเรก (2540)



ภาพ 2 แสดงผลของการจัดการฟางข้าวแบบต่าง ๆ ต่อปริมาณธาตุอาหารในดินติดต่อกัน 4 ปี
ที่มา: ชุติวัฒน์ และคิเรก (2540)

จงรักษ์ และคณะ (2544) รายงานว่า จากผลการศึกษาการใส่ตอซังข้าวต่อการเปลี่ยนแปลง pH ของดินในสภาพน้ำขัง พบว่า ในดินเนื้อปูนชุดดินลพบุรี การใส่ตอซังข้าวช่วยลด pH ของดิน เมื่อมีการเพิ่มอัตราตอซังข้าวมากขึ้น pH ของดินก็จะลดลงมากขึ้น ส่วนในดินเปรี้ยวชุดดินรังสิตการใส่ตอซังข้าวจะช่วยเพิ่ม pH ของดิน

ในส่วนของการศึกษาการใส่ตอซังข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของดินในสภาพน้ำขัง พบว่าในดินเนื้อปูนชุดดินลพบุรี การใส่ตอซังข้าวมีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน และเมื่อมีการเพิ่มอัตราตอซังข้าวให้สูงขึ้นค่าการนำไฟฟ้าของดินจะเพิ่มมากขึ้น การใส่ตอซังข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของดินจะสูงกว่าดินที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ส่วนในดินเปรี้ยวชุดรังสิต พบว่า การใส่ตอซังข้าวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของดิน

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดินสภาพน้ำขัง พบว่า การใส่ตอซังข้าวมีผลทำให้ NH_4^+ ลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากตอซังข้าวเป็นสารอินทรีย์ที่มี C:N Ratio กว้างการสลายตัวของตอซังข้าวก่อให้เกิดกระบวนการ immobilization ของไนโตรเจนในดิน โดยจุลินทรีย์ย่อยสลายตอซังข้าว และนำ NH_4^+ ในดินไปใช้ประโยชน์ซึ่งส่งผลให้ปริมาณ NH_4^+ ในดินลดลง

ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินลพบุรีในสภาพน้ำขัง พบว่า ดินที่มีการใส่ตอซังข้าวและไม่ใส่ตอซังข้าวมีปริมาณปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่แตกต่างกันและไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา แต่ในดินเปรี้ยวชุดรังสิต พบว่า การใส่ตอซังข้าวช่วยเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน เนื่องมาจากตอซังข้าวช่วยทำให้ ferric phosphate ในดิน

ถูก reduced ทำให้ฟอสฟอรัสถูกเปลี่ยนมาอยู่ในรูปที่ละลายน้ำเป็นประโยชน์ได้มากขึ้น หรืออาจเกิดจากการที่ organic anion ที่เกิดจากการสลายตัวของตอซังข้าว อาจไปไล่ที่ฟอสเฟตที่ถูกตรึงด้วยเหล็กและอลูมินั่มในดินให้ออกมาอยู่ในสารละลายดินมากขึ้น

ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินทั้ง 2 ชุด พบว่า การใส่ตอซังข้าวจะช่วยเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินให้สูงขึ้น และยังพบอีกว่าการเพิ่มอัตราการใส่ตอซังข้าวในอัตราที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมในดินเพิ่มมากขึ้น

สมฤทัย (2545) รายงานว่า จากการศึกษาอิทธิพลของการใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดินในสภาพขังน้ำ จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการพบว่า การใส่ฟางข้าวในดินนาเนื้อปูนชุดดินลพบุรีในสภาพน้ำขังจะมีผลทำให้ pH ของดิน ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในดินลดลง ส่วนค่าการนำไฟฟ้า สภาพรีดักชั่น ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์จะเพิ่มขึ้น เมื่อมีการใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีพบว่า pH ของดินจะต่ำกว่าที่ใส่ปุ๋ยเคมีแต่เพียงอย่างเดียว ค่าการนำไฟฟ้า สภาพรีดักชัน และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่ใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีจะสูงกว่าที่ใส่ปุ๋ยเคมีแต่เพียงอย่างเดียว

พัชรี และคณะ (2544) รายงานว่า จากการศึกษาผลของการเผาตอซังในนาข้าวก่อนการเตรียมดินเพื่อปลูกถั่วเหลืองฤดูแล้งต่อคุณสมบัติทางเคมีของดิน ในเนื้อดินร่วนปนทราย loamy paleaquults ภายใต้รูปแบบการจัดการ 4 แบบ คือ 1) ตัดตอซังออก ไถดะ ยกร่อง และปลูกถั่วเหลือง 2) ไถกลบตอซัง ไถดะ ยกร่อง และปลูกถั่วเหลือง 3) เผาตอซัง ไถดะ ยกร่อง ปลูกถั่วเหลือง และคลุมด้วยฟางข้าว 4) เผาตอซัง ไถดะ ยกร่อง ปลูกถั่วเหลือง และไม่คลุมด้วยฟางข้าว

ผลการทดลองการเผาตอซังก่อนการเตรียมดินเพื่อปลูกถั่วเหลืองต่อ pH ของดินพบว่า การไถกลบตอซังและการเผาตอซังทำให้ pH ของดินสูงขึ้น เนื่องจากมีการคลุกเคล้าและย่อยสลายของตอซังในดิน และการสลายตัวของขี้เถ้ามีการปลดปล่อยปลดปล่อย basic cation ได้แก่ K^+, Mg^{2+} และ Na^+ ออกมา ซึ่งมีส่วนคล้ายกับการเผาป่า ทำให้เกิดการสูญเสีย organic acids และทำให้เกิดสารประกอบที่เป็นด่างที่ละลายน้ำได้ง่ายพวกไฮดรอกไซด์ และคาร์บอเนต ที่ทำให้ pH ของดินสูงขึ้น ในขณะที่การคลุมดินด้วยฟางข้าวทำให้ pH ของดินสูงขึ้นเนื่องจากการคลุมฟางข้าวจะส่งเสริมการใช้ inorganic N ของจุลินทรีย์ในดินและพืช ส่งผลทำให้ดินเป็นด่างมากขึ้น

ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุในดินพบว่า การเผาตอซังข้าวแล้วคลุกขี้เถ้าลงดินจะช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้นจาก 1.10 เป็น 1.15 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์ดินหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า การเตรียมดินทั้ง 4 วิธี ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลง ยกเว้นวิธีการที่ 2 ที่มีการไถกลบตอซังข้าว สามารถที่จะรักษาระดับของปริมาณอินทรียวัตถุในดินได้

สำหรับปริมาณไนโตรเจนในดินทั้งหมดที่ได้จากการทดลองมีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากแปลงทดลองผ่านการทำเกษตรมานานกว่า 35 ปี ทำให้แหล่งของอินทรีย์ไนโตรเจนได้มาจากตอซังข้าวและขี้เถ้าจากการเผาตอซังข้าวเท่านั้น จากผลการวิเคราะห์ดินก่อนการเตรียมดินมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.051 เปอร์เซ็นต์ หลังการไถกลบมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 0.056 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สรุปได้ว่าการไถกลบตอซังข้าวจะช่วยรักษาระดับของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินได้ระดับหนึ่ง ในขณะที่การตัดตอซังออกและการเผาตอซังมีการเปลี่ยนแปลงในทางที่ลดลงเป็น 0.047 และ 0.046 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การตัดตอซังออกเป็นการนำอินทรียวัตถุอันเป็นแหล่งของไนโตรเจนออกไปจากพื้นที่ และการเผาตอซังมีแนวโน้มทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดลดลงเล็กน้อย เพราะเกิดการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของ N_2 และ NH_3 เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุหนึ่งที่จะระเหยไปเมื่อได้รับผลกระทบจากไฟที่อุณหภูมิสูงถึง 200 °C และหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตพบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินมีค่าลดลงในทุกวิธีการเตรียมดิน เนื่องจากถูกพืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและสะสมในเมล็ด นอกจากนี้ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์และอนินทรีย์ยังถูกชะล้างไปกับน้ำได้ง่าย

ปริมาณแอมโมเนียในดินหลังจากการไถกลบตอซังข้าวจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากการไถกลบตอซังข้าวจะส่งเสริมกระบวนการ N mineralization ในดิน ส่วนการเผาตอซังข้าวก่อนการไถ พบว่า มีปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นเช่นกัน เนื่องจากเกิดการสลายตัว (decomposition) ของขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาตอซังข้าว

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนการเตรียมดินมีค่า 39.33 ppm. หลังที่มีการไถกลบตอซัง ไถคะ ยกร่อง และปลูกถั่วเหลืองปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นเป็น 63.00 ppm. เนื่องจากการไถกลบจะช่วยเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสเพราะตอซังจะประกอบไปด้วยฟอสฟอรัสร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก เมื่อมีการย่อยสลายจึงปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมา ในขณะที่การเตรียมดินโดยการเผามีการเปลี่ยนแปลงในทางที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 40.67 และ 42.33 ppm.ตามลำดับ

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นเพียงเล็กน้อย ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน (Exchangeable Ca) พบว่า การเตรียมดินก่อนการปลูกพืชมีผลต่อการรักษาระดับของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน เนื่องจากทั้งตอซังและขี้เถ้ามีแคลเซียม เป็นองค์ประกอบ ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน (Exchangeable Mg) มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในทุกวิธีการ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน (Exchangeable K) พบว่า วิธีการเผาตอซังข้าวก่อนการไถทั้งวิธีที่ 3 และ 4 จะทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินเพิ่มขึ้นอย่างมากจากเดิม 3.52 mg./100 g. soil เป็น 24.24 และ

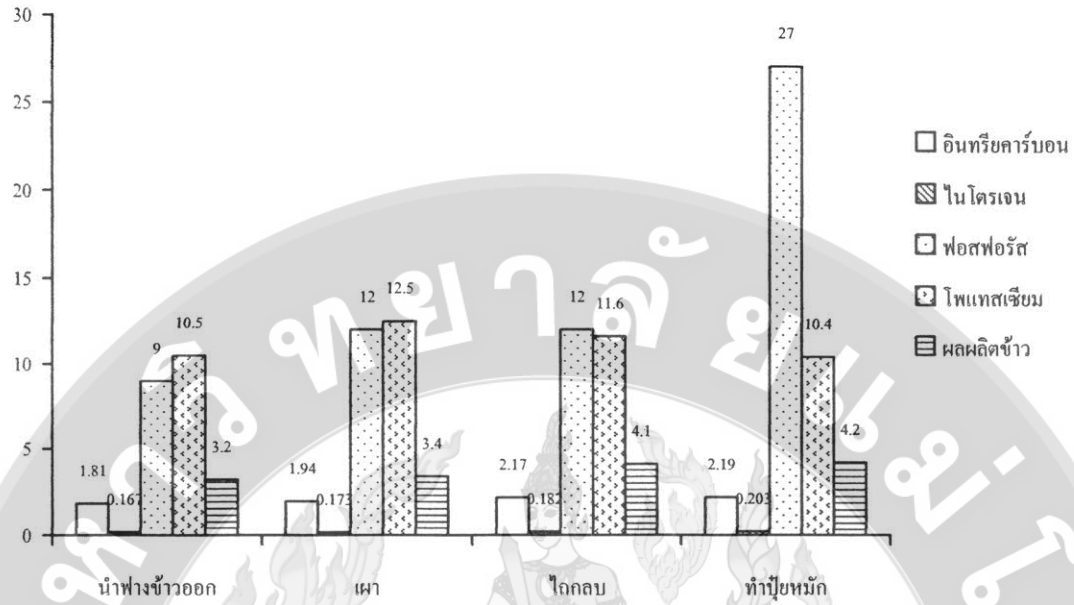
26.98 mg. /100 g. soil ตามลำดับเนื่องจากการเผาทำให้ได้ขี้เถ้าซึ่งมีค่า K^+ และธาตุอาหารอื่น ๆ ปลดปล่อยสู่ดิน

Ponnamperuma (1984) ได้ศึกษาอิทธิพลของการจัดการฟางข้าวในรูปแบบต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดินและผลผลิตของข้าว ดังตาราง 3 พบว่า การนำฟางข้าวคลุกกับดิน และการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่ในนามีผลทำให้ปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้นมากกว่าการเผาหรือการนำฟางข้าวออกจากแปลงนา

ตาราง 3 รูปแบบของการจัดฟางข้าวต่อประมาณธาตุอาหารและผลผลิตข้าวโดยปลูก 16 ครั้ง

รูปแบบการจัดการ	อินทรีย์คาร์บอน (%)	ไนโตรเจน (%)	ฟอสฟอรัส (มก./กก.)	โพแทสเซียม (มก./กก.)	ผลผลิตข้าว (ตัน/เฮกตาร์)
นำฟางข้าวออกจากพื้นที่	1.81	0.167	9	10.5	3.2
เผา	1.94	0.173	12	12.5	3.4
ไถกลบหลังเก็บเกี่ยว	2.17	0.182	12	11.6	4.1
ทำปุ๋ยหมักฟางข้าว	2.19	0.203	27	10.4	4.2

ที่มา: Ponnamperuma (1984)



ภาพ 3 แสดงรูปแบบของการจัดฟางข้าวต่อประมาณธาตุอาหารและผลผลิตข้าวโดยปลูก 16 ครั้ง
ที่มา: Ponnamperuma (1984)

นอกจากนี้ Ponnamperuma (1984) ยังได้ศึกษาผลของการไถกลบฟางข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารพืชในดินเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ฟางลงไป พบว่า ปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ดังตาราง 4

ตาราง 4 ผลของการไถกลบฟางข้าวในนาตลอด 11 ฤดูปลูกเมื่อเทียบกับการไม่ใส่ฟางข้าว

การศึกษา	ไม่ใส่ฟางข้าว	ไถกลบฟางข้าว
Organic Carbon (%)	1.38	1.62
Total N (%)	0.130	0.157
Available P (mg. / kg. soil)	8.4	9.8
Exchangeable K (mmol / Kg soil)	3.2	6.3
ผลผลิตฟางข้าว (กรัม / กระถาง)	6:8	8.9
ผลผลิตข้าว (กรัม / กระถาง)	77	112
การดูดใช้ N (กรัม / กระถาง)	1.194	1.583

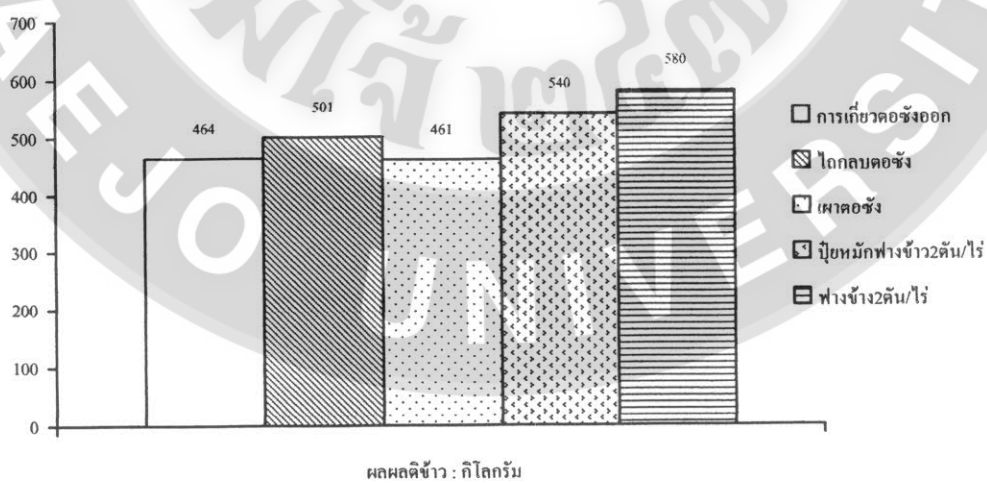
ที่มา: Ponnamperuma (1984)

IRRI (1976) รายงานว่า การใส่ฟางข้าวร่วมกับปูนจะช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณไนโตรเจนในดินได้สูงกว่าการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าว

Bacon and Henman (1987) รายงานว่า การไถกลบตอซังและฟางข้าวที่มีไนโตรเจน 0.4 เปอร์เซ็นต์ ทางตอนใต้ของประเทศออสเตรเลียติดต่อกัน 3 ปี จะช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้แก่ดินได้ คือ 0.125 – 0.175 ตันต่อเฮกตาร์ และเพิ่มผลผลิตข้าวได้ 0.8 ตันต่อเฮกตาร์

ผลของการจัดการฟางข้าวเป็นวัสดุปรับปรุงดินต่อผลผลิต

ชุติวัฒน์ และดิเรก (2540) รายงานว่า จากการศึกษาผลของการจัดการฟางข้าวต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตข้าวในรูปแบบการจัดการต่าง ๆ 5 วิธี ได้แก่ การเกี่ยวตอซังออก ไถกลบตอซัง เผาตอซัง ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่ และการใส่ฟางข้าว 2,000 กิโลกรัม/ไร่ ผลการทดลองพบว่า การเกี่ยวตอซังออกจากแปลงนาหรือการเผาตอซังทิ้งทำให้ผลผลิตข้าวต่ำมากเฉลี่ย 464 และ 461 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ส่วนการไถกลบตอซังหลังการเก็บเกี่ยวข้าว การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าว หรือการใส่ฟางข้าวเพิ่มในอัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่ จะให้ผลผลิตเมล็ดข้าวที่สูงกว่าเฉลี่ย 501, 540 และ 580 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งการไถกลบฟางข้าวหรือปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่ ติดต่อกัน 3-4 ปี ให้ผลผลิตใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร ($N–P_2O_5–K_2O$) ในอัตรา 8-4-4 กิโลกรัม/ไร่



ภาพ 4 แสดงปริมาณผลผลิตของข้าวต่อรูปแบบการจัดการฟางข้าวในรูปแบบต่าง ๆ
ที่มา: ชุติวัฒน์ และดิเรก (2540)

พรพิบูลย์ (2535) รายงานว่า จากการศึกษาการใช้ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีในการปลูกพืชพบว่า การใส่ฟางข้าวอย่างเดียวโดยไม่มีปุ๋ยไนโตรเจนร่วมด้วยก่อนการปลูกข้าวสาลีและถั่วเหลือง พบว่า มีผลผลิตต่ำที่สุด การใช้ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนให้ผลผลิตสูงขึ้น และไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว ไนโตรเจนในฟางข้าวถูกปลดปล่อยออกมาได้ 17-25 เปอร์เซ็นต์ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนไม่ทำให้มีการปลดปล่อยไนโตรเจนจากฟางข้าวเพิ่มขึ้น แต่เพิ่มการดูดใช้ไนโตรเจนจากฟางข้าว เมื่อมีการใช้ฟางข้าวเพียงอย่างเดียวข้าวสาลีและถั่วเหลืองสามารถดูดใช้ไนโตรเจนจากฟางข้าวได้ 1.5-1.8 เปอร์เซ็นต์ ของไนโตรเจนจากฟางข้าว แต่ถ้ามีการใช้ปุ๋ยร่วมด้วยการดูดใช้ไนโตรเจนจากฟางข้าวจะเพิ่มขึ้นเป็น 4.5-4.7 เปอร์เซ็นต์

จงรักษ์ และคณะ (2544) รายงานว่า จากการศึกษาผลการใช้ตอซังข้าวปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินนา โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ศึกษาผลของการใส่ตอซังข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน และส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาอิทธิพลของการใช้ตอซังข้าว และปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเมล็ดข้าว ผลของการศึกษาพบว่า ในดินเนื้อปูนชุดดินลพบุรีข้าวที่มีการใช้ตอซังข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี และข้าวที่มีการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีจะมีอัตราการเจริญเติบโตและดึงธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมขึ้นมาใช้ได้ดีกว่า และให้ผลผลิตเมล็ดข้าวที่มากกว่าข้าวที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ส่วนในดินเปรี้ยวชุดรังสิต พบว่า ข้าวที่ใช้ตอซังข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีมีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตเมล็ดข้าวที่ต่ำกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมีอย่างเดียว

วรพจน์ และคณะ (2526) รายงานว่า การใส่ฟางอัตรา 1,087 กิโลกรัมต่อไร่ จะทำให้ผลผลิตของข้าวสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร N-P_2O_5-K_2O อัตรา 18-15-6 กิโลกรัมต่อไร่

พิรัชฌา และคณะ (2538) รายงานว่า จากการศึกษาผลของการไถกลบตอซังและฟางข้าวในดินนาชุดร้อยเอ็ดเป็นเวลา 3 ปี (พ.ศ. 2532-3534) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 6 ตำรับ คือ เผาตอซังและฟางข้าว 500 กก./ไร่ แล้วไถกลบ ไถกลบตอซังและฟางข้าว 500, 1,000, 1,500, 2,000 และ 2,500 กก./ไร่ ผลการทดลองพบว่า ในปีที่ 1 ผลผลิตข้าวในแต่ละตำรับไม่แตกต่างกัน แต่ในปีที่ 2 การไถกลบตอซังและฟางข้าว 2,000 และ 2,500 กก./ไร่ ให้ผลผลิตมากกว่าตำรับอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด

ส่วนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดินหลังจากการไถกลบตอซังและฟางข้าว เป็นเวลา 3 ปี พบว่า pH, ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในแต่ละตำรับไม่มีความแตกต่างกันแต่ประการใด

กรรณิกา และคณะ (2527) รายงานว่า การใส่ฟางข้าวจะช่วยเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมในดินได้สูงกว่าปุ๋ยหมัก และช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข.7 มากขึ้น เมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี โดยเมื่อใส่ฟางข้าวจะได้ผลผลิตเฉลี่ย 505 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีจะได้ผลผลิตข้าวเพียง 475 กิโลกรัมต่อไร่ ในข้าวขาวดอกมะลิ พบว่า ผลผลิตของข้าวเมื่อไม่ใส่ปุ๋ยเคมีจะเท่ากับ 442 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อใส่ฟางข้าวจะให้ผลผลิตเฉลี่ย 472 กิโลกรัมต่อไร่

ปรัชญา และคณะ (2534) รายงานว่า จากการศึกษาผลของการไถกลบตอซังข้าวเพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ โดยทำการทดลองปลูกข้าวพันธุ์ กข.23 หลังจากไถกลบตอซังและฟางข้าวในอัตรา 500, 1,000, 1,500, 2,000, 2,500 กิโลกรัมต่อไร่ เปรียบเทียบกับแปลงนาที่มีการเผาตอซังและฟางข้าวในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ แล้วไถกลบ โดยทำการศึกษาในดินชุดเรณู และดินชุดร้อยเอ็ด (มิถุนายน-ธันวาคม 2532) ผลการศึกษาพบว่า การไถกลบตอซังและฟางข้าวในอัตราตั้งแต่ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ขึ้นไป จะทำให้ผลผลิตของข้าวโดยเฉลี่ยสูงขึ้น และมีแนวโน้มทำให้ pH ของดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้น

พัชรี และคณะ (2544) ทำการศึกษาผลของการเผาตอซังในนาข้าวก่อนการเตรียมดินเพื่อปลูกถั่วเหลืองฤดูแล้งต่อการให้ผลผลิตของถั่วเหลือง ปรากฏว่า การเผาตอซัง ไถดะ ยกร่องปลูกถั่วเหลือง และคลุมด้วยฟางข้าวหลังการปลูกถั่วเหลือง 14 วัน จะให้ผลผลิตต่อไร่สูงสุด 357.43 กก./ไร่ แล้วยังให้น้ำหนัก 100 เมล็ด สูงที่สุด 17.54 กรัม จากข้อมูลในตาราง 5 สามารถสรุปได้ว่า การเผาตอซังและการไถกลบให้ผลดีในด้านของผลผลิต ส่วนการตัดตอซังข้าวออกทำให้ได้แหล่งธาตุอาหารจากการสลายตัวของส่วนรากต้นข้าวเท่านั้นจึงให้ผลผลิตน้อยที่สุด

ตาราง 5 แสดงปริมาณผลผลิตของถั่วเหลืองต่อรูปแบบการจัดการตอซังข้าวในรูปแบบต่างๆ

รูปแบบการจัดการ	ปริมาณผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)	น้ำหนักของเมล็ด (กรัม/100 เมล็ด)
1. ตัดตอซังออก ไถดะ ยกร่องและปลูกถั่วเหลือง	350.82	15.44
2. ไถกลบตอซัง ไถดะ ยกร่อง และปลูกถั่วเหลือง	353.31	16.03
3. เผาตอซัง ไถดะ ยกร่อง ปลูกถั่วเหลือง และ คลุมด้วยฟางข้าว	375.43	17.54
4. เผาตอซัง ไถดะ ยกร่อง ปลูกถั่วเหลือง และ ไม่คลุมด้วยฟางข้าว	367.87	15.75

ที่มา: พัชรี และคณะ (2544)

สุดชล และคณะ (2536) รายงานว่า การไถกลบฟางข้าวในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ก่อนปักดำ 7 วัน ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 4-1.1-1.1 กิโลกรัมต่อไร่ ในช่วงก่อนปักดำ 1 วัน มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของข้าวจาก 211 เป็น 235 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อเทียบกับการไม่ได้ไถกลบฟางข้าว

Oh (1979) รายงานว่า ข้าวที่ได้รับการใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีจะให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมี ทั้งนี้เพราะฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหรือให้ substrate ที่เพียงพอแก่จุลินทรีย์ในดิน ทำให้จุลินทรีย์ในดินเพิ่มปริมาณมากขึ้นในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของข้าว ซึ่งธาตุอาหารถูกเก็บไว้ในดินไม่ให้สูญหายไป โดยอยู่ในรูปที่จุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ และจะปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์กับข้าวในช่วงหลังของการเจริญเติบโต

Oh (1984) รายงานว่า การใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีในดินนาจะเพิ่มประสิทธิภาพของฟางข้าวในการเพิ่มผลผลิตของข้าว

Ponnamperuma (1984) รายงานว่า การไถกลบฟางข้าวลงในดินติดต่อกันในระยะยาวมีผลต่อการเพิ่มศักยภาพของดินในการเพิ่มผลผลิตของพืชที่เพาะปลูก โดยเมื่อมีการเผาตอซังและฟางข้าวผลผลิตของข้าวเฉลี่ยจะได้ 3.4 ตันต่อเฮกตาร์ แต่การไถกลบตอซังและฟางข้าวจะได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 4.1 ตันต่อเฮกตาร์

การนำฟางข้าวมาใช้ทำปุ๋ยหมัก

วรรลดา และคณะ (2530) รายงานว่า จากการศึกษาถึงผลของมูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ ต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักฟางข้าว เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ และชีวภาพ พบว่า การใส่มูลสัตว์มีผลทำให้ปริมาณแบคทีเรียและแอคติโนมัยซีสที่ย่อยสลายเซลลูโลสเพิ่มสูงขึ้นกว่าการไม่ใส่มูลสัตว์ โดยเฉพาะในช่วง 10-40 วันแรก การใส่มูลไก่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักมากกว่าการใส่มูลวัวและมูลสุกร ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณในกองปุ๋ยหมัก พบว่า การใส่มูลไก่มีผลทำให้ปริมาตรของกองปุ๋ยหมักลดลงมากกว่าการใส่มูลสัตว์ชนิดอื่น ๆ และไม่ใส่มูลสัตว์ ซึ่งการลดลงของปริมาตรกองปุ๋ยหมักเกิดจากโครงสร้างของฟางข้าวถูกย่อยสลายทำให้มีขนาดเล็กลงโครงสร้างอ่อนนุ่มขึ้น ทำให้โครงสร้างภายในลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าการใส่มูลสัตว์ยังช่วยเพิ่มค่าความเป็นกรดเป็นด่างให้สูงขึ้น โดยเฉพาะการใส่มูลสุกร

การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ของฟางข้าว พบว่า การใส่มูลสัตว์มีผลทำให้ค่า C:N ratio ลดลงอย่างรวดเร็ว ตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นของปริมาณมูลสัตว์ และการใส่มูลไก่มีผลทำให้ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลงเร็วกว่าการใส่มูลสัตว์อื่น ๆ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากมูลไก่มีปริมาณธาตุอาหารหลักของพืช โดยเฉพาะปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่ามูลสัตว์ชนิดอื่น

มูลสัตว์นอกจากจะเป็นแหล่งของไนโตรเจนและแหล่งของเชื้อจุลินทรีย์แล้ว ยังมีธาตุอาหารหลักและรองของพืชอีกหลายชนิด อย่างไรก็ตามปริมาณธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในมูลสัตว์จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์และปัจจัยอื่น ๆ เช่น ในมูลของสัตว์ปีกมีปริมาณของฟอสฟอรัสค่อนข้างสูงกว่าสัตว์ประเภทอื่น ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) ในมูลไก่มีประมาณ 4.04 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ในมูลของวัวและควายมีประมาณ 0.52 เปอร์เซ็นต์

สำหรับรายงานการทำปุ๋ยหมักในประเทศไทย โดยกรมพัฒนาที่ดินได้กำหนดว่า การทำปุ๋ยหมักจากเศษพืชที่ย่อยสลายตัวยากพวกแกลบ ขี้เลื่อย ขุยมะพร้าว เป็นต้น ให้ใช้มูลสัตว์ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อเศษพืช 1 ตัน สำหรับเศษพืชที่ย่อยสลายตัวได้ง่าย เช่น พวกฟางข้าว เปลือกถั่ว จะใช้มูลสัตว์ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อเศษพืช 1 ตัน (ปรัชญา, 2526)

พิทยากร และคณะ (2530) รายงานว่า จากผลการศึกษาผลของการใช้หินฟอสเฟตต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายปุ๋ยหมักจากฟางข้าว โดยการใช้หินฟอสเฟตตั้งแต่ 0.5-4.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักฟางข้าว การทดลองพบว่า การใส่และไม่ใส่หินฟอสเฟตไม่มีผลทำให้เกิด

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสแตกต่างกัน และไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักด้วยเช่นกัน การใส่หินฟอสเฟตที่ระดับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักฟางข้าว มีผลทำให้ระดับความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มขึ้น ปริมาตรของกองปุ๋ยหมักลดลง และยังทำให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลงเร็วกว่าอัตราการใส่อื่น ๆ ซึ่งมีความสอดคล้องกับอัตราการลดลงของปริมาณกองปุ๋ยหมัก

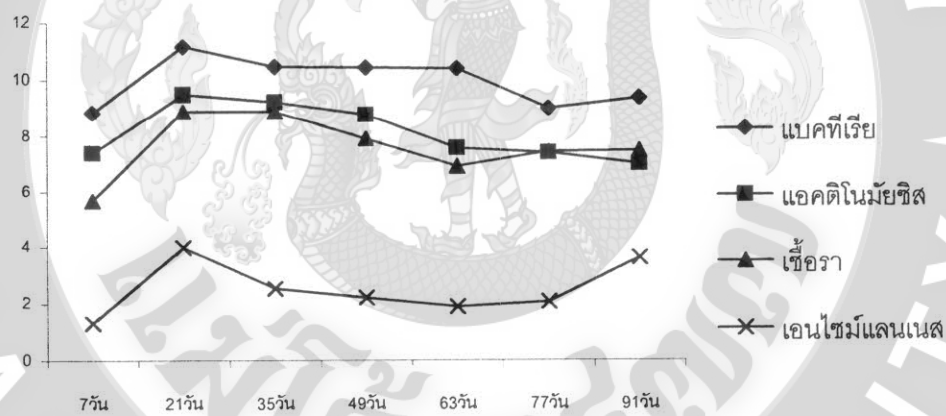
สำหรับการทำปุ๋ยหมักจากเศษพืชโดยทั่วไป กรมพัฒนาที่ดินแนะนำให้ใช้ปุ๋ยยูเรียในอัตรา 2 กิโลกรัมต่อเศษพืช 1 ตัน สำหรับในพืชที่อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนค่อนข้างสูงให้ใช้อัตราของปุ๋ยยูเรีย 10 กิโลกรัม ต่อเศษพืช 1 ตัน (ปรัชญา, 2526) นอกจากจะช่วยให้อัตราการย่อยสลายของเศษพืชเร็วขึ้น ยังช่วยเพิ่มธาตุอาหารบางชนิดให้ปุ๋ยหมัก เช่น ฟอสฟอรัส และแคลเซียม รวมไปถึงธาตุอื่น ๆ เช่น เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีอีกด้วย

ฉวีวรรณ และคณะ (2538) ทำการทดลองใช้น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายของกองปุ๋ยหมักฟางข้าว เมื่อเทียบกับการใช้น้ำธรรมดาเป็นตัวควบคุมความชื้นในกองปุ๋ยหมัก พบว่า การใช้น้ำธรรมดาเป็นตัวควบคุมความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรีย ปริมาณเชื้อแอคติโนมัยซิส และปริมาณเชื้อราที่ย่อยสลายเซลลูโลสค่อนข้างต่ำ คือ มีค่าเฉลี่ย 9.94 log no./กรัม, 8.12 log no./กรัม, 7.59 log no./กรัม ตามลำดับ ดังตาราง 6 สำหรับการเปลี่ยนแปลง กิจกรรมเอนไซม์แลนเนสในระหว่างการย่อยสลายฟางข้าว การใช้น้ำเป็นตัวความคุมความชื้น กิจกรรมเอนไซม์แลนเนสมีค่าเฉลี่ย 2.51 หน่วย/กรัม ในการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมเอนไซม์เซลลูเลส พบว่า การใช้น้ำเป็นตัวควบคุมความชื้นมีกิจกรรมค่อนข้างต่ำตลอดทุกช่วงของการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมเป็นตัวควบคุมความชื้น โดยมีค่าเฉลี่ย 0.25 หน่วย/กรัม

ตาราง 6 ปริมาณแบคทีเรีย เชื้อแอคติโนมัยซิส เชื้อรา และกิจกรรมเอนไซม์แลนเนส จากการย่อยสลายฟางข้าวในการผลิตปุ๋ยหมักจากฟางข้าว ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างวัสดุ	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							ค่าเฉลี่ย
	7	21	35	49	63	77	91	
ปริมาณแบคทีเรีย	8.84	11.16	10.45	10.41	10.37	9.00	9.36	9.94
เชื้อแอคติโนมัยซิส	7.40	9.50	9.22	8.77	7.57	7.39	7.00	8.12
ปริมาณเชื้อรา	5.67	8.89	8.88	7.90	6.91	7.43	7.48	7.59
เอนไซม์แลนเนส	1.31	3.99	2.52	2.20	1.88	2.06	3.61	2.51

ที่มา: ฉวีวรรณ และคณะ (2538)



ภาพ 5 ปริมาณแบคทีเรีย เชื้อแอคติโนมัยซิส เชื้อรา และกิจกรรมเอนไซม์แลนเนส จากการย่อยสลายฟางข้าวในการผลิตปุ๋ยหมักจากฟางข้าว ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ ปริมาณแบคทีเรีย เชื้อแอคติโนมัยซิส เชื้อรา (log no./กรัม)
กิจกรรมเอนไซม์แลนเนส (หน่วย/กรัม)

ที่มา: ฉวีวรรณ และคณะ (2538)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในกระบวนการย่อยสลายของฟางข้าว พบว่า ปริมาณไนโตรเจนมีแนวโน้มค่อย ๆ สูงขึ้นจาก 0.61 เป็น 0.69 เปอร์เซ็นต์ และ 0.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมมีแนวโน้มค่อย ๆ สูงอย่างช้า ๆ

มีค่าเฉลี่ย 0.17 และ 1.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีปริมาณลดลงค่าเฉลี่ย 39.09 เปอร์เซ็นต์ การเปลี่ยนแปลงค่า C:N ratio ลดลงค่อนข้างช้า จาก 83 เมื่อเริ่มต้นการทดลอง เป็น 49.34 ที่ 90 วันของการทดลอง สำหรับการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าว เมื่อเริ่มการทดลองที่ 7 วันมีค่า pH ค่อนข้างเป็นกลาง หลังจากนั้น pH จะเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง pH ค่อนข้างเป็นด่าง จาก 6.5 เป็น 8.3 ดังแสดงในตาราง 8 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าเมื่อเริ่มต้นการทดลองมีค่าค่อนข้างต่ำ หลังจากนั้นจะเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองจาก 0.31 mS/cm เป็น 0.66 mS/cm

ตาราง 7 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม อินทรีย์คาร์บอน และค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวจากการผลิตปุ๋ยหมักจากฟางข้าว

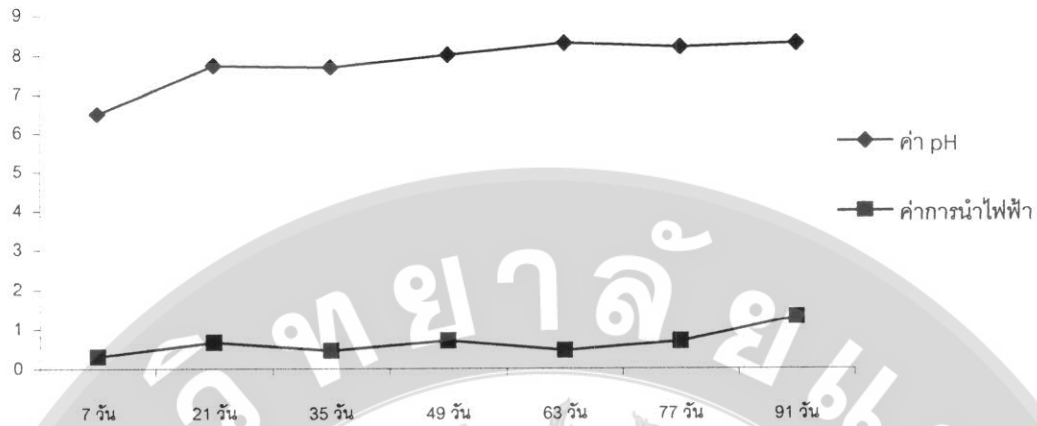
ผลการวิเคราะห์	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)			
	30	60	90	เฉลี่ย
ปริมาณไนโตรเจน Total–N (%)	0.61	0.69	0.74	0.68
ฟอสฟอรัส P_2O_5 (%)	-	-	-	0.17
โปแทสเซียม K_2O (%)	-	-	-	1.23
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน	42.14	38.61	36.51	39.09
C:N ratio	69.08	55.96	49.34	58.13

ที่มา: ฉวีวรรณ และคณะ (2538)

ตาราง 8 แสดงค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และค่าการนำไฟฟ้าของฟางข้าวในกองปุ๋ยหมักฟางข้าว

ผลการวิเคราะห์	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							ค่าเฉลี่ย
	7	21	35	49	63	77	91	
ค่า pH	6.5	7.74	7.7	8.0	8.3	8.2	8.3	7.74
ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)	0.31	0.66	0.45	0.70	0.46	0.69	1.30	0.66

ที่มา: ฉวีวรรณ และคณะ (2538)



ภาพ 6 แสดงค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และค่าการนำไฟฟ้าของฟางข้าวในกองปุ๋ยหมักฟางข้าว
ที่มา: ฉวีวรรณ และคณะ (2538)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการสลายตัวของเศษซากพืช

โดยปรกติอัตราความเร็วของการสลายตัวจะถูกควบคุมโดยปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน เป็นต้นว่า องค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์ในเศษพืช อัตราส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอน และไนโตรเจนทั้งหมด (C:N ratio) ของเศษพืช ตลอดจนสภาพแวดล้อมของการสลายตัว เช่น การถ่ายเทอากาศ ระดับความชื้น อุณหภูมิ และความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) โปรตีนที่ละลายน้ำได้ และ crude proteins

1. ธรรมชาติของสารประกอบอินทรีย์ในพืช

เมื่อวิเคราะห์พืชในรูปของสารประกอบอินทรีย์จะพบว่า พืชโดยทั่วไปประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์มากมายหลายชนิดด้วยกันและในปริมาณต่าง ๆ กัน ดังแสดงไว้ในตาราง 9

ตาราง 9 แสดงชนิดและปริมาณของสารประกอบอินทรีย์ที่พบในพืช

สารประกอบ		เปอร์เซ็นต์
1.คาร์โบไฮเดรต	น้ำตาลและแป้ง	1-5
	เฮมิเซลลูโลส	10-28
	เซลลูโลส	20-50
2.ไขมัน ,ขี้ผึ้ง , แทนนิน		1-8
3.ลิกนิน		10-30
4.โปรตีน	โปรตีนที่ละลายน้ำได้ และcrude proteins	1-15

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541)

สารประกอบที่มีมากที่สุดในพืช ได้แก่ เซลลูโลส รองลงมา ได้แก่ เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน โปรตีน แป้ง และน้ำตาล ซึ่งสารประกอบเหล่านี้จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้ยากง่ายแตกต่างกันออกไป กล่าวคือ น้ำตาล กรดอะมิโน และกรดอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ละลายน้ำได้ มักเป็นส่วนที่จุลินทรีย์ นำไปใช้ได้เลย สำหรับแป้งหรือโปรตีนต้องถูกย่อยสลายให้กลายเป็นน้ำตาลหรือกรดอะมิโนก่อนจะถูกนำไปใช้ แต่ก็จัดว่าเป็นสารประกอบที่ย่อยสลายได้ง่ายเช่นกัน เฮมิเซลลูโลสเป็นสารประกอบประเภทโพลีเมอร์ (polymer) ของน้ำตาล hexose, pentose และ uronic acid ตามโครงสร้างแล้วเฮมิเซลลูโลสย่อยสลายได้ง่าย แต่ในธรรมชาติสารเหล่านี้มักเกาะเป็นโครงสร้างซับซ้อนกับสารอื่น เช่น เซลลูโลสหรือลิกนินทำให้ย่อยสลายได้ยากขึ้น เซลลูโลสเป็นสารที่พบมากที่สุดในพืช ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสเช่นเดียวกับแป้ง แต่มีโครงสร้างแข็งแรงย่อยสลายได้ยาก สำหรับลิกนินมีอยู่ในพืชประมาณ 10-30 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างโมเลกุลซับซ้อน โดยมีสารประกอบประเภท aromatic ring เป็นแกนหลักของโมเลกุลทำให้สลายตัวได้ยากมาก ดังนั้นปริมาณลิกนินที่มีอยู่ในพืชจึงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการกำหนดว่าเศษพืชจะย่อยสลายได้ยากหรือง่าย โดยทั่วไปแล้วเมื่อพืชมีอายุมากขึ้นการสะสมของลิกนินภายในต้นพืชก็จะมีมากขึ้นด้วยทำให้สลายตัวยากขึ้น

2. อัตราส่วนระหว่างอินทรียคาร์บอนกับไนโตรเจน (C:N ratio) ของพืช

ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์นั้น นอกจากจะย่อยสลายเพื่อให้ได้พลังงานไปใช้แล้ว จุลินทรีย์ก็นำเอาธาตุอาหารจากสารอินทรีย์

เหล่านั้นไปใช้สร้างสารประกอบต่าง ๆ ของเซลล์ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งคาร์บอนซึ่งต้องนำมาใช้สังเคราะห์สารประกอบที่เป็นโครงสร้างหลักของเซลล์ กับไนโตรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน หรือกรดนิวคลีอิก ที่มีอยู่เป็นปริมาณมากในเซลล์จุลินทรีย์ ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนที่มีอยู่ในสารอินทรีย์จึงเป็นปัจจัยที่บ่งชี้ว่า ในการย่อยสลายสารอินทรีย์แต่ละชนิด จะมีไนโตรเจนเพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์ และทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

อัตราส่วน C:N ratio ที่จัดว่าเพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์อยู่ในช่วงประมาณ 20/1 ถึง 30/1 ถ้าเศษพืชมี C:N ratio สูง หรือกว้างกว่า 30/1 ขึ้นไป เช่น ฟางข้าวซึ่งมีคาร์บอนประมาณ 45-50 เปอร์เซ็นต์ และมีไนโตรเจนประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ หรือมี C:N ratio เท่ากับ 90/1- 100/1 แม้ว่าจะมีคาร์บอนให้ใช้ในการเจริญเติบโตมาก แต่มีไนโตรเจนจำกัด ทำให้ไม่สามารถย่อยเศษพืชได้เร็วเท่าที่ควร เมื่อคลุกเคล้าเศษพืชเหล่านี้ลงไปในดินจุลินทรีย์ก็มักไปดึงเอาไนโตรเจนในดิน เช่น NH_4^+ หรือ NO_3^- ไปใช้ การที่จุลินทรีย์ดินเอาสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนไปใช้สร้างเป็นองค์ประกอบของเซลล์แบบนี้เรียกว่า กระบวนการ immobilization เป็นการทำให้ไนโตรเจนที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชในดินลดลงจนอาจทำให้พืชเกิดการขาดธาตุไนโตรเจนได้

ในทางตรงกันข้ามหากเศษพืชมีธาตุไนโตรเจนอยู่มาก เช่น พืชตระกูลถั่ว ซึ่งมักมีค่า C:N ratio แคบ หรือต่ำกว่า 20/1 ก็จะมีไนโตรเจนเหลือปลดปล่อยออกมาสู่สภาพแวดล้อมในรูปของ NH_4^+ โดยกระบวนการ mineralization

โดยทั่วไปแล้วประมาณ 2/3 ส่วนของอินทรีย์คาร์บอนจะถูกออกซิไดส์ให้เป็น CO_2 ในกระบวนการสร้างพลังงานของจุลินทรีย์ ที่เหลือประมาณ 1/3 ส่วน จึงเป็นส่วนที่นำไปใช้สร้างเซลล์ของจุลินทรีย์ ดังนั้นในการย่อยสลายของสารอินทรีย์ค่า C:N ratio ของเศษพืชจึงลดลงไปเรื่อย ๆ ความสัมพันธ์ระหว่าง C:N ratio กับ immobilization และ mineralization ของไนโตรเจนในดินเป็นดังนี้

1. ในช่วงที่ค่า C:N ratio ยังสูงกว่า 30/1 อัตราการ immobilization ของไนโตรเจนจะสูงกว่า mineralization เนื่องจากไนโตเจนที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์มีไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์

2. ในช่วงระหว่าง 30/1 ถึง 20/1 กระบวนการทั้งสองจะเกิดขึ้นได้ใกล้เคียงกัน

3. เมื่อค่า C:N ratio ลดลงต่ำลงไปอีก immobilization จะลดต่ำกว่า mineralization ทำให้มีสารประกอบไนโตรเจนเหลือปลดปล่อยออกมาสู่ดิน ต่อจากนั้นค่า C:N ratio จะลดลงไปเรื่อย ๆ ตามอัตราการสลายตัวของเศษพืช แล้วค่อนข้างคงที่อยู่ที่ค่า C:N ratio ประมาณ 12/1 ถึง 10/1 ซึ่งเป็นค่า C:N ratio ของเซลล์จุลินทรีย์และอินทรียวัตถุ ดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงค่า C:N ratio ของสารอินทรีย์ ต่าง ๆ โดยประมาณ

ชนิดของสารประกอบ	C:N ratio
จุลินทรีย์ดิน	5-10
อินทรียวัตถุในดิน	10
ปุ๋ยหมัก	15-20
ฟางข้าว	80-125
ต้นข้าวโพด	60
ชานอ้อย	140-190
ขี้เลื่อย	200-400

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541)

3. สภาพแวดล้อม

ประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ไม่เพียงแต่จะขึ้นอยู่กับปริมาณ หรือคุณภาพสารอินทรีย์เท่านั้น สภาพแวดล้อมนับเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก และมีอิทธิพลโดยตรงต่ออัตราความเร็วในการย่อยสลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาพการระบายอากาศ หรือปริมาณของ O_2 ซึ่งเป็นตัวกำหนดถึงประสิทธิภาพในการสร้างพลังงานของจุลินทรีย์ เพื่อการเจริญเติบโตนอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่สำคัญ เช่น ความชื้น อุณหภูมิ และความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

3.1 การระบายอากาศของดิน

กระบวนการหายใจโดยการใช้ออกซิเจนเป็นกระบวนการสร้างพลังงานที่มีประสิทธิภาพที่สุดของจุลินทรีย์ สภาพการระบายอากาศของดินจึงมีผลกระทบต่อกิจกรรมการย่อยสลายเศษพืชของจุลินทรีย์โดยตรง ในสภาพที่มีออกซิเจนการย่อยสลายจะเกิดขึ้นได้เร็วและสมบูรณ์กว่า ส่วนใหญ่จะสลายตัวจนกลายเป็น CO_2 จุลินทรีย์พวกแบคทีเรียที่ต้องการอากาศ เชื้อราและแอคติโนมัยซิส เป็นจุลินทรีย์กลุ่มหลักในการทำให้เกิดการแปรสภาพแบบนี้ เมื่อการระบายอากาศดี เช่นในดินที่มีเนื้อหยาบ หรือมีการไถพรวนบ่อยครั้ง จึงมีอัตราการย่อยสลายตัวของสารอินทรีย์อย่างรวดเร็ว และมีระดับอินทรียวัตถุเหลืออยู่ในดินค่อนข้างต่ำ ในทางตรงกันข้ามดินที่อยู่ในสภาพขาดอากาศ หรือมีน้ำท่วมขัง อัตราการสลายตัวจะลดลงอย่างมากมาย และเกิดขึ้นได้

ไม่สมบูรณ์ สารที่ได้จากกระบวนการดังกล่าวมักเป็นกรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ และสารอื่นๆ อีกหลายชนิด เช่น amine, mercaptan, aldehyde, ketone และเกิดแก๊สต่างๆ มากมาย เช่น CO_2, H_2S, H_2 หรือ แม้แต่ CH_4 จุลินทรีย์กลุ่มหลักที่ทำให้เกิดการแปรสภาพของสารอินทรีย์เหล่านี้ คือ แบคทีเรียพวกที่ไม่ต้องการอากาศ (anaerabic bacteria) ส่วนเชื้อรา และแอคติโนมัยซิส จะชะงักการเจริญเติบโตเมื่อดินขาดออกซิเจน

3.2 ความชื้นดิน

นอกจากน้ำจะมีความสำคัญในการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์แล้ว น้ำยังมีอิทธิพลอย่างมากต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ ไม่ว่าจะเป็นการทำงานของ extracellular enzyme การละลายสารประกอบของธาตุอาหารต่าง ๆ ตลอดจนเป็นที่อยู่อาศัย และช่วยในการเคลื่อนที่ของจุลินทรีย์แล้ว น้ำยังมีผลต่อการถ่ายเทอากาศในดินด้วย ดังนั้นระดับความชื้นของดินจึงมีความสัมพันธ์กับอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินอย่างใกล้ชิด

ระดับความชื้นที่ที่พอเหมาะต่อการย่อยสลายอยู่ที่ค่าศักย์น้ำ (water potential) ประมาณ -0.01 ถึง -0.05 MPa (megapascal) อัตราการสลายตัวมักลดลงอย่างรวดเร็วหากมีความชื้นมากขึ้นเกินกว่าที่ค่า -0.01 MPa ไปจนถึงสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (0 MPa) เนื่องจากเกิดการขาดออกซิเจน แต่หากความชื้นของดินค่อย ๆ ต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม อัตราการสลายตัวจะค่อย ๆ ลดลงตามลำดับ แต่ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับความสามารถทนสภาพแห้งแล้งของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง และอัตราการทำงานของ extracellular enzyme ในสภาพที่ความชื้นในดินค่อนข้างต่ำ จุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการย่อยสลายอินทรียวัตถุมักเป็นเชื้อรา และแอคติโนมัยซิส เพราะส่วนใหญ่มีความทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดีกว่าแบคทีเรีย

3.3 อุณหภูมิในดิน

อุณหภูมิมีผลควบคุมทั้งกระบวนการทางเคมี ฟิสิกส์ หรือกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินโดยตรง อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะเร่งอัตราการสลายตัวของสารอินทรีย์ได้มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงอุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส ซึ่งจัดเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์โดยทั่วไป ดังนั้นดินในเขตร้อนชื้น เช่น ประเทศไทยจึงมีอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับประเทศในเขตหนาว หรือเขตอบอุ่น

การทำปุ๋ยหมักก็เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของอุณหภูมิ พบว่า เศษพืชจะแปรสภาพได้รวดเร็วที่สุดในช่วงอุณหภูมิประมาณ 52- 60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำกว่านี้มักทำให้อัตราการย่อยสลายลดลง จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในกองปุ๋ยหมักเป็นพวกชอบอุณหภูมิสูง (thermophile) อุณหภูมิที่เหมาะต่อการเจริญเติบโตจึง

สูงกว่าอุณหภูมิสำหรับจุลินทรีย์ทั่วไปในดิน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกชอบอุณหภูมิปานกลาง (mesophile) ค่อนข้างมาก

3.4 ค่า pH ของดิน

สภาพกรดด่าง (pH) ของดินก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดิน โดยทั่วไปแล้ว เมื่อ pH เป็นกลางการสลายตัวจะเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่าในช่วงเป็นกรด หรือด่างเกินไป ดังนั้นการใส่ปูนเพื่อยกระดับ pH ของดินที่เป็นกรดให้เป็นกลางจึงส่งเสริมการสลายตัวของสารอินทรีย์ในดินไปด้วย ช่วง pH ของดินที่ต่ำกว่า 4.5 (กรดจัด) หรือสูงกว่า 9 (ด่างจัด) มักมีผลยับยั้งการสลายตัวอย่างมาก สำหรับช่วง pH ที่เป็นกรดค่อนข้างมาก เช่น pH ประมาณ 5.5 หรือ ต่ำกว่า กิจกรรมของแบคทีเรีย และแอคติโนมัยซิส ส่วนใหญ่ในดินจะลดลงมาก ในขณะที่เชื้อรายังทนอยู่ได้กิจกรรมการย่อยสลายจึงเกิดขึ้นโดยเชื้อราเป็นส่วนใหญ่

ลักษณะโดยทั่วไปของชุดดินหางดง (Hd: Hang Dong series)

ชุดดินหางดง (Hd: Hang Dong series) ดินกลุ่มดินนี้เกิดจากพวกตะกอนลำน้ำ จัดอยู่ในอันดับ Alfisols พบในพื้นที่ราบเรียบตามลานตะพักลำน้ำค่อนข้างใหม่ และลานตะพักลำน้ำระดับต่ำ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง สภาพพื้นที่ราบเรียบ มีความลาดเทประมาณ 0-1 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึก การระบายน้ำเลว ความสามารถในการอุ้มน้ำสูง ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ช้า ชุดดินหางดงจัดอยู่ใน Great Soil Group: Low Humic Gley Soil

ดินบนลึกไม่เกิน 20 เซนติเมตร มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนเหนียว มีสีเทาหรือสีน้ำตาลปนเทา มีสีจุดประน้ำตาลแก่ ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดแก่ถึงกรดปานกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.5-6.0 ส่วนในดินล่างลึกตั้งแต่ 20 เซนติเมตรลงไป เป็นดินเหนียว มีสีเทาหรือสีเทาปนน้ำตาล มีสีจุดประเป็นสีน้ำตาล ถึงสีน้ำตาลแก่ หรือสีเหลืองปนน้ำตาล ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดปานกลาง หรือด่างอ่อน มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.0-8.0 มักจะพบสารพวกเหล็ก และแมงกานีสซึ่งจับตัวกันเป็นก้อนเล็ก ๆ อยู่ในดินชั้นล่าง และโดยปรกติจะพบเกล็ดไมก้าปะปนอยู่ในดินตลอดทุกชั้นดิน

การใช้ประโยชน์ของชุดดินหางดงมีข้อจำกัด คือ ชุดดินนี้เกิดในที่ต่ำ การระบายน้ำของดินไม่ดี จึงไม่เหมาะที่จะใช้ปลูกพืชยืนต้น หรือพืชที่มีระบบรากลึกอื่นๆ นอกจากจะได้มีการยกร่องปลูก หรือทำทางระบายน้ำให้ระดับน้ำใต้ดินอยู่พ้นเขตการเจริญเติบโตของรากพืช

ปัจจุบันพื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ทำนา ในบริเวณที่มีแหล่งน้ำใช้ปลูกพืชไร่ พืชผัก และยาสูบในช่วงฤดูแล้ง ข้าวที่ปลูกโดยมากให้ผลผลิตค่อนข้างสูง (กองสำรวจดิน, 2517)

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

- อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน (Can, Auger, Core)
- เครื่องแก้ว และสารเคมีในห้องปฏิบัติการ
- เครื่องชั่งสปริง และเครื่องชั่งแบบละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer)
- ถ้วยปั่น (Dispersion Cup)
- เครื่องปั่นดิน (Stirrer)
- เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH-Meter)
- เครื่องไตเตรทอัตโนมัติ (Automatic Titration System)
- เครื่องย่อย (Digestion Apparatus)
- เครื่องกลั่นไนโตรเจน (Kjeldahl Distillation Apparatus)
- เตาความร้อน (Hot Plate)
- เครื่องเขย่า (Mechanical Shaker)
- กระดาษกรอง
- Auto- Analyser
- Flame Photometer
- Spectophotometer
- ดินนา ชุดหางดง
- ฟางข้าว
- ปุ๋ยคอก (มูลวัว) 1.1-0.4-1.6
- ปุ๋ยยูเรีย สูตร 46-0-0
- ผงหินฟอสเฟต (rock phosphate) 0-3-0

การเก็บตัวอย่างและบันทึกข้อมูล

1. การเก็บข้อมูลน้ำหนักของฟางข้าวในแปลงทดลอง

จำนวนของกอข้าวที่เก็บ เพื่อเป็นตัวแทนของการศึกษาหาปริมาณน้ำหนักตอซังและฟางข้าว ต่อพื้นที่ 1 ไร่ โดยการเก็บตัวอย่างจำนวน 25 กอ กระจายทั่วแปลงโดยเลือกเฉพาะกอที่มีขนาดโดยเฉลี่ยของทั้งแปลง ทำการถอนออกมาทั้งกอล้างน้ำเอาดินออก เพื่อเก็บเฉพาะน้ำหนักของตอซังและฟางข้าวเท่านั้น และนับหาจำนวนของกอข้าวต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร โดยการนับ 5 ซ้ำ

2. การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชที่สะสมอยู่ในฟางข้าว

หลังจากการเก็บตัวอย่างของตอซังและฟางข้าวแล้ว นำมาวิเคราะห์หาธาตุอาหารที่สะสมอยู่ในฟางข้าว โดยบดตัวอย่างฟางข้าวผ่านตะแกรงขนาด 20 mesh นำไปย่อยสลายโดยวิธี Wet Oxidation ใช้กรดกำมะถันเข้มข้นร่วมกับ Se และ Na_2SO_4 เป็นสารละลายในการย่อยสลาย จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารพืชที่สำคัญ ๆ ได้แก่

- คาร์บอน (C)
- ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)
- ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P)
- โพแทสเซียม (Total K)
- แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg)

ตาราง 11 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุอาหารในฟางข้าว

ธาตุที่วิเคราะห์	วิธีการ	เอกสารอ้างอิง
ไนโตรเจนทั้งหมด	Micro-Kjeldahl method	นงลักษณ์ (2537)
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	Colorimetric	นงลักษณ์ (2537)
โพแทสเซียมทั้งหมด	Flame Photometer	นงลักษณ์ (2537)
แคลเซียมและแมกนีเซียม	Content Atomic Absorption	นงลักษณ์ (2537)

3. การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างดินจากแปลงทดลองหลังการเก็บเกี่ยวข้าว

ทำการเก็บตัวอย่างดินจากแปลงทดลองในระดับชั้นไถพรวน (ลึกประมาณ 15 เซนติเมตร) โดยวิธีการสุ่มเก็บแบบกระจายทั่วแปลง (simple random) ประมาณ 25-30 จุดต่อไร่ หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์หา

- เนื้อดิน (Soil Texture) ใช้วิธีวิเคราะห์เชิงกล Hydrometer method
- ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter)
- ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)
- ฟอสฟอรัส (P) ที่เป็นประโยชน์
- โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) ที่แลกเปลี่ยนได้
- ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)
- ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

4. วิธีการวิจัย

ทำการทดลองโดยแบ่งการทดลองเป็น 3 การทดลอง ประกอบด้วย

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบสภาพต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

การทดลองที่ 3 ศึกษาอัตราการย่อยสลายและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินภายใต้การจัดการตอซังและฟางข้าวในรูปแบบต่าง ๆ

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน

การวางแผนการทดลอง

ดำเนินการทดลองโดยวางแผนการทดลองทางสถิติแบบ completely randomized design (CRD) มี 3 ซ้ำ ประกอบด้วย สิ่งทดลอง 8 ตำรับ โดยการนำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ ชั่งใส่กระถาง ๆ ละ 1 กิโลกรัม จากนั้นทำการคลุกผสมกับตอซังฟางข้าว ร่วมกับปุ๋ยคอก ปุ๋ยยูเรีย และผงหินฟอสเฟต ซึ่งรายละเอียดของแต่ละตำรับทดลอง ดังนี้

ตำรับที่ 1 control ฟางข้าว 3.2 กรัม ต่อดิน 1 กิโลกรัม (1,000 กิโลกรัม/ไร่)

ตำรับที่ 2 ฟางข้าว 3.2 กรัม (1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม (200 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่)

ตำรับที่ 3 ฟางข้าว 3.2 กรัม (1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม (200 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยยูเรีย 0.032 กรัม (10 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่)

ตำรับที่ 4 ฟางข้าว 3.2 กรัม (1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม (200 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยยูเรีย 0.032 กรัม (10 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ผงหินฟอสเฟต 0.032 กรัม (10 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่)

ตำรับที่ 5 ฟางข้าว 6.4 กรัม ต่อดิน 1 กิโลกรัม (2,000 กิโลกรัม/ไร่)

ตำรับที่ 6 ฟางข้าว 6.4 กรัม (2,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม (400 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 2,000 กิโลกรัม/ไร่)

ตำรับที่ 7 ฟางข้าว 6.4 กรัม (2,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม (400 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 2,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยยูเรีย 0.064 กรัม (20 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 2.000 กิโลกรัม/ไร่)

ตำรับที่ 8 ฟางข้าว 6.4 กรัม (2,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม (400 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 2,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยยูเรีย 0.064 กรัม (20 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 2,000 กิโลกรัม/ไร่) + ผงหินฟอสเฟต 0.064 กรัม (20 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 2,000 กิโลกรัม/ไร่)

หลังจากนั้นทำการปรับความชื้นเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ ของ water holding capacity แล้วนำไปบ่ม (incubate) ไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน จากนั้นนำตัวอย่างดินทดลองซึ่งบ่มไว้ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้มาวิเคราะห์หาค่า pH ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณ

คาร์บอน ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) เพื่อหาค่า F-value หากข้อมูลแสดงความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ นำไปเปรียบเทียบหาความแตกต่างโดยใช้ DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) หรือ LSD (Least Significant Difference)

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบสภาพต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

การวางแผนการทดลอง

ดำเนินการทดลองโดยวางแผนการทดลองทางสถิติแบบ completely randomized design (CRD) มี 3 ซ้ำ ประกอบด้วยสิ่งทดลอง 10 ตำรับ โดยการนำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ ชั่งใส่กระถางๆ ละ 5 กิโลกรัม จากนั้นทำการคลุกผสมกับตอซังฟางข้าว ร่วมกับปุ๋ยคอก ปุ๋ยยูเรีย และผงหินฟอสเฟต ตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ซึ่งรายละเอียดของแต่ละตำรับทดลอง ดังนี้

ตำรับที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ไม่มีการคลุกผสม)

ตำรับที่ 2 ใส่ฟางข้าว 16 กรัม ต่อ ดิน 5 กิโลกรัม (1,000 กิโลกรัม/ไร่)

ตำรับที่ 3 ใส่ฟางข้าว 32 กรัม ต่อ ดิน 5 กิโลกรัม (2,000 กิโลกรัม/ไร่)

ตำรับที่ 4 ใส่ขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาฟางข้าวในอัตราส่วน 2,000 กิโลกรัม/ไร่

ตำรับที่ 5 ใส่ฟางข้าว 16 กรัม (1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม (200 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่) ต่อดิน 5 กิโลกรัม

ตำรับที่ 6 ใส่ฟางข้าว 16 กรัม (1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม (200 กิโลกรัม/ไร่ และฟาง ข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยยูเรีย 0.16 กรัม (10 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่)

ตำรับที่ 7 ใส่ฟางข้าว 16 กรัม (1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม (200 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยยูเรีย 0.16 กรัม (10 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ผงหินฟอสเฟต 0.16 กรัม (10 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่)

ตำรับที่ 8 ใส่ฟางข้าว 32 กรัม (2,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม (400 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 2,000 กิโลกรัม/ไร่)

ตำรับที่ 9 ใส่ฟางข้าว 32 กรัม (2,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม (400 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 2,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม (20 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 2,000 กิโลกรัม/ไร่)

ตำรับที่ 10 ใส่ฟางข้าว 32 กรัม (2,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม (400 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 2,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม (20 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม (20 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่)

นำตัวอย่างดินทดลองที่คลุกผสมแล้ว ไปทำการทดลองปลูกผักสลัดที่ย้ายมาจากแปลงเพาะเมล็ด โดยระหว่างการปลูกจะไม่มีการให้ปุ๋ยใด ๆ แก่พืช เพื่อสังเกตอาการตอบสนองของพืชต่อปริมาณธาตุอาหาร ในระหว่างนั้นทำการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช โรคและแมลง จนถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยว

การบันทึกข้อมูลและเก็บตัวอย่าง

การเก็บข้อมูลชั่งน้ำหนักผักในระยะเก็บเกี่ยว ที่ 180 วัน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) เพื่อหาค่า F-value หากข้อมูลแสดงความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ นำไปเปรียบเทียบหาความแตกต่างโดยใช้ DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) หรือ LSD (Least Significant Difference)

การทดลองที่ 3 ศึกษาอัตราการย่อยสลายและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ภายใต้การจัดการตอซังและฟางข้าวในรูปแบบต่าง ๆ โดยวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น

การวางแผนการทดลอง

ดำเนินการทดลองโดยวางแผนการทดลองทางสถิติแบบ completely randomized design (CRD) มี 3 ซ้ำ ประกอบด้วย สิ่งทดลอง 10 ตำรับ โดยการชั่งตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ 20 กรัม ใส่บีกเกอร์ จากนั้นทำการคลุกผสมกับตอซังฟางข้าว ร่วมกับปุ๋ยคอก ปุ๋ยยูเรีย และผงหินฟอสเฟต ซึ่งรายละเอียดของแต่ละตำรับทดลอง ดังนี้

ตำรับที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ไม่มีการคลุกผสม)

ตำรับที่ 2 ใส่ฟางข้าว 16 กรัม ต่อ ดิน 5 กิโลกรัม (1,000 กิโลกรัม/ไร่)

ตำรับที่ 3 ใส่ฟางข้าว 32 กรัม ต่อ ดิน 5 กิโลกรัม (2,000 กิโลกรัม/ไร่)

ตำรับที่ 4 ใส่ขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาฟางข้าวในอัตราส่วน 2,000 กิโลกรัม/ไร่

ตำรับที่ 5 ใส่ฟางข้าว 16 กรัม (1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม (200 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่) ต่อดิน 5 กิโลกรัม

ตำรับที่ 6 ใส่ฟางข้าว 16 กรัม (1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม (200 กิโลกรัม/ไร่ และฟาง ข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยยูเรีย 0.16 กรัม (10 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่)

ตำรับที่ 7 ใส่ฟางข้าว 16 กรัม (1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม (200 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยยูเรีย 0.16 กรัม (10 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ผงหินฟอสเฟต 0.16 กรัม (10 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่)

ตำรับที่ 8 ใส่ฟางข้าว 32 กรัม (2,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม (400 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 2,000 กิโลกรัม/ไร่)

ตำรับที่ 9 ใส่ฟางข้าว 32 กรัม (2,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม (400 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 2,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม (20 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 2,000 กิโลกรัม/ไร่)

ตำรับที่ 10 ใส่ฟางข้าว 32 กรัม (2,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม (400 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 2,000 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม (20 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่) + ผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม (20 กิโลกรัม/ไร่ และฟางข้าว 1,000 กิโลกรัม/ไร่)

ผสมตัวอย่างดินกับอินทรียวัตถุต่าง ๆ ให้เข้ากัน แล้วทำการปรับความชื้นให้อยู่ในช่วง field capacity โดยใส่น้ำบีกเกอร์ละ 4 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำไปบ่มในขวดบ่มร่วมกับสารละลาย NaOH 1.0 N เพื่อดักจับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อครบกำหนดที่ 7, 14, 21 และ 28 วัน นำไปวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณฟางข้าวที่ถูกย่อยสลาย

การคำนวณหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณฟางข้าวที่ถูกย่อยสลาย

- การหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ คำนวณได้จากสูตร

  $[10 - 0.5\ v] \times 22 \quad mgCO_2$

- การคำนวณหาปริมาณฟางข้าวที่ถูกย่อยสลาย คำนวณได้จากสูตร

  $[10 - 0.5\ v] \times 10.344 \quad mgC$

v = ปริมาณ HCl ที่ใช้ (ml) ที่ใช้กับตัวอย่างดิน

10 = สมมูลย์ของ HCl ที่ได้จาก Blank คือ ปิเปตสารละลาย NaOH 1N จำนวน 10 มล. แล้วหยดด้วย phenolphthalein indicator 3 หยด แล้วไตเตรท กับ HCl 0.5 N จนกระทั่งสีของสารละลายใส ซึ่งทดสอบแล้วจะได้ HCl 0.5 N เท่ากับ 20 มล.

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) เพื่อหาค่า F-value หากข้อมูลแสดงความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ นำไปเปรียบเทียบหาความแตกต่างโดยใช้ DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) หรือ LSD (Least Significant Difference)

สถานที่และระยะเวลาทำการทดลอง

สถานที่ทำการทดลอง

1. แปลงนาของเกษตรกรในเขตอำเภอสันทราย
2. ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อดำเนินการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ระยะเวลาดำเนินการทดลอง

เริ่มทำการทดลอง พฤศจิกายน 2545 - ตุลาคม 2546

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิจารณ์

1. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่นำมาทดลอง

คุณสมบัติของชุดดินหางดงที่นำมาทดลอง แสดงอยู่ในตาราง 12 ดินบนลึก เนื้อดินเป็นดินเหนียว สีเทา มีสีจุดประน้ำตาล ในดินล่างลึกตั้งแต่ 20 เซนติเมตร ลงไปเป็นดินเหนียวสีเทาปนน้ำตาล มีสีจุดประเป็นสีน้ำตาล ปฏิกิริยาของดินเป็นกรด มีค่า pH ประมาณ 5.2 ปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าประมาณ 0.31 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าประมาณ 0.117 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีค่าประมาณ 133 ppm. ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าประมาณ 172 ppm. ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าประมาณ 1940 ppm. ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าประมาณ 232 ppm. ปริมาณคาร์บอนในดินมีค่าประมาณ 4.04 เปอร์เซ็นต์ ค่าการนำไฟฟ้าของดินมีค่าประมาณ 173 μS/cm.

ตาราง 12 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดินชุดหางดง

คุณสมบัติของดินที่นำมาทดลอง	ผลการวิเคราะห์
อินทรียวัตถุ Organic Matter (%)	0.31
ไนโตรเจนทั้งหมด Total-N (%)	0.117
ฟอสฟอรัส Available P (ppm.)	133
โพแทสเซียม Exchangeable K (ppm.)	172
แคลเซียม Exchangeable Ca (ppm.)	1,940
แมกนีเซียม Exchangeable Mg (ppm.)	232
คาร์บอน C (%)	4.04
ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน soil pH (1:1 H_2O)	5.2
ค่าการนำไฟฟ้า EC (μS/cm.)	173
เนื้อดิน Soil Texture	Clay
Sand (%)	29.12
Silt (%)	30.00
Clay (%)	40.88

2. ผลการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลของฟางข้าวที่นำมาทดลอง

2.1 ผลการเก็บข้อมูลปริมาณและน้ำหนักของฟางข้าวในแปลงนา

การเก็บข้อมูลจากแปลงนาของเกษตรกร โดยการทำแปลงย่อยขนาด 1x1 เมตร ปกติการเกี่ยวข้าวของเกษตรกรจะเกี่ยวฟางข้าวออก และทิ้งตอซังไว้ในนาสูงประมาณ 15-30 เซนติเมตร จากการวางแผนการนับ 5 ซ้ำ ผลปรากฏว่า ในพื้นที่ 1 ตารางเมตร มีกอข้าว 16 กอ โดยระยะห่างของแต่ละกอ ประมาณ 25 เซนติเมตร น้ำหนักรวมต่อกอเฉลี่ย 119.5 กรัม น้ำหนักฟางข้าว 78.8 กรัม น้ำหนักตอซัง 40.7 กรัม น้ำหนักรวมของตอซังและฟางข้าวเฉลี่ยประมาณ 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ ดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงน้ำหนักของฟางข้าวในแปลงนา

น้ำหนักฟางข้าว	น้ำหนัก/กอ (กรัม)	น้ำหนัก/ตารางเมตร (กิโลกรัม)	น้ำหนัก/ไร่ (กิโลกรัม)
น้ำหนักฟางข้าว	78.8	1.26	2,017
น้ำหนักตอซัง	40.7	0.65	1,041
น้ำหนักรวมต่อกอ	119.5	1.91	3,059

2.2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของฟางข้าว

ผลวิเคราะห์ทางเคมีและธาตุอาหารของฟางข้าวที่นำมาทดลอง แสดงในตาราง 14 พบว่า ฟางข้าวที่นำมาทดลองมีค่า C:N ratio เท่ากับ 96:1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.46 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 997 ppm. ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด 52,002 ppm. ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด 3,491 และ 1,463 ppm. ตามลำดับ คาร์บอนมีค่าเท่ากับ 44.55 เปอร์เซ็นต์ และค่า pH มีค่าประมาณ 6.2

ตาราง 14 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมีของฟางข้าว

คุณสมบัติของฟางข้าวที่นำมาทดลอง	ผลการวิเคราะห์
C:N ratio	96:1
ไนโตรเจนทั้งหมด Total-N (%)	0.46
ฟอสฟอรัสทั้งหมด Total-P (ppm.)	997
โพแทสเซียมทั้งหมด Total-K (ppm.)	52,002
แคลเซียมทั้งหมด Total-Ca (ppm.)	3,491
แมกนีเซียมทั้งหมด Total-Mg (ppm.)	1,463
คาร์บอน C (%)	44.55
pH (1:1 H_2O)	6.2

3. ผลการศึกษาการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน (การทดลองที่ 1)

3.1 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดิน

การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดินแสดงในตาราง 15 และตารางภาคผนวก 1 และ 2 จากการทดลอง พบว่า การใส่ฟางข้าวในทุกตำรับการทดลองจะเป็นการช่วยเพิ่มค่า pH ของดิน และเมื่อมีการใส่ฟางข้าวในอัตราที่เพิ่มมากขึ้น ค่า pH ของดินก็จะสูงมากขึ้น โดยเฉพาะในช่วง 3 เดือนแรก หลังจากนั้นค่า pH ของดินจะไม่เพิ่มขึ้นอีก หรือมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย การใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยคอกไม่ส่งผลให้ค่า pH แตกต่างทางสถิติกับการใส่ฟางข้าวอย่างเดียว แต่มีผลทำให้ค่า pH สูงกว่าการใส่ฟางข้าวอย่างเดียวเล็กน้อย การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับฟางข้าวไม่ส่งผลให้ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้น ส่วนการใส่ผงหินฟอสเฟตมีผลค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

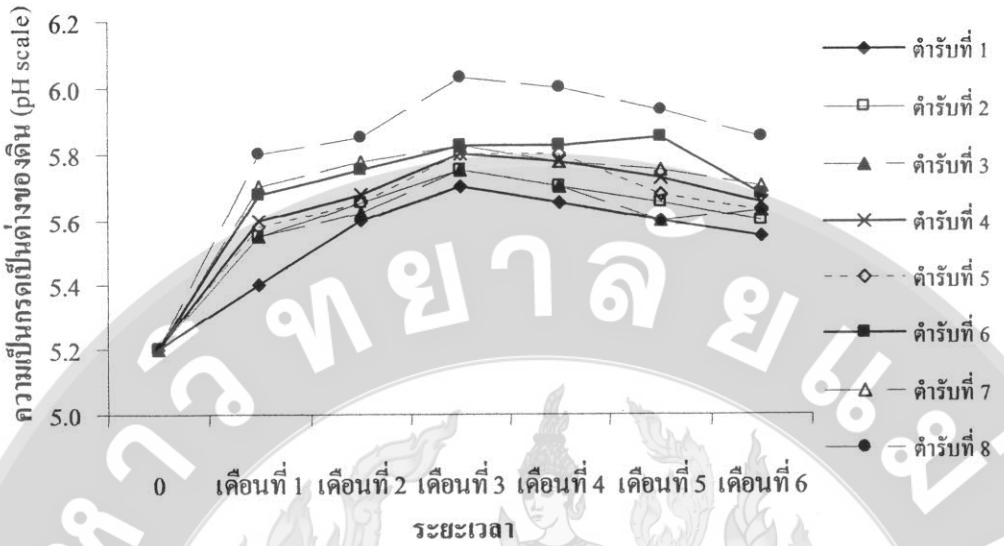
การเพิ่มขึ้นของ pH ในชุดดินหางดงซึ่งมีสภาพเป็นกรด เมื่อใส่ฟางข้าว เนื่องจากตอซังและฟางข้าวเป็นสารอินทรีย์ เมื่อเกิดการย่อยจะส่งเสริมให้สภาพรีดักชั่น (reduction) ของดินเพิ่มมากขึ้น ก่อให้เกิดการสะสมของสารละลายที่เป็นด่าง (reduction product) ที่มีปฏิกิริยาเป็นเบสในดินมากขึ้น สารละลายดังกล่าวจะไปทำกริยากับ H^+ ในดิน ส่งผลให้ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้น (จงรักษ์ และคณะ, 2544) ดังนั้นการใส่ฟางข้าวในอัตราที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้ pH ของดินสูงขึ้น สำหรับการใส่ปุ๋ยคอกร่วมด้วยมีผลให้ค่า pH สูงกว่าการใส่ฟางข้าวอย่างเดียวเล็กน้อยนั้น เนื่องมาจากปุ๋ย

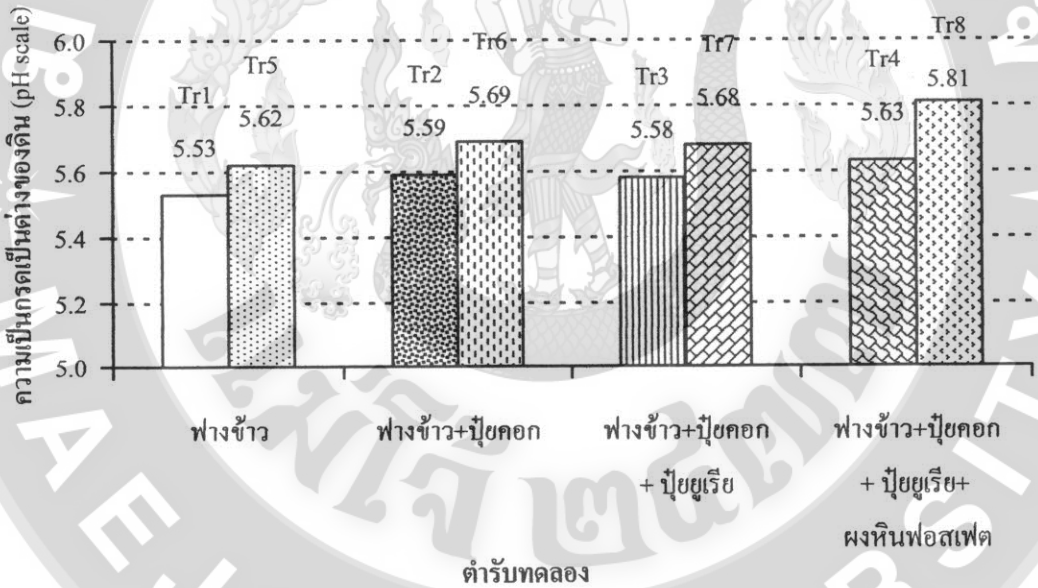
คอกเป็นสารอินทรีย์เช่นกัน รวมทั้งการใส่ปุ๋ยคอกซึ่งเป็นแหล่งของจุลินทรีย์จึงช่วยส่งเสริมกิจกรรมการย่อยสลายมากขึ้นด้วย ส่วนสาเหตุของการใส่สารเคมีร่วมกับฟางข้าวไม่ได้ส่งผลให้ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้น อาจจะเนื่องมาจากปุ๋ยยูเรียมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อยถึงปานกลาง เมื่อใส่ลงไปในดินจะแปรสภาพเป็นกรด ส่งผลให้ค่า pH ของดินไม่เพิ่มขึ้น หากมีการใส่ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่มากขึ้นอาจจะส่งผลให้ค่า pH ของดินลดลง สำหรับการใส่ผงหินฟอสเฟตร่วมกับฟางข้าว พบว่า มีผลทำให้ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เนื่องจากผงหินฟอสเฟตมีสภาพเป็นด่าง และค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารหลัก และรองที่เป็นธาตุด่างให้แก่ดินมากขึ้นทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

ตาราง 15 เปรียบเทียบค่า pH ของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

ตำรับทดลอง	ระยะเวลา (เดือน)							ค่าเฉลี่ย
	0	1	2	3	4	5	6	
ตำรับที่ 1	5.20	5.40	5.60	5.70	5.65	5.60	5.55	5.53[B]
ตำรับที่ 2	5.20	5.55	5.65	5.75	5.70	5.65	5.60	5.59[AB]
ตำรับที่ 3	5.20	5.55	5.62	5.75	5.70	5.60	5.63	5.58[AB]
ตำรับที่ 4	5.20	5.60	5.68	5.80	5.78	5.73	5.65	5.63[AB]
ตำรับที่ 5	5.20	5.58	5.65	5.80	5.80	5.68	5.63	5.62[AB]
ตำรับที่ 6	5.20	5.68	5.75	5.83	5.83	5.85	5.68	5.69[AB]
ตำรับที่ 7	5.20	5.70	5.78	5.83	5.78	5.75	5.70	5.68[AB]
ตำรับที่ 8	5.20	5.80	5.85	6.03	6.00	5.93	5.85	5.81[A]

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์





□	ตำรับที่ 1	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม
▒	ตำรับที่ 2	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม
▥	ตำรับที่ 3	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.032 กรัม
▨	ตำรับที่ 4	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.032 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.032 กรัม
▒	ตำรับที่ 5	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม
▒	ตำรับที่ 6	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม
▨	ตำรับที่ 7	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.064 กรัม
▒	ตำรับที่ 8	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.064 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.064 กรัม

ภาพ 7 เปรียบเทียบค่า pH ของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

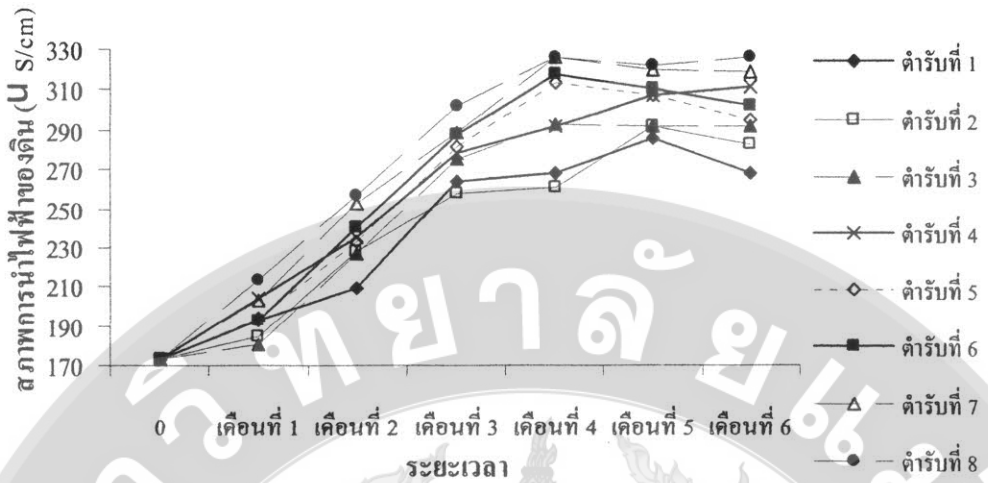
3.2 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของดิน

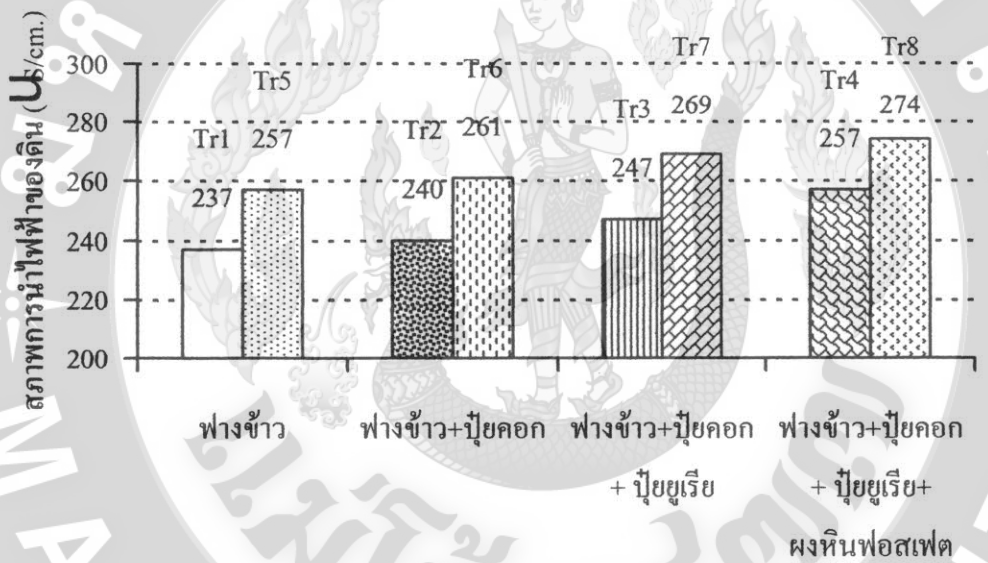
การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของดิน แสดงในตาราง 16 และตารางภาคผนวก 3 และ 4 การใส่ตอซังและฟางข้าวในดิน ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ตำรับ เมื่อมีการใส่ฟางข้าวในอัตราที่มากขึ้นค่าการนำไฟฟ้าของดินก็มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย สำหรับการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี หรือผงหินฟอสเฟต ไม่มีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเพิ่มขึ้นของค่าการนำไฟฟ้า โดยเฉพาะในช่วง 4 เดือนแรก เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของไอออนต่าง ๆ ในสารละลายดิน เมื่อฟางข้าวมีการสลายตัวอย่างช้า ๆ จะค่อย ๆ ปลดปล่อยสารอินทรีย์ ซึ่งมีส่วนประกอบของไนโตรเจนและคาร์บอนซึ่งเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ดิน เป็นการช่วยเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินในการก่อให้เกิดสภาพรีดักชั่นในดินมากขึ้น และเปลี่ยนสารอินทรีย์ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ให้มาอยู่ในรูปของไอออนในสารละลายดินที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น (De Datta, 1981) สอดคล้องกับ สมฤทัย (2545) พบว่า การใส่ฟางข้าวมีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด เมื่อมีการใส่ฟางข้าวในอัตราที่สูงขึ้น ค่าการนำไฟฟ้าของดินจะเพิ่มขึ้น

ตาราง 16 เปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

ตำรับทดลอง	ระยะเวลา (เดือน)							เฉลี่ย
	0	1	2	3	4	5	6	
ตำรับที่ 1	173	193	209	264	268	286	268	237[A]
ตำรับที่ 2	173	184	228	258	261	292	283	240[A]
ตำรับที่ 3	173	181	227	275	293	292	292	247[A]
ตำรับที่ 4	173	204	235	278	292	307	311	257[A]
ตำรับที่ 5	173	194	233	282	313	307	295	257[A]
ตำรับที่ 6	173	193	240	288	318	310	302	261[A]
ตำรับที่ 7	173	203	253	289	326	320	319	269[A]
ตำรับที่ 8	173	213	257	302	326	322	326	274[A]

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์





□	ตำรับที่ 1	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม
▒	ตำรับที่ 2	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม
▥	ตำรับที่ 3	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.032 กรัม
▨	ตำรับที่ 4	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.032 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.032 กรัม
⠿	ตำรับที่ 5	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม
⠿	ตำรับที่ 6	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม
▨	ตำรับที่ 7	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.064 กรัม
▨	ตำรับที่ 8	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.064 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.064 กรัม

ภาพ 8 เปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าของดินของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

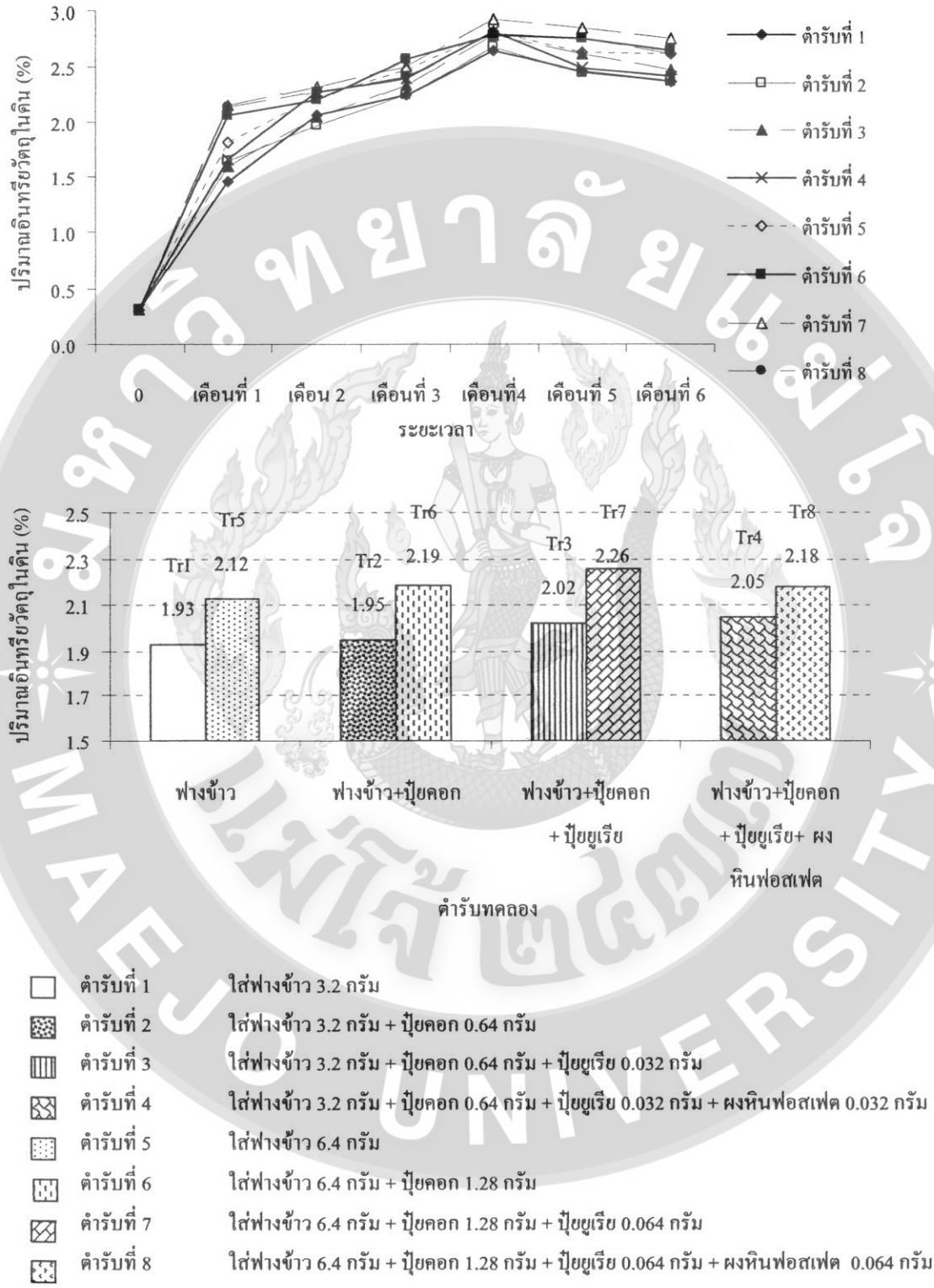
3.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

การวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดินแสดงในตาราง 17 และตารางภาคผนวก 5 และ 6 ผลการวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุทั้ง 8 ตำรับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลง พบว่า การใส่ฟางข้าวลงไปในดินมีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะการใส่ฟางข้าวเพิ่มจาก 16 กรัม เป็น 32 กรัม ในทุกตำรับมีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น เนื่องจากฟางข้าวเป็นแหล่งของอินทรียวัตถุในดิน ปริมาณอินทรียวัตถุในดินจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง เมื่อพิจารณาตามระยะเวลา (ภาพ 9) พบว่า เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นทำให้การย่อยสลายอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในช่วง 4 เดือนแรกปริมาณอินทรียวัตถุในดินจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง โดยทุกตำรับทดลองมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงสุดเหมือนกันที่ 4 เดือน หลังจาก 4 เดือนแรกมีแนวโน้มที่จะลดลงเล็กน้อย เนื่องจากฟางข้าวเกิดการสลายตัวหมดสิ้นแล้ว และในช่วง 4 เดือนแรกปริมาณอินทรียวัตถุเป็นชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่ในรูปของฮิวมัสหรืออนุภาค (particle) ขนาดใหญ่ที่ยังสามารถสลายตัวได้อีก แต่เมื่อฟางข้าวเกิดการสลายตัวหมดสิ้นแล้ว และหากไม่มีการเติมแหล่งอินทรียวัตถุลงในดินเพิ่มอีก จุลินทรีย์ดินก็จะทำการย่อยสลายในส่วนของ อินทรียวัตถุที่มีอนุภาค (particle) ขนาดใหญ่ หรือ ฮิวมัสในดินต่อไปเรื่อย ๆ จนถึงจุดที่อินทรียวัตถุมีความเสถียรไม่สามารถทำการย่อยสลายได้อีก

ตาราง 17 เปรียบเทียบอินทรียวัตถุของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

ตำรับทดลอง	ระยะเวลา (เดือน)							เฉลี่ย
	0	1	2	3	4	5	6	
ตำรับที่ 1	0.31	1.46	2.06	2.24	2.64	2.46	2.37	1.93^{A}
ตำรับที่ 2	0.31	1.64	1.97	2.24	2.68	2.44	2.37	1.95^{A}
ตำรับที่ 3	0.31	1.59	2.04	2.33	2.78	2.62	2.48	2.02^{A}
ตำรับที่ 4	0.31	1.66	2.27	2.39	2.81	2.49	2.41	2.05^{A}
ตำรับที่ 5	0.31	1.81	2.23	2.47	2.81	2.63	2.61	2.12^{A}
ตำรับที่ 6	0.31	2.05	2.19	2.57	2.79	2.76	2.64	2.19^{A}
ตำรับที่ 7	0.31	2.15	2.32	2.5	2.92	2.84	2.76	2.26^{A}
ตำรับที่ 8	0.31	2.13	2.27	2.41	2.80	2.75	2.61	2.18^{A}

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 9 เปรียบเทียบอินทรียวัตถุในดินของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

3.4 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน

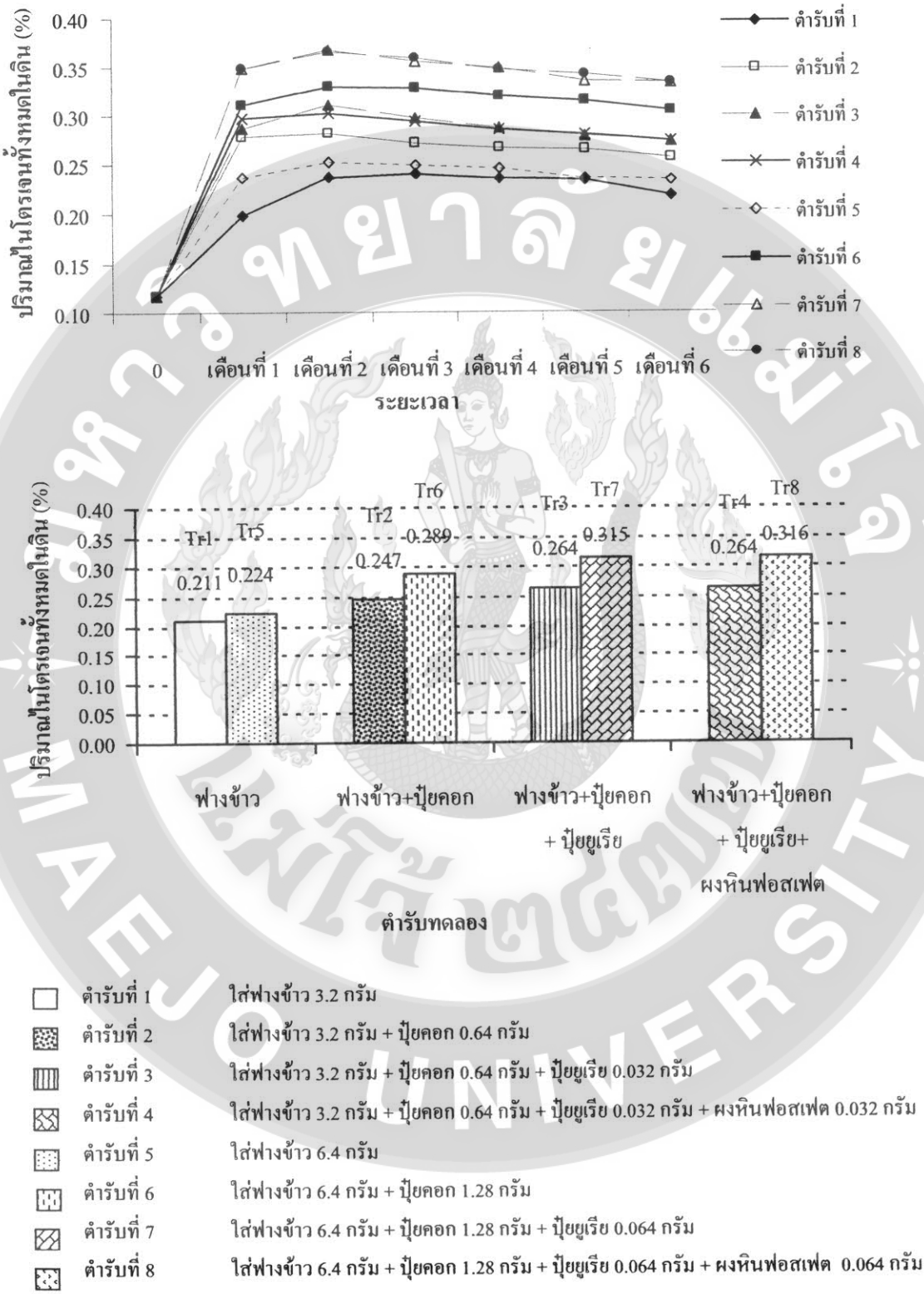
การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน แสดงในตาราง 18 และตารางภาคผนวก 7 และ 8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน พบว่า การใส่ฟางข้าว 16 กรัม (ตำรับ 1) กับ การใส่ฟางข้าว 32 กรัม (ตำรับ 5) ไม่มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดแตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยยูเรียเพิ่มในตำรับ 7 และ 8 มีผลให้ทั้ง 2 ตำรับนี้มีความแตกต่างทางสถิติกับการใส่ฟางข้าว 16 และ 32 กรัม (ตำรับ 1 และ 5) ส่วนตำรับทดลองอื่นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลง พบว่า ในช่วง 2 เดือนแรก ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเพิ่มขึ้นในทุกตัวอย่างทดลอง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณอินทรียวัตถุในดิน แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไป อาจเกิดการสูญเสียไนโตรเจนบางส่วนจากการระเหยไปโดยกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์ ความแตกต่างของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินแต่ละตัวอย่างทดลองขึ้นอยู่กับปริมาณของฟางข้าว การใส่ปุ๋ยคอก ปริมาณของปุ๋ยเคมีสำหรับตัวอย่างดินทดลองที่มีการใส่ผงหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมีพบว่าไม่มีผลทำให้ปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นหรือลดลง ในช่วง 2 เดือนแรก ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินจะเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มค่อย ๆ ลดลง คล้ายกับปริมาณอินทรียวัตถุ โดยปกติหากมีการใส่แหล่งอินทรียวัตถุลงในดินโดยเฉพาะฟางข้าว ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดิน (available N, NH_4^+ - N) จะลดลงในช่วงแรกของการย่อยฟางข้าว เนื่องจากฟางข้าวเป็นสารอินทรีย์ที่มี C:N ratio กว้าง กระบวนการย่อยสลายฟางข้าวของจุลินทรีย์ดินมีความจำเป็นที่จะต้องดึงเอาไนโตรเจนที่มีอยู่ในดินไปใช้เป็นพลังงานในการทำกิจกรรม ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในดินลดลง ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่า immobilization (Broadbent, 1979) แต่เมื่อกระบวนการสลายตัวของฟางข้าวสิ้นสุดปริมาณของไนโตรเจนในดินก็จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น

ตาราง 18 เปรียบเทียบไนโตรเจนทั้งหมดในดินของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

ตำรับทดลอง	ระยะเวลา (เดือน)							เฉลี่ย
	0	1	2	3	4	5	6	
ตำรับที่ 1	0.117	0.199	0.237	0.24	0.235	0.232	0.217	0.211^{B}
ตำรับที่ 2	0.117	0.277	0.281	0.27	0.266	0.263	0.256	0.247^{AB}
ตำรับที่ 3	0.117	0.287	0.311	0.296	0.287	0.278	0.273	0.264^{AB}
ตำรับที่ 4	0.117	0.296	0.302	0.293	0.284	0.28	0.273	0.264^{AB}
ตำรับที่ 5	0.117	0.237	0.252	0.249	0.244	0.234	0.232	0.224^{B}
ตำรับที่ 6	0.117	0.311	0.33	0.327	0.319	0.313	0.304	0.289^{AB}
ตำรับที่ 7	0.117	0.348	0.368	0.356	0.348	0.335	0.333	0.315^{A}
ตำรับที่ 8	0.117	0.349	0.365	0.358	0.346	0.342	0.332	0.316^{A}

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติโดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 10 เปรียบเทียบไนโตรเจนทั้งหมดในดินของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

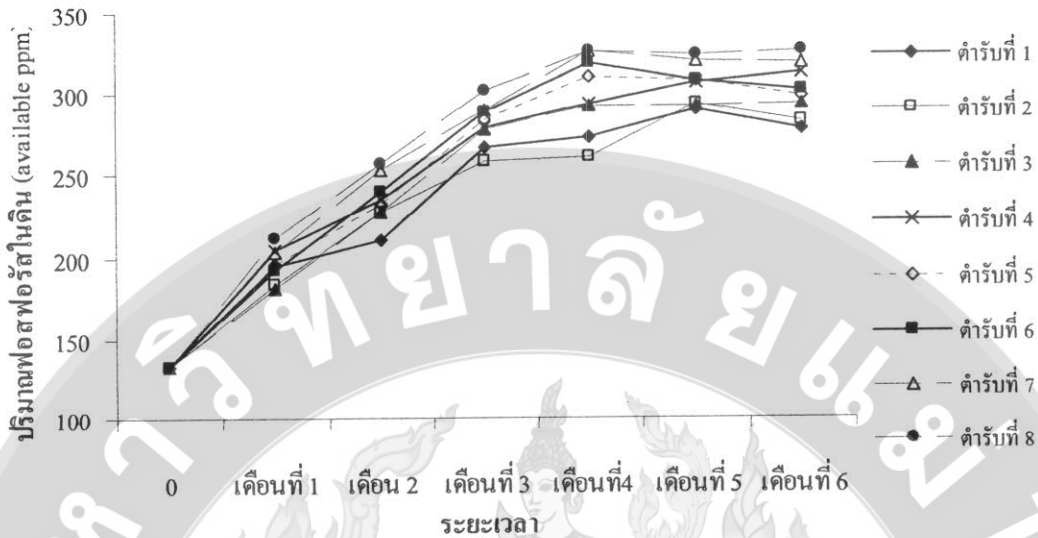
3.5 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

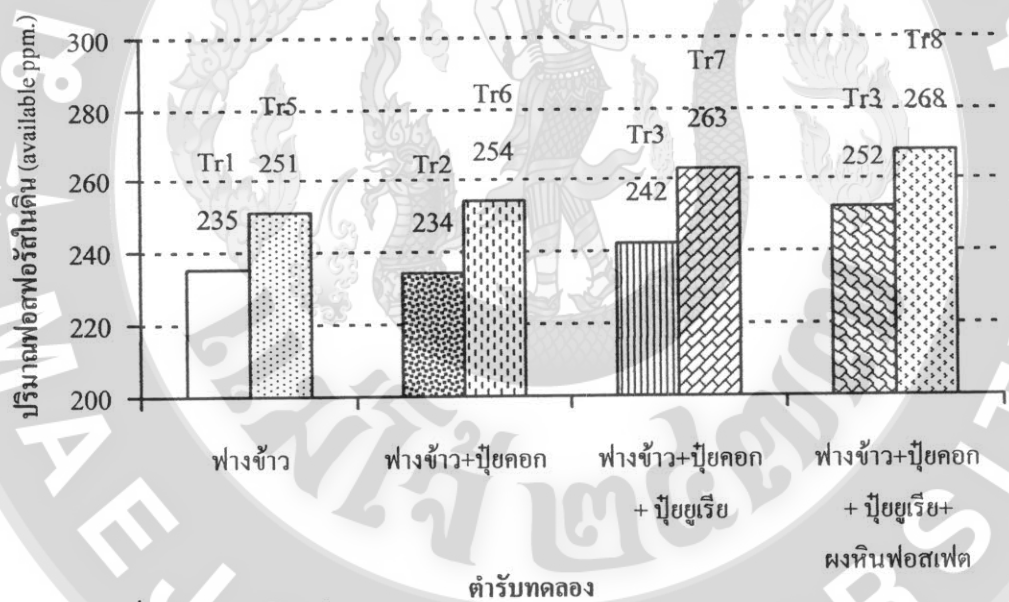
ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน แสดงในตาราง 19 และตารางภาคผนวก 9 และ 10 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน พบว่า การใส่ฟางข้าวลงไปในดินมีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ตัวอย่างทดลอง โดยเฉพาะในช่วง 4 เดือนแรก เนื่องจากตอซังและฟางข้าวจะประกอบด้วยฟอสฟอรัส เมื่อมีการย่อยสลายจึงปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมา (พัชรี และคณะ, 2544) และปริมาณอินทรียวัตถุที่เพิ่มขึ้นอาจช่วยลดปริมาณการตรึงฟอสฟอรัสในดินได้ด้วย สำหรับในตำรับทดลองที่ 4 และ 8 ที่มีการใส่ผงหินฟอสเฟตเพิ่มในตำรับทดลองไม่ได้ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นกว่าตัวอย่างดินทดลองอื่นๆ ที่ไม่ได้ใส่อย่างเด่นชัดนัก ภายหลังจาก 4 เดือนแรก ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีแนวโน้มที่จะลดลงเล็กน้อยโดยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 19 เปรียบเทียบฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

ตำรับทดลอง	ระยะเวลา (เดือน)							เฉลี่ย
	0	1	2	3	4	5	6	
ตำรับที่ 1	133	195	211	266	272	289	277	235^{A}
ตำรับที่ 2	133	184	228	258	260	293	282	234^{A}
ตำรับที่ 3	133	181	227	277	292	292	293	242^{A}
ตำรับที่ 4	133	204	235	279	293	306	312	252^{A}
ตำรับที่ 5	133	196	232	283	310	307	298	251^{A}
ตำรับที่ 6	133	192	240	288	318	308	302	254^{A}
ตำรับที่ 7	133	203	253	289	326	320	318	263^{A}
ตำรับที่ 8	133	212	257	302	326	323	326	268^{A}

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติโดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์





ตำรับที่ 1	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม
ตำรับที่ 2	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม
ตำรับที่ 3	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.032 กรัม
ตำรับที่ 4	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.032 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.032 กรัม
ตำรับที่ 5	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม
ตำรับที่ 6	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม
ตำรับที่ 7	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.064 กรัม
ตำรับที่ 8	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.064 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.064 กรัม

ภาพ 11 เปรียบเทียบฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

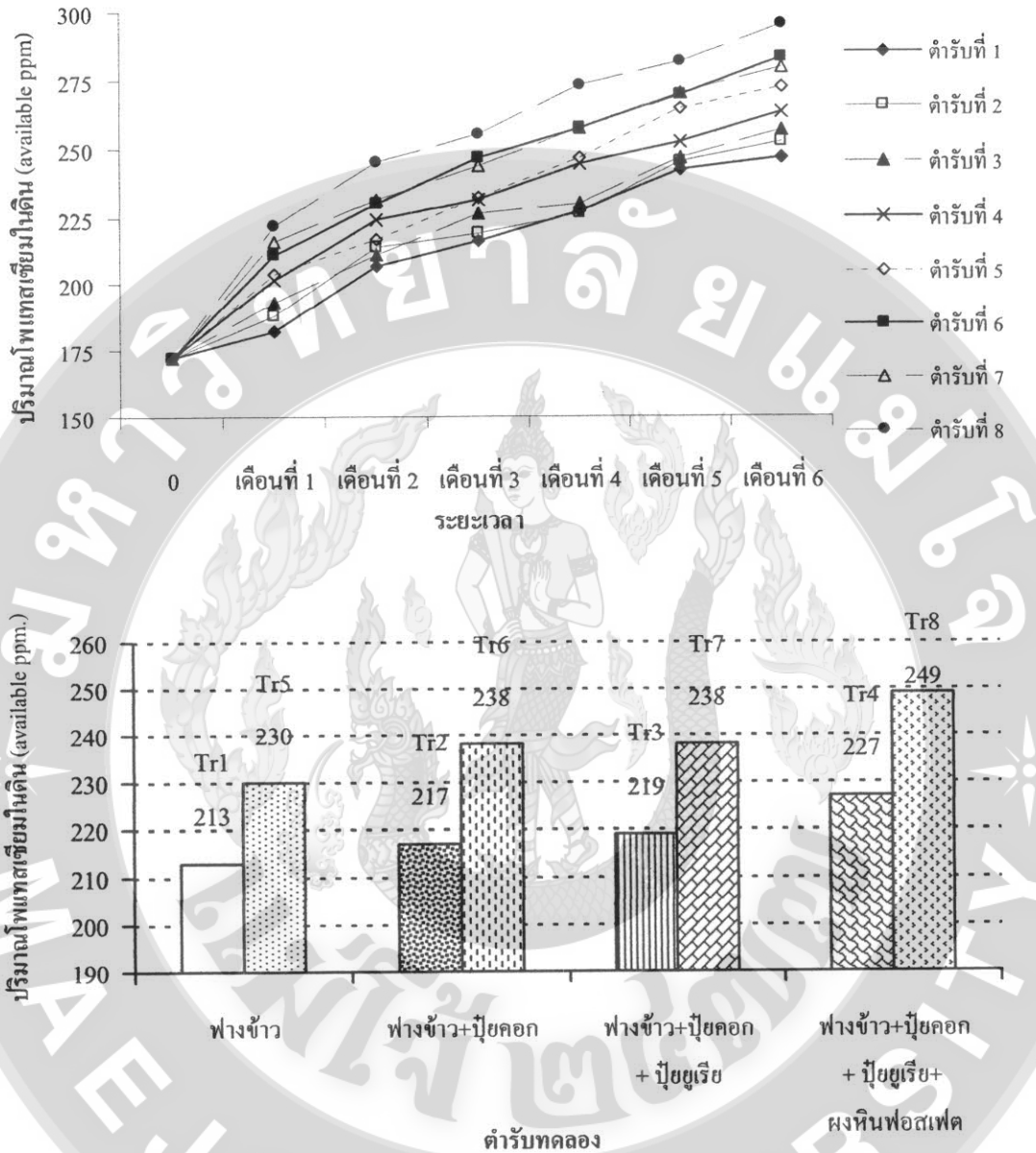
3.6 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแสดงในตาราง 20 และตารางภาคผนวก 11 และ 12 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในตัวอย่างดินทดลอง พบว่า ตัวอย่างดินก่อนการทดลองมีค่า ปริมาณโพแทสเซียมในดินที่แลกเปลี่ยนในดินมีค่าประมาณ 172 ppm. เมื่อมีการใส่ฟางข้าวในตัวอย่างทดลองร่วมกับการใส่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี และผงหินฟอสเฟต พบว่าปริมาณโพแทสเซียมในดินมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงเวลาของการทดลอง 6 เดือน เนื่องจากผลการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่สะสมอยู่ในฟางข้าวที่นำมาทดลองพบว่ามีสูงถึง 52,000 ppm. เมื่อฟางข้าวเกิดการย่อยสลาย ก็จะค่อย ๆ ปลดปล่อยโพแทสเซียมที่สะสมออกมา ซึ่งส่งผลให้ปริมาณของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้น ในทุกตำรับทดลอง สอดคล้องกับ สมฤทัย (2545) ได้ศึกษาอิทธิพลของการใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดิน พบว่า เมื่อมีการใส่ฟางข้าวจะช่วยเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงขึ้น และการใส่ฟางข้าวในอัตราที่สูงขึ้นมีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมในดินเพิ่มมากขึ้น ซึ่งให้ผลการทดลองสอดคล้องกันไม่ว่าจะมีการใส่ฟางข้าวอย่างเดียวหรือใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี

ตาราง 20 เปรียบเทียบโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

ตำรับทดลอง	ระยะเวลา (เดือน)							เฉลี่ย
	0	1	2	3	4	5	6	
ตำรับที่ 1	172	182	207	216	227	242	246	213 A
ตำรับที่ 2	172	188	214	219	226	245	252	217 A
ตำรับที่ 3	172	193	211	226	230	246	256	219 A
ตำรับที่ 4	172	202	224	231	244	252	263	227 A
ตำรับที่ 5	172	204	217	232	246	264	272	230 A
ตำรับที่ 6	172	211	230	246	257	269	283	238 A
ตำรับที่ 7	172	216	231	243	257	270	279	238 A
ตำรับที่ 8	172	222	245	255	273	281	295	249 A

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติโดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



□	ตำรับที่ 1	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม
▒	ตำรับที่ 2	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม
▥	ตำรับที่ 3	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.032 กรัม
▨	ตำรับที่ 4	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.032 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.032 กรัม
▒	ตำรับที่ 5	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม
▒	ตำรับที่ 6	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม
▨	ตำรับที่ 7	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.064 กรัม
▒	ตำรับที่ 8	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.064 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.064 กรัม

ภาพ 12 เปรียบเทียบโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

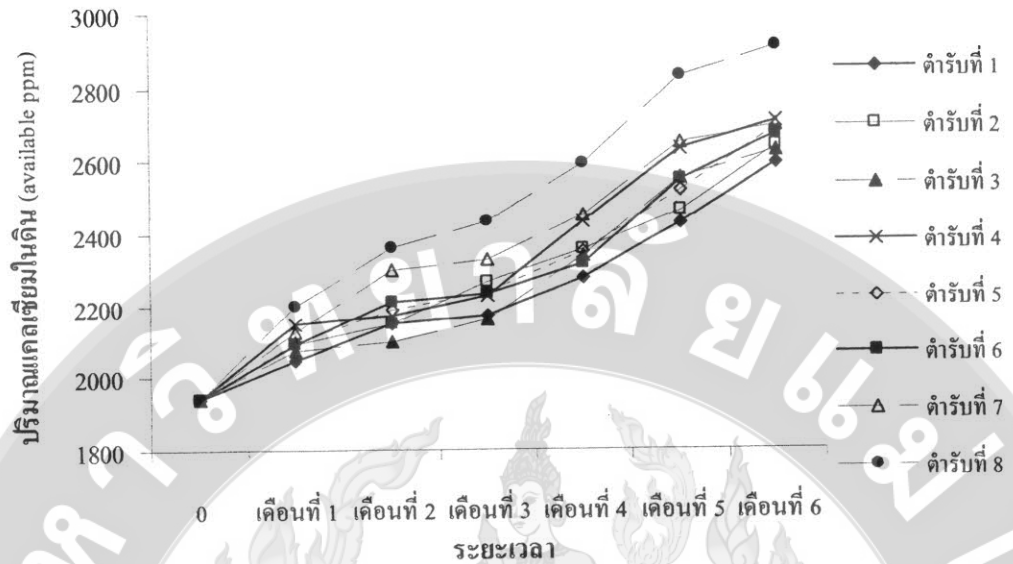
3.7 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

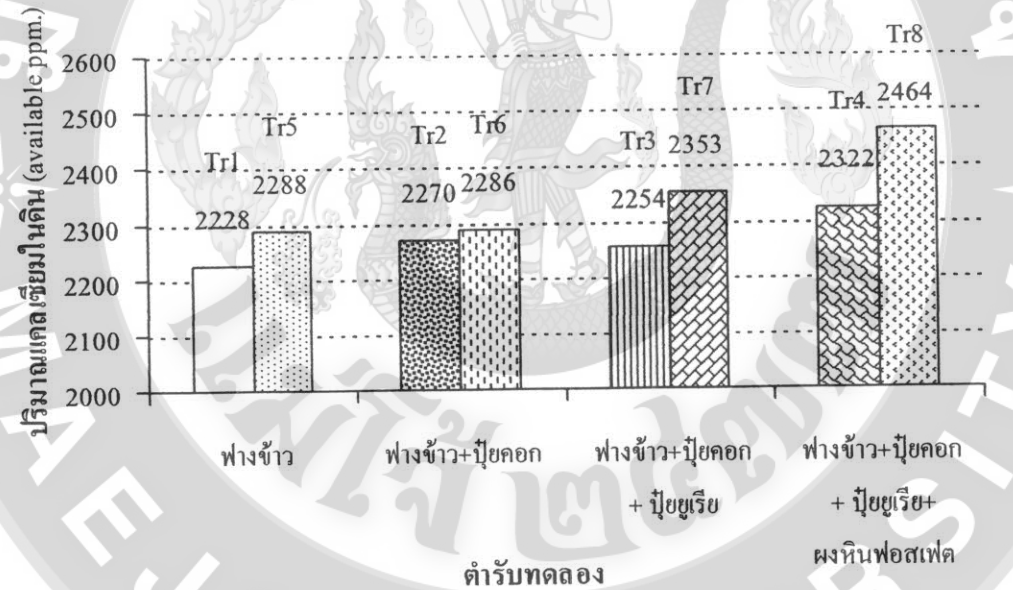
ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน แสดงในตาราง 21 และตารางภาคผนวก 13 และ 14 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในดินทดลอง เมื่อมีการใส่ฟางข้าวในตัวอย่างทดลองร่วมกับการใส่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี และผงหินฟอสเฟต พบว่า ปริมาณแคลเซียมในดินมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงเวลาของการทดลอง 6 เดือนอย่างชัดเจน โดยการใส่ฟางข้าว 16 กรัม (ตำรับ 1) มีผลทำให้ปริมาณแคลเซียมในดินเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด คือ มีค่าเฉลี่ย 6 เดือน เท่ากับ 2228 ppm. ส่วนการใส่ฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับ ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม และผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม (ตำรับ 8) มีผลทำให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ มีค่าเฉลี่ย 6 เดือน เท่ากับ 2464 ppm. อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของการใส่ฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ พบว่า การใส่ฟางข้าวอย่างเดียว การใส่ฟางข้าวผสมปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี และผงหินฟอสเฟตในแต่ละตำรับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นของปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน แสดงว่าการใส่ฟางข้าวและการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ จะทำให้ปริมาณแคลเซียมในดินเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาที่ฟางข้าวถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ทั้งนี้เนื่องจากฟางข้าวถูกย่อยสลายได้ง่ายทำให้ปลดปล่อยธาตุ cation ต่าง ๆ รวมทั้ง Ca^{2+} ได้ดี ส่วนตำรับที่ 4 และ 8 ซึ่งมีการใส่ผงหินฟอสเฟต ปริมาณแคลเซียมในดินมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างสูงกว่าตำรับทดลองอื่น ๆ อาจจะเนื่องจากแคลเซียมที่เป็นองค์ประกอบในผงหินฟอสเฟต

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินของการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

ตำรับทดลอง	ระยะเวลา (เดือน)							เฉลี่ย
	0	1	2	3	4	5	6	
ตำรับที่ 1	1940	2044	2148	2172	2276	2428	2588	2228 A
ตำรับที่ 2	1940	2090	2148	2263	2354	2462	2636	2270 A
ตำรับที่ 3	1940	2072	2096	2159	2338	2552	2623	2254 A
ตำรับที่ 4	1940	2148	2170	2227	2435	2633	2705	2322 A
ตำรับที่ 5	1940	2097	2188	2237	2349	2518	2688	2288 A
ตำรับที่ 6	1940	2094	2209	2230	2317	2545	2669	2286 A
ตำรับที่ 7	1940	2123	2300	2325	2448	2648	2690	2353 A
ตำรับที่ 8	1940	2196	2362	2433	2588	2825	2904	2464 A

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์





□	ตำรับที่ 1	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม
▒	ตำรับที่ 2	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม
▥	ตำรับที่ 3	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.032 กรัม
▨	ตำรับที่ 4	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.032 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.032 กรัม
⁘	ตำรับที่ 5	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม
▩	ตำรับที่ 6	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม
▨	ตำรับที่ 7	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.064 กรัม
⁘	ตำรับที่ 8	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.064 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.064 กรัม

ภาพ 13 เปรียบเทียบแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

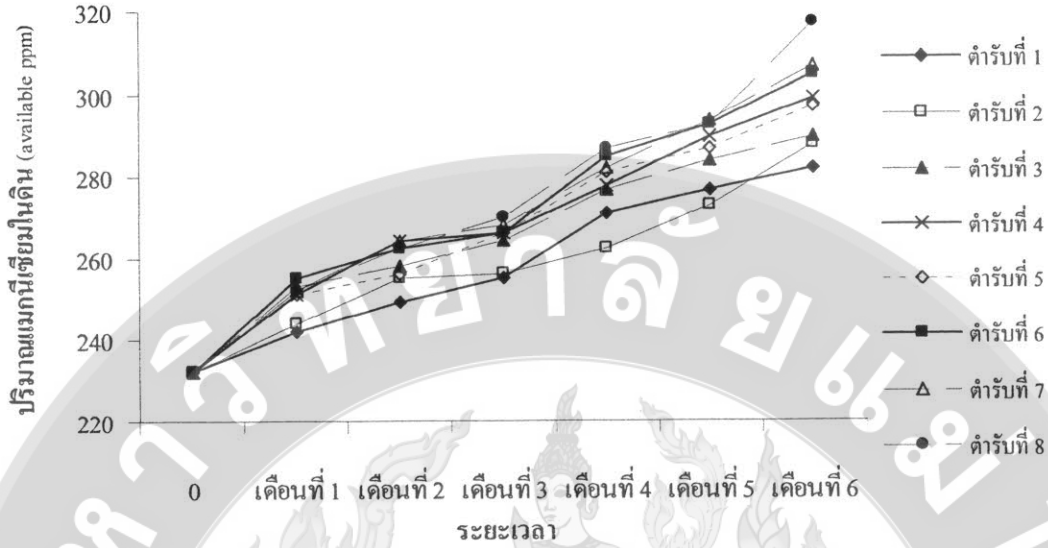
3.8 ผลการวิเคราะห์และการเปลี่ยนแปลงปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

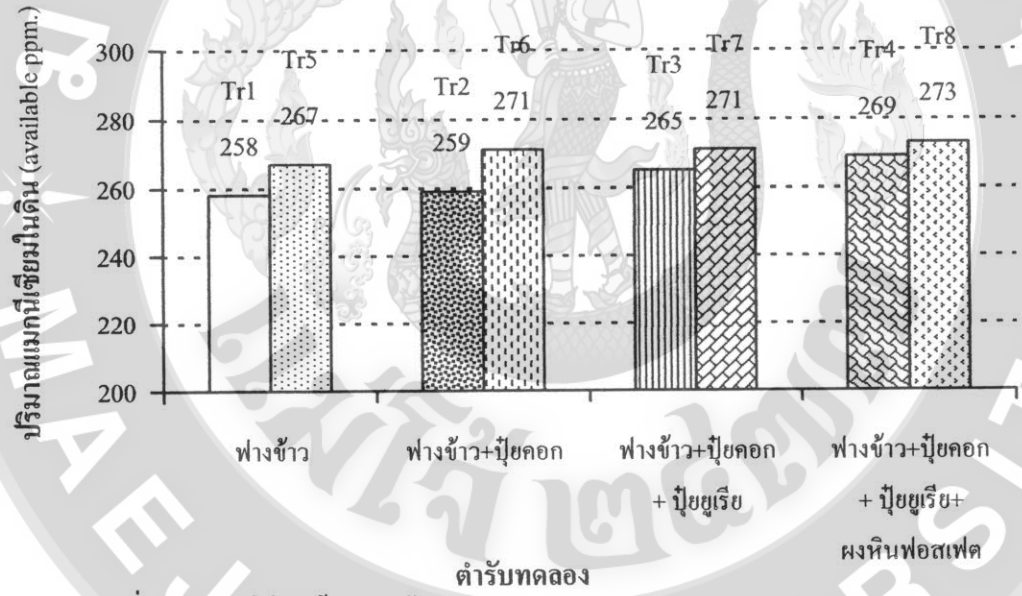
ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแสดงในตาราง 22 และตารางภาคผนวก 15 และ 16 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน พบว่า การใส่ฟางข้าวร่วมกับการจัดการแบบต่าง ๆ ทั้ง 8 ตำรับทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในทุกตำรับทดลองตลอดระยะเวลาทดลอง 6 เดือน และมีค่าสูงสุดที่ระยะเวลาทดลอง 6 เดือนทุกตำรับทดลอง โดยการใส่ฟางข้าว 16 กรัม (ตำรับ 1) มีแนวโน้มของปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 6 เดือน น้อยที่สุด คือ 258 ppm. ขณะที่การใส่ฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับ ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม และผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม (ตำรับ 8) มีผลทำให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ มีค่าเฉลี่ย 6 เดือน เท่ากับ 273 ppm.

ตาราง 22 เปรียบเทียบแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

ตำรับทดลอง	ระยะเวลา							เฉลี่ย
	0	1	2	3	4	5	6	
ตำรับที่ 1	232	242	249	255	271	277	282	258 A
ตำรับที่ 2	232	244	255	256	262	273	288	259 A
ตำรับที่ 3	232	253	258	264	277	284	290	265 A
ตำรับที่ 4	232	251	264	266	278	290	299	269 A
ตำรับที่ 5	232	251	256	266	281	287	297	267 A
ตำรับที่ 6	232	255	262	266	285	293	305	271 A
ตำรับที่ 7	232	252	264	268	282	294	307	271 A
ตำรับที่ 8	232	252	262	270	287	293	317	273 A

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์





□	ตำรับที่ 1	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม
▒	ตำรับที่ 2	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม
▥	ตำรับที่ 3	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.032 กรัม
▨	ตำรับที่ 4	ใส่ฟางข้าว 3.2 กรัม + ปุ๋ยคอก 0.64 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.032 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.032 กรัม
⊡	ตำรับที่ 5	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม
⊞	ตำรับที่ 6	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม
⊠	ตำรับที่ 7	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.064 กรัม
⊟	ตำรับที่ 8	ใส่ฟางข้าว 6.4 กรัม + ปุ๋ยคอก 1.28 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.064 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.064 กรัม

ภาพ 14 เปรียบเทียบแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

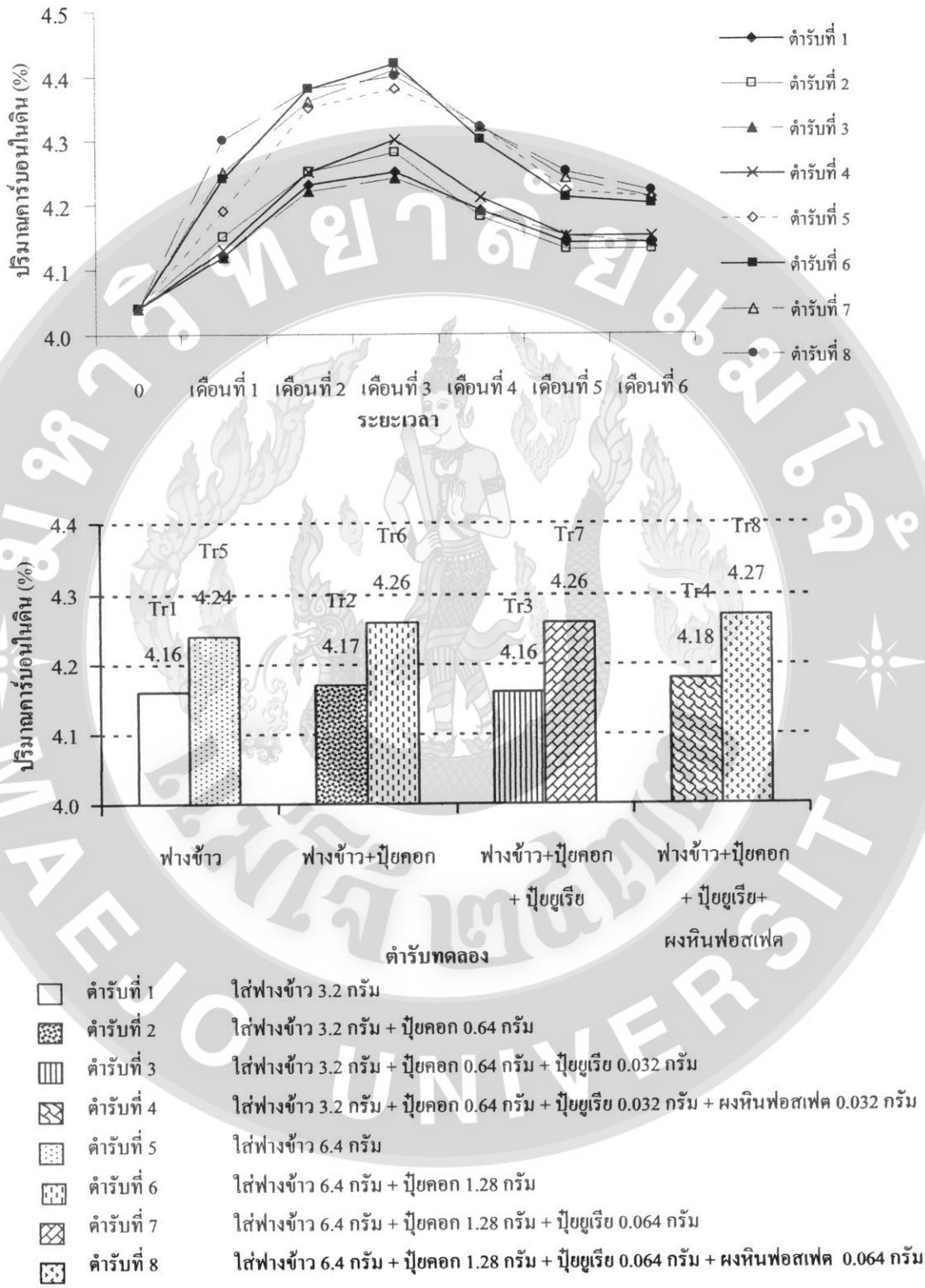
3.9 ผลการวิเคราะห์และการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในดิน

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในดินแสดงในตาราง 23 และตารางภาคผนวก 17 และ 18 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในดิน พบว่า การใส่ฟางข้าวร่วมกับการจัดการในแบบต่าง ๆ ทั้ง 8 ตำรับทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเฉลี่ย 6 เดือนอยู่ในช่วง 4.16 – 4.27 เปอร์เซ็นต์ โดยตำรับซึ่งมีการใส่ฟางข้าว 16 กรัม ได้แก่ ตำรับทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยตลอด 6 เดือน เท่ากับ 4.16, 4.17, 4.16 และ 4.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนตำรับทดลองซึ่งมีการใส่ฟางข้าว 35 กรัม ได้แก่ตำรับทดลองที่ 5, 6, 7 และ 8 มีค่าเฉลี่ยตลอด 6 เดือน เท่ากับ 4.24, 4.26, 4.26 และ 4.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณคาร์บอนในดินจะเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงเดือนที่ 2 และ 3 และจะค่อย ๆ ลดลงในทุก ๆ ตำรับทดลอง เมื่อพิจารณาแนวโน้มตลอดระยะเวลา 6 เดือน พบว่า การใส่ฟางข้าวในอัตราที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณ คาร์บอนในดินเพิ่มมากขึ้น ผลการทดลองสอดคล้องกันไม่ว่าจะมีการใส่ฟางข้าวอย่างเดียว หรือใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี และผงหินฟอสเฟต

ตาราง 23 เปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนในดินของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

ตำรับทดลอง	ระยะเวลา (เดือน)							เฉลี่ย
	0	1	2	3	4	5	6	
ตำรับที่ 1	4.04	4.12	4.23	4.25	4.19	4.14	4.14	4.16 A
ตำรับที่ 2	4.04	4.15	4.25	4.28	4.18	4.13	4.13	4.17 A
ตำรับที่ 3	4.04	4.12	4.22	4.24	4.19	4.15	4.14	4.16 A
ตำรับที่ 4	4.04	4.13	4.25	4.30	4.21	4.15	4.15	4.18 A
ตำรับที่ 5	4.04	4.19	4.35	4.38	4.32	4.22	4.21	4.24 A
ตำรับที่ 6	4.04	4.24	4.38	4.42	4.30	4.21	4.20	4.26 A
ตำรับที่ 7	4.04	4.25	4.36	4.41	4.32	4.24	4.21	4.26 A
ตำรับที่ 8	4.04	4.30	4.38	4.40	4.32	4.25	4.22	4.27 A

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 15 เปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนในดินของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

4. ผลการศึกษาการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (การทดลองที่ 2)

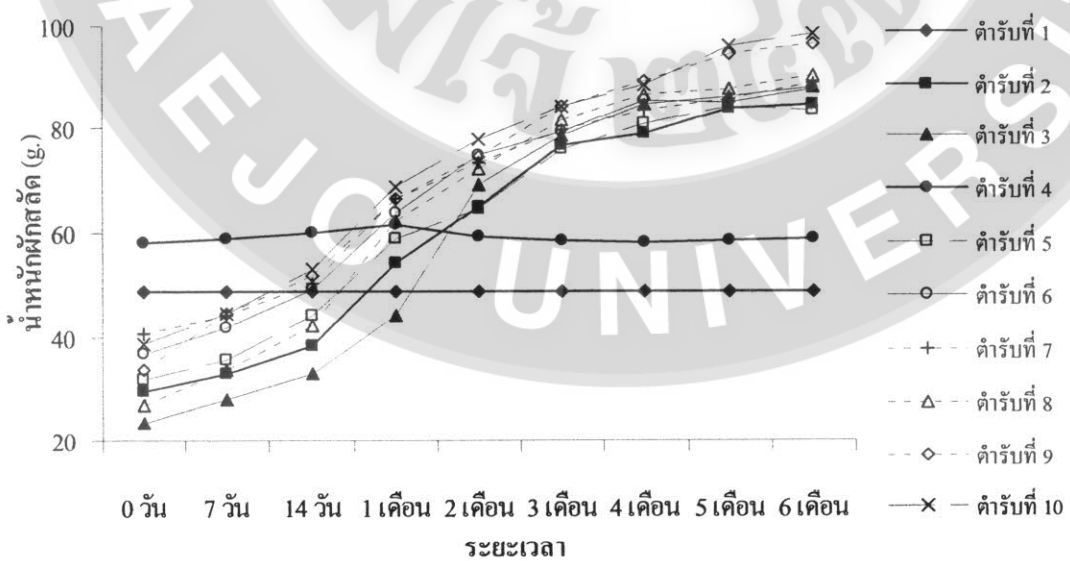
ผลการศึกษาน้ำหนักผักสลัดจากการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ แสดงในตาราง 24 และตารางภาคผนวก 19 และ 20 ผลการศึกษาน้ำหนักผักสลัดจากการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ โดยเฉลี่ยตลอด 6 เดือน พบว่า การเพิ่มปริมาณฟางข้าวและการจัดการฟางข้าวในรูปแบบต่าง ๆ กันให้ผลผลิตผักสลัดที่มีน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นดินที่ไม่มีการคลุกผสมกับตำรับทดลองที่ 10 คือ ดินที่คลุกผสมฟางข้าว 32 กรัมร่วม กับ ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม และผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม มีน้ำหนักโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดและมากที่สุด คือ 48.73 และ 73.19 ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยการแบ่งกลุ่มโดย DMRT ส่วนตำรับทดลองอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักผักสลัดจากการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ทั้ง 10 ตำรับ พบว่า ตำรับที่ 1 คือ ดินที่ไม่มีการคลุกผสมให้น้ำหนักผักสลัดคงที่ คือ 48.73 กรัม ตลอด 6 เดือน ตำรับที่ 4 ซึ่งมีการคลุกผสมขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาฟางข้าว ให้ผลค่อนข้างคงที่ถึงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 57.31 – 61.12 กรัม เฉลี่ย 6 เดือน 58.59 กรัม ให้น้ำหนักผักสลัดสูงสุดที่ 30 วันของการบ่มดิน ส่วนตำรับทดลองอื่นที่เหลือให้น้ำหนักผักสลัดเพิ่มขึ้นตามช่วงเวลาบ่มดินอย่างชัดเจน โดยให้ผลผลิตน้ำหนักผักสลัดสูงสุดในช่วง 150 – 160 วัน การเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันนี้เนื่องจากดินที่ไม่มีการคลุกผสมไม่ได้มีการเพิ่มเติมอินทรียวัตถุและธาตุอาหารต่าง ๆ ให้กับดิน การผสมขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาฟางข้าวในตำรับทดลองที่ 4 เป็นการเพิ่มธาตุอาหารพืชหลายชนิดในทันทีลงไปในดิน การสลายตัวของขี้เถ้ามีการปลดปล่อยธาตุ cation ต่าง ๆ ที่ละลายได้ง่ายลงสู่ดิน โดยเฉพาะ basic cation ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ได้แก่ Ca^{2+}, K^{+} และ Mg^{2+} ในขณะที่การจัดการตอซังและฟางข้าวโดยการคลุกผสมลงสู่ดิน หรือการคลุกผสมฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมีและผงหินฟอสเฟตในตำรับทดลองที่ 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 ให้น้ำหนักผักสลัดสูงขึ้นตามช่วงเวลา เนื่องจากฟางข้าวค่อย ๆ ถูกย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารสู่ดิน ซึ่งในการทดลองน้ำหนักจากทุกตำรับจะสูงสุดในช่วง 150 – 180 วันของการบ่มดิน และมีค่าสูงกว่าค่าสูงสุดของตำรับทดลองที่ 1 และ 4 อย่างชัดเจนที่ 180 วัน

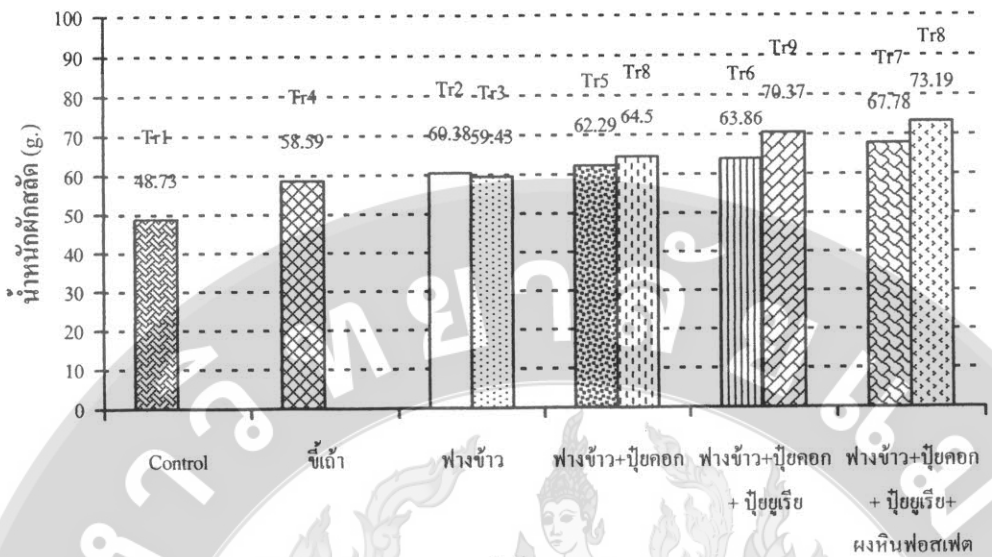
ตาราง 24 เปรียบเทียบน้ำหนักผักจากการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

ตำรับทดลอง	ระยะเวลา (วัน)									เฉลี่ย
	0	7	14	30	60	90	120	150	180	
ตำรับที่ 1	48.73	48.73	48.73	48.73	48.73	48.73	48.73	48.73	48.73	48.73 ^{B}
ตำรับที่ 2	29.74	33.19	38.43	53.84	64.77	76.31	79.14	82.95	85.04	60.38 ^{AB}
ตำรับที่ 3	23.35	28.25	33.33	43.65	68.91	78.19	84.03	86.97	88.19	59.43 ^{AB}
ตำรับที่ 4	57.72	58.31	59.35	61.12	58.9	57.48	57.31	58.07	59.01	58.59 ^{AB}
ตำรับที่ 5	32.15	35.73	43.69	57.89	64.03	76.22	82.17	84.78	83.93	62.29 ^{AB}
ตำรับที่ 6	36.79	41.47	48.25	63.53	74.1	79.24	85.11	85.10	88.15	63.86 ^{AB}
ตำรับที่ 7	40.17	43.61	50.07	65.65	72.66	79.8	83.44	86.18	88.48	67.78 ^{AB}
ตำรับที่ 8	27.14	33.76	41.17	61.91	70.87	81.29	86.56	87.53	90.27	64.50 ^{AB}
ตำรับที่ 9	33.6	42.67	51.55	66.57	74.31	84.89	88.63	94.57	96.51	70.37 ^{AB}
ตำรับที่ 10	38.23	44.52	52.51	68.02	81.67	87.02	89.57	98.04	99.15	73.19 ^{A}

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 16 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักผักสลัดตามระยะเวลา



ตำรับทดลอง

▨	ตำรับที่ 1	Control (ดินที่ไม่มีการคลุกผสม)
□	ตำรับที่ 2	ใส่ฟางข้าว 16 กรัม
⊡	ตำรับที่ 3	ใส่ฟางข้าว 32 กรัม
⊠	ตำรับที่ 4	ใส่ขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาฟางข้าวในอัตราส่วน 2,000 กิโลกรัม/ไร่
▩	ตำรับที่ 5	ใส่ฟางข้าว 16 กรัม + ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม
⊞	ตำรับที่ 6	ใส่ฟางข้าว 16 กรัม + ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.16 กรัม
▥	ตำรับที่ 7	ใส่ฟางข้าว 16 กรัม + ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.16 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.16 กรัม
⊠	ตำรับที่ 8	ใส่ฟางข้าว 32 กรัม + ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม
▨	ตำรับที่ 9	ใส่ฟางข้าว 32 กรัม + ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม
▧	ตำรับที่ 10	ใส่ฟางข้าว 32 กรัม + ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม

ภาพ 17 เปรียบเทียบน้ำหนักผักสลัดจากการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ

5. ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินภายใต้การจัดการตอซังและฟางข้าวในรูป แบบต่าง ๆ (การทดลองที่ 3)

5.1 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายฟางข้าว

ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายฟางข้าว แสดงในตาราง 25 จากการศึกษากิจกรรมของจุลินทรีย์โดยการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะการเพิ่มปริมาณฟางข้าวจาก 16 กรัม (ตำรับ 2) เป็น 32 กรัม (ตำรับ 3) ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายฟางข้าวเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

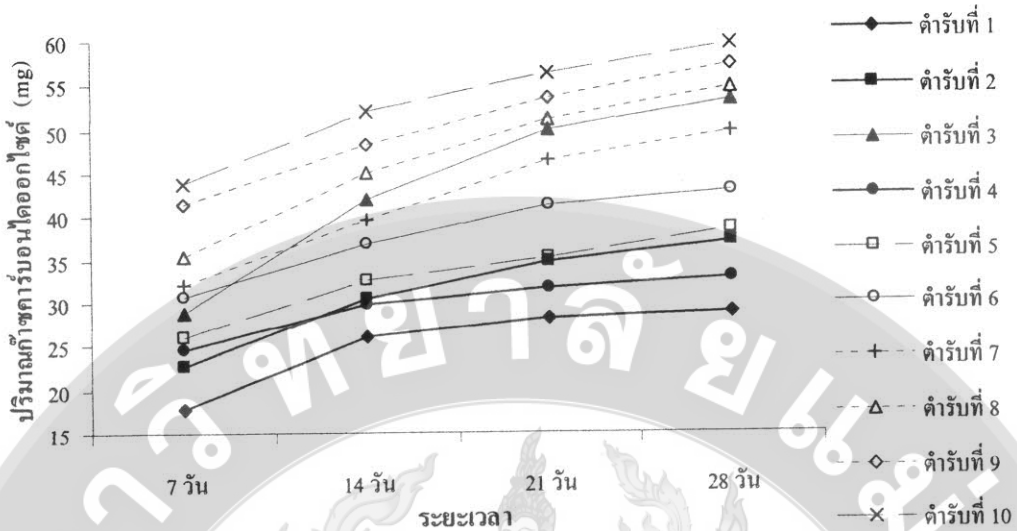
เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น พบว่า ทุกตำรับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะ 28 วัน โดยทุกตำรับมีค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดระยะ 28 วัน อยู่ในช่วง 25.22 – 52.95 มก. โดยดินที่ไม่มีการคลุกผสม (ตำรับ 1) มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ 25.22 มก. ส่วนดินที่คลุกผสมฟางข้าว 32 กรัมร่วม กับ ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม และผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม (ตำรับ 10) มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 52.95 มก. ดินที่คลุกผสมขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาฟางข้าว มีค่าเฉลี่ย 29.67 มก. ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่มีการคลุกผสมมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ส่วนการใส่ฟางข้าวในอัตราที่มากขึ้นมีผลทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในทุกตำรับทดลองทั้งนี้เนื่องจากฟางข้าวเป็นแหล่งอินทรียวัตถุซึ่งเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์

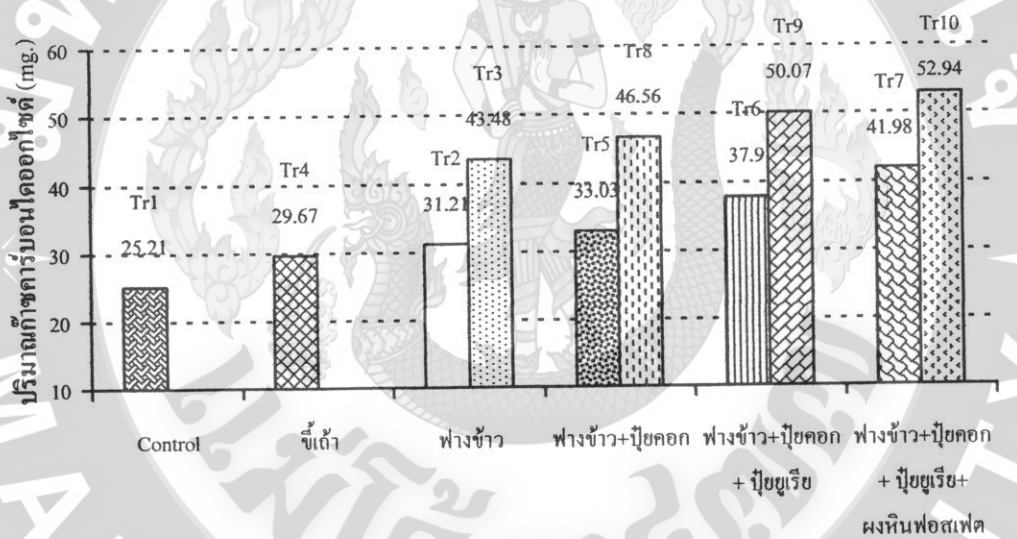
ตาราง 25 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

ตำรับทดลอง	ระยะเวลา (วัน)				เฉลี่ย
	7	14	21	28	
ตำรับที่ 1	17.75 J	26.01 J	28.20 I	28.90 J	25.22 f
ตำรับที่ 2	22.81 I	30.37 H	34.67 G	36.99 H	31.21 def
ตำรับที่ 3	28.80 F	42.00 D	49.92 D	53.20 D	43.48 abc
ตำรับที่ 4	24.59 H	29.72 I	31.68 H	32.70 I	29.67 ef
ตำรับที่ 5	25.99 G	32.69 G	35.10 G	38.36 G	33.04 cdef
ตำรับที่ 6	30.59 E	36.71 F	41.31 F	43.00 F	37.90 bcde
ตำรับที่ 7	32.18 D	39.66 E	46.46 E	49.63 E	41.99 abcd
ตำรับที่ 8	35.44 C	45.10 C	51.01 C	54.68 C	46.56 ab
ตำรับที่ 9	41.42 B	48.23 B	53.49 B	57.16 B	50.08 a
ตำรับที่ 10	43.93 A	52.05 A	56.18 A	59.61 A	52.95 a
ความแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*	*
CV (%)	0.36	0.62	0.53	0.51	17.62
LSD 0.05	0.24	0.53	0.50	0.52	9.97

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์





ตำรับที่ 1	Control (ดินที่ไม่มีการคลุกผสม)
ตำรับที่ 2	ใส่ฟางข้าว 16 กรัม
ตำรับที่ 3	ใส่ฟางข้าว 32 กรัม
ตำรับที่ 4	ใส่ขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาฟางข้าวในอัตราส่วน 2,000 กิโลกรัม/ไร่
ตำรับที่ 5	ใส่ฟางข้าว 16 กรัม + ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม
ตำรับที่ 6	ใส่ฟางข้าว 16 กรัม + ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.16 กรัม
ตำรับที่ 7	ใส่ฟางข้าว 16 กรัม + ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.16 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.16 กรัม
ตำรับที่ 8	ใส่ฟางข้าว 32 กรัม + ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม
ตำรับที่ 9	ใส่ฟางข้าว 32 กรัม + ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม
ตำรับที่ 10	ใส่ฟางข้าว 32 กรัม + ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม

ภาพ 18 แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

5.2 การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์

ผลการศึกษาการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์แสดงในตาราง 26 และตารางภาคผนวก 21 และ 22 ผลการศึกษาการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ พบว่า ตำรับที่ 1 คือ ดินที่ไม่มีการคลุกผสม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตำรับที่ 2, 4, และ 5 คือ ดินที่ไม่มีการคลุกผสมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับดินที่คลุกผสมขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาฟางข้าว (ตำรับ 4) ดินผสมฟางข้าว16 กรัม (ตำรับ 2) ดินผสมฟางข้าว 16 กรัม ร่วมกับปุ๋ยคอก 3.2 กรัม (ตำรับ 5) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับที่ 3, 6, 7, 8, 9 และ 10 ดังนั้น การใส่ฟางข้าวเพิ่มจาก 16 กรัม (ตำรับ 2) เป็น 32 กรัม (ตำรับ 3) มีส่วนทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น และการใส่ปุ๋ยยูเรียในตำรับที่ 6 มีส่วนทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น

ตำรับที่ 2 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตำรับที่ 3 ซึ่งสรุปได้ว่าการใส่ฟางข้าวในปริมาณที่มากขึ้นจาก 16 กรัม (ตำรับ 2) เป็น 32 กรัม (ตำรับ 3) มีผลทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น ในทำนองเดียวกัน ตำรับที่ 5 (ใส่ฟางข้าวฟางข้าว 16 กรัม + ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตำรับที่ 8 (ใส่ฟางข้าว 32 กรัม + ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม), ตำรับที่ 6 (ใส่ฟางข้าว 16 กรัม + ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.16 กรัม) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตำรับที่ 9 (ใส่ฟางข้าว 32 กรัม + ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม), ตำรับที่ 7 (ใส่ฟางข้าว 16 กรัม + ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.16 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.16 กรัม) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตำรับที่ 10 (ใส่ฟางข้าว 32 กรัม + ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม) ดังนั้นสรุปได้ว่า การใส่ฟางข้าวในอัตราที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากจากฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์

ตำรับที่ 2, 5, 6 และ 7 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่า การใส่ฟางข้าว 16 กรัม (ตำรับ 2), ใส่ฟางข้าว 16 กรัม ร่วมกับ ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม (ตำรับ 5), ใส่ฟางข้าว 16 กรัม ร่วมกับ ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.16 กรัม (ตำรับ 6) และใส่ฟางข้าว 16 กรัม ร่วมกับ ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.16 กรัม ผงหินฟอสเฟต 0.16 กรัม (ตำรับ 7) ไม่มีความแตกต่างกัน สรุปได้ว่า การใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยยูเรีย และผงหินฟอสเฟตร่วมกับฟางข้าวที่ 16 กรัม ไม่มีผลทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์แตกต่างกันอย่างชัดเจน

เช่นเดียวกัน ตำรับที่ 3, 8, 9 และ 10 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่า การใส่ฟางข้าว 32 กรัม (ตำรับ 3), ใส่ฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับ ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม

(ตำรับ 8), ใส่ฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับ ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม (ตำรับ 9) และใส่ฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับ ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม ผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม (ตำรับ 10) ไม่มีความแตกต่างกัน สรุปได้ว่า การใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยยูเรีย และผงหินฟอสเฟตร่วมกับฟางข้าวที่ 32 กรัม ไม่มีผลทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์แตกต่างกัน

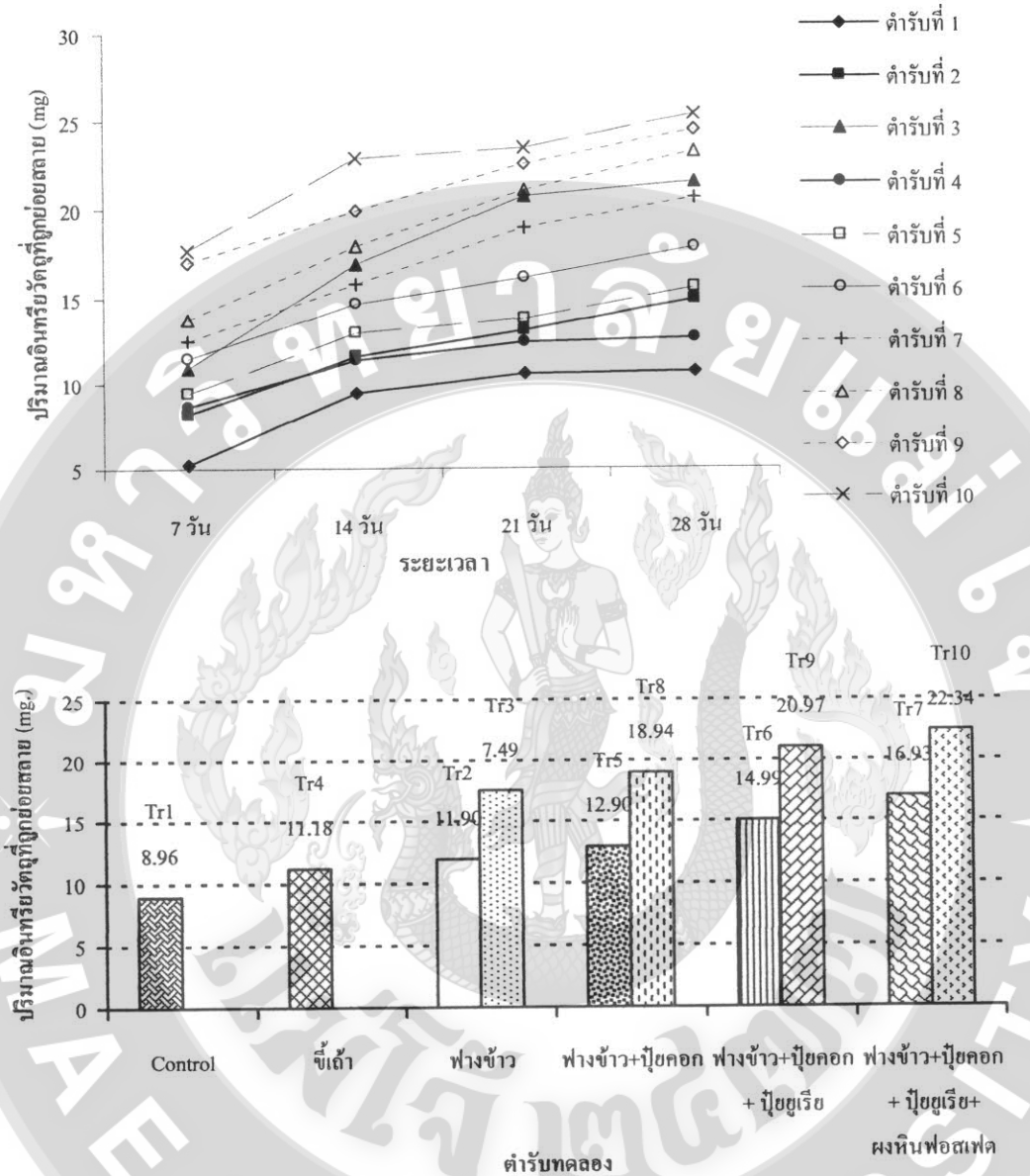
ดังนั้นสรุปได้ว่า การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ที่เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการใส่ฟางข้าวเพิ่มมากขึ้นอย่างชัดเจน การใส่ปุ๋ยยูเรียในตำรับที่ 6 มีผลทำให้การย่อยสลายฟางข้าวเพิ่มมากขึ้น การใส่ขี้เถ้าซึ่งเหลือจากการเผาฟางข้าวไม่ส่งผลให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์แตกต่างกับดินที่ไม่คลุกผสม การใส่ปุ๋ยคอก และผงหินฟอสเฟตร่วมด้วยไม่มีผลทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์เพิ่มอย่างเด่นชัด แต่เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลง ตำรับที่10 ซึ่งมีการใส่ผงหินฟอสเฟตร่วมด้วยมีค่าเฉลี่ยสูงสุด

ตาราง 26 เปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์

ตำรับทดลอง	ระยะเวลา (วัน)				เฉลี่ย
	7	14	21	28	
ตำรับที่ 1	5.28 ^{I}	9.38 ^{H}	10.52 ^{I}	10.65 ^{J}	8.96 ^{g}
ตำรับที่ 2	8.21 ^{H}	11.55 ^{G}	13.03 ^{G}	14.79 ^{H}	11.90 ^{efg}
ตำรับที่ 3	10.84 ^{F}	16.91 ^{CD}	20.67 ^{C}	21.53 ^{D}	17.49 ^{abcd}
ตำรับที่ 4	8.57 ^{H}	11.33 ^{G}	12.31 ^{H}	12.53 ^{I}	11.18 ^{fg}
ตำรับที่ 5	9.45 ^{G}	12.90 ^{F}	13.71 ^{F}	15.55 ^{G}	12.90 ^{defg}
ตำรับที่ 6	11.48 ^{E}	14.65 ^{E}	16.07 ^{E}	17.76 ^{F}	14.99 ^{cdef}
ตำรับที่ 7	12.43 ^{D}	15.79 ^{DE}	18.88 ^{D}	20.60 ^{E}	16.93 ^{bcde}
ตำรับที่ 8	13.67 ^{C}	17.86 ^{C}	21.03 ^{C}	23.21 ^{C}	18.94 ^{abc}
ตำรับที่ 9	16.95 ^{B}	19.96 ^{B}	22.48 ^{B}	24.48 ^{B}	20.97 ^{ab}
ตำรับที่ 10	17.72 ^{A}	22.84 ^{A}	23.45 ^{A}	25.34 ^{A}	22.34 ^{a}
ความแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*	*
CV (%)	2.63	4.46	1.96	1.92	20.80
LSD 0.05	0.51	1.16	0.58	0.61	4.70

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



	ตำรับที่ 1	Control (ดินที่ไม่มีการคลุกผสม)
	ตำรับที่ 2	ใส่ฟางข้าว 16 กรัม
	ตำรับที่ 3	ใส่ฟางข้าว 32 กรัม
	ตำรับที่ 4	ใส่ขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาฟางข้าวในอัตราส่วน 2,000 กิโลกรัม/ไร่
	ตำรับที่ 5	ใส่ฟางข้าว 16 กรัม + ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม
	ตำรับที่ 6	ใส่ฟางข้าว 16 กรัม + ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.16 กรัม
	ตำรับที่ 7	ใส่ฟางข้าว 16 กรัม + ปุ๋ยคอก 3.2 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.16 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.16 กรัม
	ตำรับที่ 8	ใส่ฟางข้าว 32 กรัม + ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม
	ตำรับที่ 9	ใส่ฟางข้าว 32 กรัม + ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม
	ตำรับที่ 10	ใส่ฟางข้าว 32 กรัม + ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม + ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม + ผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม

ภาพ 19 เปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาผลของการจัดการตอซังและฟางข้าวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดิน เป็นการศึกษารูปแบบวิธีการที่เหมาะสมที่จะนำเอาตอซังและฟางข้าวมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุปรับปรุงและเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดิน ทำการทดลองโดยแบ่งการทดลองเป็น 3 การทดลองประกอบด้วย

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบสภาพต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

การทดลองที่ 3 ศึกษาอัตราการย่อยสลายและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินภายใต้การจัดการตอซังและฟางข้าวในรูปแบบต่าง ๆ

การทดลองดังกล่าวได้ดำเนินการทดลองโดยใช้ชุดดินหางดง ศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการจัดการตอซังและฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยคอก ปุ๋ยยูเรีย และผงหินฟอสเฟต ในอัตราต่าง ๆ จากการศึกษาดังกล่าว สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ผลของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน (การทดลองที่ 1)

ผลของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินสามารถสรุปได้ว่า การใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการแบบต่าง ๆ คือ การใส่ฟางข้าวอย่างเดียว การใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยคอก การใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยคอกและปุ๋ยยูเรีย การใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยคอก ปุ๋ยยูเรีย และผงหินฟอสเฟต ในอัตราต่าง ๆ กัน ไม่มีผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ปริมาณคาร์บอนในดิน ในระยะเวลา 6 เดือน แตกต่างกันทางสถิติ

แต่เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงตลอด 6 เดือน พบว่า การใส่ฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในช่วง 4 เดือนแรกของการ

ทดลอง โดยการใส่ฟางข้าว 16 กรัม มีผลให้ค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 6 เดือน ต่ำสุด คือ 237 μS/cm ส่วนการใส่ฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับ ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม และผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม มีผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินสูงสุด คือ 274 μS/cm

การใส่ฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะในช่วง 4 เดือนแรก หลังจาก 4 เดือนแล้วมีแนวโน้มที่ลดลง โดยการใส่ฟางข้าว 16 กรัม มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ย 6 เดือน ต่ำสุด คือ 1.93 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่ฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับ ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม และปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุสูงสุด คือ 2.26 เปอร์เซ็นต์

การใส่ฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นในทุก ๆ วิธีการ โดยเฉพาะในช่วง 4 เดือนแรก หลังจาก 4 เดือนแรก ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย โดยการใส่ฟางข้าว 16 กรัม ร่วมกับปุ๋ยคอก 3.2 กรัม มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 6 เดือน ต่ำสุด คือ 234 ppm. ส่วนการใส่ฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับ ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม และผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงสุด คือ 268 ppm. สำหรับตำหรับทดลองที่มีการใส่ผงหินฟอสเฟตไม่มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นกว่าตัวอย่างดินอื่น ๆ ที่ไม่ได้ใส่อย่างเด่นชัดนัก

การใส่ฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นในทุก ๆ วิธีการ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอด 6 เดือน โดยการใส่ฟางข้าว 16 กรัม มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เฉลี่ย 6 เดือน ต่ำสุด คือ 213 ppm. ส่วนการใส่ฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับ ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม และผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงสุด คือ 249 ppm.

การใส่ฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นในทุก ๆ วิธีการ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอด 6 เดือน โดยการใส่ฟางข้าว 16 กรัม มีผลให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เฉลี่ย 6 เดือน ต่ำสุด คือ 2228 ppm. ส่วนการใส่ฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับ ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม และผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม มีผลให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงสุด คือ 2464 ppm.

การใส่ฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในทุกตำรับทดลองตลอดระยะเวลาทดลอง 6 เดือน และมีค่าสูงสุดที่ระยะเวลาทดลอง 6 เดือนทุกตำรับทดลอง โดยการใส่ฟางข้าว 16 กรัม มีแนวโน้มของปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 6 เดือน น้อยที่สุด คือ 258 ppm.

ขณะที่การใส่ฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับ ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม และผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม มีผลทำให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ มีค่าเฉลี่ย 6 เดือน เท่ากับ 273 ppm.

การใส่ฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้ปริมาณคาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในช่วง 3 เดือนแรก ในทุกวิธีการ แล้วค่อย ๆ ลดลง มีค่าเฉลี่ย 6 เดือน อยู่ในช่วง 4.16 – 4.27 เปอร์เซ็นต์ โดยการใส่ฟางข้าว 16 กรัม และการใส่ฟางข้าว 16 กรัม ร่วมกับปุ๋ยคอก 3.2 กรัม และปุ๋ยยูเรีย 0.16 กรัม มีผลให้ปริมาณคาร์บอนในดินเฉลี่ย 6 เดือน ต่ำสุดเท่ากัน คือ 4.16 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่ฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับ ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม และผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม มีผลให้ปริมาณคาร์บอนในดินสูงสุด คือ 4.27 เปอร์เซ็นต์

สำหรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) การใส่ฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในช่วง 3 เดือนแรก หลังจากนั้นมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในทุกวิธี มีค่าเฉลี่ย 6 เดือนอยู่ในช่วง 5.53 – 5.81 โดยวิธีการใส่ฟางข้าว 16 กรัม และวิธีการใส่ฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับปุ๋ยคอก 6.4 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม และผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม มีผลให้ค่า pH ของดินต่ำสุดและสูงสุด คือ 5.53 และ 5.81 ตามลำดับ และทั้ง 2 วิธีการนี้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อแบ่งกลุ่มโดย DMRT ที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนวิธีการอื่น ๆ ให้ค่า pH ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

การใส่ฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเพิ่มขึ้นในช่วง 2 – 3 เดือนแรก หลังจากนั้นมีแนวโน้มค่อย ๆ ลดลงในทุกวิธีการ มีค่าเฉลี่ย 6 เดือน อยู่ในช่วง 0.211 – 0.316 เปอร์เซ็นต์ โดยการใส่ฟางข้าว 16 กรัม มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินต่ำสุด คือ 0.211 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่ฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับปุ๋ยคอก 6.4 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม และผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงสุด คือ 0.316 เปอร์เซ็นต์

การใส่ฟางข้าว 16 กรัม และการใส่ฟางข้าว 32 กรัม ไม่มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินแตกต่างกันทางสถิติ แต่ทั้ง 2 วิธี แตกต่างทางสถิติกับการใส่ฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับปุ๋ยคอก 6.4 กรัม และปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม และวิธีใส่ฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับปุ๋ยคอก 6.4 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม และผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม

การใส่ฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับปุ๋ยคอก 6.4 กรัม และปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม กับวิธีใส่ฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับปุ๋ยคอก 6.4 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม และผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม ไม่มีผล

ให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนวิธีการอื่นปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2. ผลของการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการในรูปแบบสภาพต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (การทดลองที่ 2)

ผลการศึกษาน้ำหนักผักสลัดจากการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ โดยเฉลี่ยตลอด 6 เดือน พบว่า การเพิ่มปริมาณฟางข้าวและการจัดการฟางข้าวในรูปแบบต่างกัน ให้ผลผลิตผักที่มีน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยดินที่ไม่มีการคลุกผสมกับ ดินที่คลุกผสมฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับ ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม และผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม มีน้ำหนักโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดและมากที่สุด คือ 48.73 และ 73.19 ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยการแบ่งกลุ่มโดย DMRT ส่วนตำรับทดลองอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักผักสลัดจากการจัดการในรูปแบบต่าง ๆ ทั้ง 10 วิธี พบว่า ดินที่ไม่มีการคลุกผสมให้น้ำหนักผักสลัดคงที่ คือ 48.73 กรัม ตลอด 6 เดือน ดินที่มีการคลุกผสมขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาฟางข้าว ให้ผลค่อนข้างคงที่ถึงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 57.31-61.12 กรัม เฉลี่ย 6 เดือน 58.59 กรัม ให้น้ำหนักผักสลัดสูงสุดที่ 30 วัน ส่วนตำรับทดลองอื่นที่เหลือให้น้ำหนักผักสลัดเพิ่มขึ้นตามช่วงเวลาบ่มดินอย่างชัดเจน โดยให้ผลผลิตน้ำหนักผักสูงสุดในช่วง 150-160 วัน

3. ผลการศึกษาการย่อยสลายและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินภายใต้การจัดการตอซังและฟางข้าวในรูปแบบต่าง ๆ (การทดลองที่ 3)

การศึกษากิจกรรมของจุลินทรีย์โดยศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายอินทรียวัตถุ พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะการเพิ่มปริมาณฟางข้าวจาก 16 กรัม เป็น 32 กรัม ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายฟางข้าวเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลา 28 วัน ในทุกวิธีการ โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดระยะ 28 วัน อยู่ในช่วง 25.22 – 52.95 มก. โดยดินที่ไม่มีการคลุกผสมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ 25.22 มก. ส่วนดินที่คลุกผสม ฟางข้าว 32 กรัม ร่วมกับ ปุ๋ยคอก 6.4 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม และผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 52.95

มก. ดินที่คลุกผสมขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาฟางข้าว มีค่าเฉลี่ย 29.67 มก. เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่มีการคลุกผสมมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย

เช่นเดียวกับผลการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ พบว่า ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์มีค่าเฉลี่ย 28 วัน อยู่ในช่วง 8.96 – 22.34 มก. โดยดินที่ไม่มีการคลุกผสมมีปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายต่ำสุด คือ 8.96 มก. ส่วนดินที่คลุกผสมฟางข้าว 32 กรัม ร่วม กับปุ๋ยคอก 6.4 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 0.32 กรัม และผงหินฟอสเฟต 0.32 กรัม มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 22.34 มก. ดินที่ไม่มีการคลุกผสมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับดินที่คลุกผสมขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาฟางข้าว และดินผสมฟางข้าว16 กรัม แต่การเพิ่มปริมาณฟางข้าวจาก 16 กรัม เป็น 32 กรัม มีส่วนทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นในทุก ๆ วิธีการทดลอง และการใส่ปุ๋ยยูเรียมีส่วนทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น

การศึกษาผลของการจัดการตอซังและฟางข้าวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดิน พบว่า การใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการแบบต่าง ๆ ส่งผลให้คุณสมบัติทางเคมีของดินได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ค่าการนำไฟฟ้า อินทรียวัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม คาร์บอนในดิน มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากตอซังและฟางข้าวเป็นแหล่งอินทรียวัตถุและธาตุอาหารต่าง ๆ เมื่อตอซังและฟางข้าวถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดิน ทำให้เกิดการปลดปล่อยธาตุอาหารต่าง ๆ ลงสู่ดินตามช่วงเวลาที่ถูกย่อยสลาย การใส่ฟางข้าวในอัตราที่เพิ่มมากขึ้นจาก 16 กรัม เป็น 32 กรัมไม่ส่งผลให้คุณสมบัติดินแตกต่างกันทางสถิติ แต่การใส่ฟางข้าวที่มากขึ้นมีผลให้แนวโน้มของคุณสมบัติทางเคมี และธาตุอาหารในดินเพิ่มมากขึ้น

การใส่ปุ๋ยคอกร่วมด้วยซึ่งเป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุและแหล่งของจุลินทรีย์ดิน เพื่อเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและเร่งการย่อยสลาย ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติกับการใส่ฟางข้าวอย่างเดียว แต่คุณสมบัติทางเคมีของดินมีแนวโน้มที่ดีกว่าการใส่ฟางข้าวอย่างเดียว

การใส่ปุ๋ยยูเรียเพิ่มเติมนอกเหนือจากการใส่ฟางข้าวและปุ๋ยคอก เป็นการเพิ่มแหล่งของไนโตรเจนที่จำเป็นในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ดิน มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้นมากกว่าการใส่ฟางข้าวอย่างเดียวหรือใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยคอกอย่างเห็นได้ชัด ส่วนคุณสมบัติทางเคมี และธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินนั้น การใส่ปุ๋ยยูเรียร่วมด้วยให้ผลไม่แตกต่างกับการใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยคอก

การใส่ผงหินฟอสเฟตร่วมด้วยมีผลให้ค่าปฏิกิริยาดินสูงขึ้น ส่วนคุณสมบัติทางเคมีและธาตุอาหารต่าง ๆ ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ดีที่สุด

การเพิ่มขึ้นของปริมาณธาตุอาหารมีผลให้การเจริญเติบโตของพืช ทำให้น้ำหนักผักที่ทดลองปลูกมีน้ำหนักมากที่สุดด้วย การคลุกผสมขี้เถ้าที่เหลือกจากการเผาฟางข้าวให้น้ำหนักผักที่ทดลองปลกสูงกว่าดินที่ไม่มีการคลุกผสม โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการทดลองและค่อนข้างคงที่ ส่วนการใส่ตอซังและฟางข้าวร่วมกับการจัดการแบบต่าง ๆ ให้น้ำหนักผักที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาทดลอง และยังสูงกว่าดินที่ไม่มีการคลุกผสมและดินที่คลุกผสมขี้เถ้า ดังนั้น แนวทางในการจัดการตอซังและฟางข้าวของเกษตรกรจึงควรมีการไถกลบตอซังและฟางข้าวเพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์แก่ดิน การใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยยูเรีย และผงหินฟอสเฟตร่วมด้วยเป็นการช่วยเพิ่มการย่อยสลายและเพิ่มธาตุอาหารแก่ดินให้เร็วขึ้นตามลำดับ ช่วยให้เกิดการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีประสิทธิภาพและผลประโยชน์สูงสุด และประหยัดค่าใช้จ่ายในการจัดการด้านต่าง ๆ ในระยะยาวได้มาก

บรรณานุกรม

กรรณิกา นากลาง, สว่าง โรจนกุศล, เบญจรัตน์ สวันตรัจน์, ประโยชน์ วงศ์สุข, บุญโฮม ชำนาญกุล และ เทอดศักดิ์ สง่าศักดิ์. 2527. อิทธิพลของการใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสดและฟางข้าวติดต่อกันเป็นระยะเวลานานต่ออินทรียวัตถุในดินและผลผลิตข้าว. น. 8-17. ใน **รายงานผลการค้นคว้าวิจัยดินและปุ๋ยข้าว 2527**. กรุงเทพฯ: กลุ่มงานวิจัยดินและปุ๋ยข้าว กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร.

กองสำรวจดิน. 2517. **รายงานการสำรวจดินจังหวัดเชียงใหม่ ฉบับที่ 204**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 547 น.

จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, และ สุเทพ ทองแพ. 2544. **การใช้ตอซังข้าวปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินนา**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 51 น.

ฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์, พิทยากร ลิ่มทอง, เสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์, วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ และ ปรัชญา ธัญญาดี. 2538. การใช้ประโยชน์น้ำเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทในการผลิตปุ๋ยหมัก. น. 433-455. ใน **เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการงานวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ครั้งที่ 3.** กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชุติวัฒน์ วรรณสาย และ ดิเรก อินตาพรม. 2540. ผลของการจัดการฟางข้าวต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตข้าว. **เกษตรนเรศวร.** 3(1): 30-35.

นงลักษณ์ ปูระณะพงษ์. 2537. **คู่มือการวิเคราะห์ดินและปุ๋ยเบื้องต้น**. เชียงใหม่: สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้. 71 น.

นพรัตน์ ม่วงประเสริฐ และ วิทยา มะเสนา. 2533. การสูญเสียธาตุอาหารพืชจากการเผาฟางข้าวในนา. **แก่นเกษตร.** 18(3): 123-127.

ปรัชญา ธัญญาดี. 2526. ความรู้เรื่องอินทรียวัตถุในดิน. **วารสารพัฒนาที่ดิน.** 20(216): 37-53.

ปรัชญา ธัญญาดี, ประชา นาคะประเวศ, พิทยากร ลิ่มทอง, ปรีดี ดีรักษา, แววตา วาสนานุกูล, สุภาพร จันรุ่งเรือง และ พันธิพา ไชยานะ. 2534. น. 157-164. ใน **รายงานผลการวิจัยการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พรพิบูลย์ ธัมพิบูลย์. 2535. **ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจากปุ๋ยและฟางที่มีต่อการผลิตพืชภายใต้ระบบการปลูกพืชที่มีข้าวเป็นหลัก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 115 น.

พัชรี แสนจันทร์, โชคชัย พลายด้วง และ วาสนา ผลารักษ์. 2544. ผลของการเผาตอซังก่อนการเตรียมดินต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินและผลผลิตถั่วเหลือง. **แก่นเกษตร.** 29(2): 80-90.

พิทยากร ลิ่มทอง, วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์, เสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์ และ ทิพวรรณ อินทโสติ. 2530. ผลของหินฟอสเฟตต่าง ๆ ต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ ในกองปุ๋ยหมักฟางข้าว. น. 59-66. ใน **รายงานวิชาการกองอนุรักษ์ดินและน้ำ ประจำปี 2528 – 2530**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พิรัชฌา วาสนานุกูล, ปรัชญา ธันญาดี, ประชา นาคะประเวศ, ปรีดา ดีรักษา และ เมธี มณีวรรณ. 2538. ผลการไถกลบตอซังและฟางข้าวในดินนาชุดร้อยเอ็ดภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. น. 96-106 ใน **เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการ "งานวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ครั้งที่ 3."** กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์, พิทยากร ลิ่มทอง, เสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์, ประโสด ธรรมเขต, ชูศรี ยสินธร และ ปรัชญา ธัญญาดี. 2530. ผลของมูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ ต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักฟางข้าว. น. 47-58. ใน **รายงานวิชาการกองอนุรักษ์ดินและน้ำ ประจำปี 2528-2530**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วรพจน์ รัมมณีนิล, พรพิบูลย์ ธัมพิพูลย์ และ ณรงค์ ผลวงษ์. 2526. การใส่ฟางข้าวในดินเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว. **วารสารดินและปุ๋ย.** 5(2): 106-112.

สมฤทัย ตันเจริญ. 2545. **อิทธิพลของการใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดิน ผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินลพบุรีในสภาพน้ำขัง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 106 น.

สุดชล วุ้นประเสริฐ, สมจิตร คันธสุวรรณ, สุนทรี มีเพชร, กรรณิกา นากลาง และ บรรจง เหมทานนท์. 2536. การจัดการธาตุอาหารพืชในระบบการปลูกพืชในเขตเกษตรอาศัยน้ำฝน. น. 87-91. ใน **รายงานประจำปีศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี 2536.** กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

สุรพล จัตุพร. 2539. ชาวนาไทยยุคใหม่ไม่เผาฟางข้าว. **กสิกร.** 69(5): 442-445.

อนนท์ สุขสวัสดิ์. 2543. การจัดการฟางข้าวเพื่อการปรับปรุงดินและเพิ่มผลผลิตข้าว. **วารสารวิชาการเกษตร.** 18(3): 280-286.

Amarasiri, S. L. and K. Wickremasighe. 1977. **Use of Rice Straw as a Fertilizer Material**. Trop. Agr., 133: 39-47.

Bacon, P. E. and D. P. Henman. 1987. Nitrogen Budgets for Intensive Rice Growing in Southern Australia. pp. 89-95. In **Efficiency of Nitrogen Fertilizer for Rice**. Philippines: International Rice Research Institute.

Broadbent, F. E. 1979. Mineralization of Organic Nitrogen in Paddy Soil. pp. 105-118. In **Nitrogen and Rice**. Philippines: International Rice Research Institute.

Cottennie, A. 1980. **Soil and Plant Testing as a Basic of Fertilizer Recommendation**. Rome: FAO.

International Rice Research Institute. 1976. **Annual Report for 1975**. Philippines: International Rice Research Institute. 479 p.

De Datta, S. K. 1981. **Principles and Practices of Rice Production**. New York: John Wiley and Sons. 618 p.

Oh, W. K. 1979. Effects of Incorporation of Organic Materials on Paddy Soil. pp. 435-449. In **Nitrogen and Rice**. Philippines: International Rice Research Institute.

_____. 1984. Effect of Organic Matter on Rice Production. pp.477-488. In **Organic Matter and Rice**. Philippines: International Rice Research Institute.

Ponnamperuma, F. N. 1984. Straw as a Source of Nutrients for Wet Land Rice. pp. 117-136. In **Organic Matter and Rice**. Philippines: International Rice Research Institute.

Tanaka, A. 1978. Role of Organic Matter. pp. 605-612. In **International Rice Research Institute.** Philippines: International Rice Research Institute.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางวิเคราะห์สถิติ

ภาคผนวก ก ตารางวิเคราะห์สถิติ

ตารางภาคผนวก 1 แสดงผลการวิเคราะห์ค่า pH ของตำรับทดลองที่ 1 - 4

ระยะเวลา (เดือน)	ตำรับทดลอง 1	2	3	4
1	5.40^{B}	5.55^{B}	5.55^{C}	5.60^{C}
2	5.60^{AB}	5.65^{AB}	5.62^{BC}	5.68^{BC}
3	5.70^{A}	5.75^{A}	5.75^{A}	5.80^{A}
4	5.65^{A}	5.70^{AB}	5.70^{A}	5.78^{A}
5	5.60^{A}	5.65^{AB}	5.60^{BC}	5.73^{AB}
6	5.55^{AB}	5.60^{AB}	5.63^{BC}	5.65^{BC}
ค่าแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*
CV (%)	1.64	1.02	0.8	0.67
LSD 0.05	0.22	0.14	0.11	9.34

ตารางภาคผนวก 2 แสดงผลการวิเคราะห์ค่า pH ของตำรับทดลองที่ 5 – 8

ระยะเวลา (เดือน)	ตำรับทดลอง 5	6	7	8
1	5.58^{C}	5.68^{B}	5.70^{B}	5.80^{B}
2	5.65^{BC}	5.75^{AB}	5.78^{AB}	5.85^{B}
3	5.80^{A}	5.83^{A}	5.83^{A}	6.03^{A}
4	5.80^{A}	5.83^{A}	5.78^{AB}	6.00^{A}
5	5.68^{B}	5.85^{A}	5.75^{AB}	5.93^{AB}
6	5.63^{BC}	5.68^{B}	5.70^{B}	5.85^{B}
ค่าแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*
CV (%)	0.67	0.87	0.66	0.91
LSD 0.05	9.34	0.12	9.34	0.13

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 3 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่า EC ของตำรับทดลองที่ 1-4

ระยะเวลา	ตำรับทดลอง			
(เดือน)	1	2	3	4
1	193^{C}	184^{E}	181^{C}	204^{C}
2	209^{C}	228^{D}	227^{B}	235^{C}
3	264^{B}	258^{C}	275^{A}	278^{B}
4	268^{AB}	261^{BC}	293^{A}	292^{AB}
5	286^{A}	292^{A}	292^{A}	307^{A}
6	268^{AB}	283^{AB}	292^{A}	311^{A}
ค่าแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*
CV (%)	3.37	3.72	4.45	3.78
LSD 0.05	20.42	22.87	28.27	25.07

ตารางภาคผนวก 4 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่า EC ของตำรับทดลองที่ 5 – 8

ระยะเวลา	ตำรับทดลอง			
(เดือน)	5	6	7	8
1	194^{D}	193^{D}	203^{D}	213^{C}
2	233^{C}	240^{C}	253^{C}	257^{B}
3	282^{B}	288^{B}	289^{B}	302^{A}
4	313^{A}	318^{A}	326^{A}	326^{A}
5	307^{AB}	310^{A}	320^{A}	322^{A}
6	295^{AB}	302^{AB}	319^{A}	326^{A}
ค่าแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*
CV (%)	4.21	3.00	3.67	3.56
LSD 0.05	27.87	20.23	25.59	25.32

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 5 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุของตำรับทดลองที่ 1-4

ระยะเวลา (เดือน)	ตำรับทดลอง			
	1	2	3	4
1	1.46^{D}	1.64^{D}	1.59^{D}	1.66^{D}
2	2.06^{C}	1.97^{C}	2.04^{C}	2.27^{C}
3	2.24^{BC}	2.24^{BC}	2.33^{BC}	2.39^{BC}
4	2.64^{A}	2.68^{A}	2.78^{A}	2.81^{A}
5	2.46^{AB}	2.44^{AB}	2.62^{AB}	2.49^{B}
6	2.37^{ABC}	2.37^{AB}	2.78^{AB}	2.41^{BC}
ค่าแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*
CV (%)	6.58	5.73	5.26	2.54
LSD 0.05	0.36	0.31	0.30	0.22

ตารางภาคผนวก 6 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุของตำรับทดลองที่ 5 – 8

ระยะเวลา (เดือน)	ตำรับทดลอง			
	5	6	7	8
1	1.81^{D}	2.05^{B}	2.15^{D}	2.13^{C}
2	2.23^{C}	2.19^{B}	2.32^{CD}	2.27^{C}
3	2.47^{B}	2.57^{A}	2.50^{BC}	2.41^{BC}
4	2.81^{A}	2.79^{A}	2.92^{A}	2.80^{A}
5	2.63^{AB}	2.75^{A}	2.84^{AB}	2.75^{A}
6	2.61^{AB}	2.64^{A}	2.76^{AB}	2.61^{AB}
ค่าแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*
CV (%)	3.97	4.12	5.29	4.52
LSD 0.05	0.24	0.25	0.33	0.28

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 7 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของตำรับทดลองที่ 1-4

ระยะเวลา (เดือน)	ตำรับทดลอง			
	1	2	3	4
1	0.199^{C}	0.277^{A}	0.287^{AB}	0.296^{A}
2	0.237^{A}	0.281^{A}	0.311^{A}	0.302^{A}
3	0.240^{A}	0.270^{B}	0.296^{AB}	0.293^{AB}
4	0.235^{A}	0.266^{BC}	0.287^{AB}	0.284^{BC}
5	0.232^{A}	0.263^{C}	0.278^{AB}	0.280^{C}
6	0.217^{B}	0.256^{D}	0.273^{B}	0.273^{C}
ค่าแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*
CV (%)	2.31	0.86	4.48	1.58
LSD 0.05	1.28	5.65	3.16	1.11

ตารางภาคผนวก 8 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของตำรับทดลองที่ 5-8

ระยะเวลา (เดือน)	ตำรับทดลอง			
	5	6	7	8
1	0.327^{BC}	0.311^{BC}	0.348^{ABC}	0.349^{BC}
2	0.252^{A}	0.330^{A}	0.368^{A}	0.365^{A}
3	0.249^{AB}	0.327^{AB}	0.356^{AB}	0.358^{AB}
4	0.244^{ABC}	0.319^{ABC}	0.348^{ABC}	0.346^{C}
5	0.234^{C}	0.313^{BC}	0.335^{BC}	0.342^{CD}
6	0.232^{C}	0.306^{C}	0.333^{C}	0.332^{D}
ค่าแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*
CV (%)	2.04	1.92	2.43	1.38
LSD 0.05	1.21	0.02	2.06	1.18

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 9 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของตำรับทดลองที่ 1-4

ระยะเวลา (เดือน)	ตำรับทดลอง 1	2	3	4
1	195^{B}	184^{C}	181^{C}	204^{D}
2	211^{B}	228^{B}	227^{B}	235^{C}
3	266^{A}	258^{AB}	277^{A}	279^{B}
4	272^{A}	260^{AB}	292^{A}	293^{AB}
5	277^{A}	293^{A}	292^{A}	306^{AB}
6	289^{A}	282^{A}	293^{A}	312^{A}
ค่าแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*
CV (%)	5.06	6.03	4.73	4.08
LSD 0.05	31.15	37.04	30.12	27.10

ตารางภาคผนวก 10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของตำรับทดลองที่ 5-8

ระยะเวลา (เดือน)	ตำรับทดลอง 5	6	7	8
1	196^{C}	192^{D}	203^{D}	212^{C}
2	232^{B}	240^{C}	253^{C}	257^{B}
3	283^{A}	288^{B}	289^{B}	302^{A}
4	310^{A}	318^{A}	326^{A}	326^{A}
5	307^{A}	308^{AB}	320^{A}	326^{A}
6	298^{A}	302^{AB}	318^{A}	323^{A}
ค่าแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*
CV (%)	4.36	3.26	2.97	3.26
LSD 0.05	28.89	21.89	20.72	23.21

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 11 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมของตำรับทดลองที่ 1-4

ระยะเวลา (เดือน)	ตำรับทดลอง 1	2	3	4
1	182^{C}	188^{C}	193^{D}	202^{C}
2	207^{B}	214^{B}	211^{CD}	224^{B}
3	216^{B}	219^{B}	226^{BC}	231^{B}
4	224^{AB}	226^{B}	230^{BC}	244^{AB}
5	242^{A}	245^{A}	246^{AB}	252^{A}
6	246^{A}	252^{A}	256^{A}	263^{A}
ค่าแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*
CV (%)	4.22	2.75	4.05	3.37
LSD 0.05	22.65	22.85	22.52	19.47

ตารางภาคผนวก 12 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมของตำรับทดลองที่ 5-8

ระยะเวลา (เดือน)	ตำรับทดลอง 5	6	7	8
1	204^{E}	211^{E}	216^{E}	222^{D}
2	217^{DE}	230^{D}	231^{DE}	245^{CD}
3	232^{CD}	246^{C}	243^{CD}	255^{BC}
4	246^{BC}	257^{BC}	257^{BC}	273^{AB}
5	264^{AB}	269^{AB}	270^{AB}	281^{A}
6	272^{A}	283^{A}	279^{A}	295^{A}
ค่าแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*
CV (%)	3.56	2.37	3.34	3.85
LSD 0.05	20.81	14.49	20.38	24.67

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 13 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนของตำรับทดลองที่ 1-4

ระยะเวลา (เดือน)	ตำรับทดลอง			
	1	2	3	4
1	2044^{E}	2090^{E}	2072^{E}	2148^{E}
2	2148^{D}	2148^{E}	2096^{E}	2170^{E}
3	2172^{D}	2263^{D}	2159^{D}	2227^{D}
4	2276^{C}	2354^{C}	2338^{C}	2435^{C}
5	2428^{B}	2462^{B}	2552^{B}	2633^{B}
6	2588^{A}	2636^{A}	2623^{A}	2705^{A}
ค่าแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*
CV (%)	0.62	1.24	0.74	0.69
LSD 0.05	34.61	70.37	41.82	40.34

ตารางภาคผนวก 14 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนของตำรับทดลองที่ 5-8

ระยะเวลา (เดือน)	ตำรับทดลอง			
	5	6	7	8
1	2097^{F}	2094^{E}	2123^{D}	2169^{D}
2	2188^{E}	2209^{D}	2300^{C}	2362^{C}
3	2237^{D}	2230^{D}	2325^{C}	2433^{C}
4	2349^{C}	2317^{C}	2448^{B}	2588^{B}
5	2518^{B}	2545^{B}	2648^{A}	2825^{A}
6	2688^{A}	2669^{A}	2690^{A}	2904^{A}
ค่าแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*
CV (%)	0.66	1.32	0.77	1.44
LSD 0.05	38.06	75.49	45.71	90.04

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 15 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของตำรับทดลองที่ 1-4

ระยะเวลา (เดือน)	ตำรับทดลอง			
	1	2	3	4
1	242^{C}	244^{C}	253^{C}	251^{D}
2	249^{BC}	255^{BC}	258^{C}	264^{CD}
3	255^{B}	256^{BC}	264^{BC}	266^{CD}
4	271^{A}	262^{BC}	277^{AB}	278^{BC}
5	277^{A}	273^{AB}	284^{A}	290^{AB}
6	282^{A}	288^{A}	290^{A}	299^{A}
ค่าแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*
CV (%)	1.86	2.93	2.07	2.68
LSD 0.05	11.97	18.85	13.70	18.00

ตารางภาคผนวก 16 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของตำรับทดลองที่ 5-8

ระยะเวลา (เดือน)	ตำรับทดลอง			
	5	6	7	8
1	251^{D}	255^{C}	252^{E}	252^{D}
2	256^{CD}	262^{C}	264^{D}	262^{D}
3	266^{C}	266^{C}	268^{D}	270^{CD}
4	281^{B}	285^{B}	282^{C}	287^{BC}
5	287^{AB}	293^{AB}	294^{B}	293^{B}
6	297^{A}	305^{A}	307^{A}	317^{A}
ค่าแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*
CV (%)	2.16	2.24	1.57	3.23
LSD 0.05	14.41	15.22	10.67	22.17

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 17 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในดินของตำรับทดลองที่ 1-4

ระยะเวลา (เดือน)	ตำรับทดลอง 1	2	3	4
1	4.12^{C}	4.15^{C}	4.12^{C}	4.13^{D}
2	4.23^{AB}	4.25^{AB}	4.22^{A}	4.25^{AB}
3	4.25^{A}	4.28^{A}	4.24^{A}	4.30^{A}
4	4.19^{ABC}	4.18^{BC}	4.19^{AB}	4.21^{BC}
5	4.14^{BC}	4.13^{C}	4.15^{BC}	4.15^{D}
6	4.14^{BC}	4.13^{C}	4.14^{BC}	4.15^{CD}
ค่าแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*
CV (%)	0.95	0.76	0.48	0.59
LSD 0.05	0.097	7.77	0.049	6.04

ตารางภาคผนวก 18 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในดินของตำรับทดลองที่ 5-8

ระยะเวลา (เดือน)	ตำรับทดลอง 5	6	7	8
1	4.19^{C}	4.24^{D}	4.25^{C}	4.30^{B}
2	4.35^{AB}	4.38^{B}	4.36^{AB}	4.38^{A}
3	4.38^{A}	4.42^{A}	4.41^{A}	4.40^{A}
4	4.32^{B}	4.30^{C}	4.32^{B}	4.32^{B}
5	4.22^{C}	4.21^{DE}	4.24^{C}	4.25^{C}
6	4.21^{C}	4.20^{E}	4.21^{C}	4.22^{C}
ค่าแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*
CV (%)	0.43	0.33	0.56	0.38
LSD 0.05	4.52	3.46	5.83	4.00

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 19 แสดงน้ำหนักผักจากการทดลองปลูกของตำรับทดลองที่ 1-5

จำนวนวันในการบ่มดิน	ตำรับทดลอง				
	1	2	3	4	5
0	48.73^{A}	29.74^{H}	23.35^{H}	57.72^{B}	32.15^{F}
7	48.73^{A}	33.19^{G}	28.25^{G}	58.31^{B}	35.73^{F}
14	48.73^{A}	38.43^{F}	33.33^{F}	59.35^{AB}	43.69^{E}
30	48.73^{A}	53.84^{E}	43.65^{E}	61.12^{A}	57.89^{D}
60	48.73^{A}	64.77^{D}	68.91^{D}	58.90^{AB}	64.03^{C}
90	48.73^{A}	76.31^{C}	78.19^{C}	57.48^{B}	76.22^{B}
120	48.73^{A}	79.14^{B}	84.03^{B}	57.31^{B}	82.17^{A}
150	48.73^{A}	82.95^{A}	86.97^{A}	58.07^{B}	84.78^{A}
180	48.73^{A}	85.04^{A}	88.19^{A}	59.01^{AB}	83.93^{A}
ความแตกต่างทางสถิติ	ns	*	*	*	*
CV (%)		2.50	2.22	2.32	4.95
LSD 0.05		2.59	2.27	2.33	5.29

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 20 แสดงน้ำหนักผักจากการทดลองปลูกของตำรับทดลองที่ 6-10

จำนวนวันในการบ่มดิน	ตำรับทดลอง				
	6	7	8	9	10
0	36.79^{H}	40.17^{I}	27.14^{H}	33.60^{H}	38.23^{G}
7	41.47^{G}	43.61^{H}	33.76^{G}	42.67^{G}	44.52^{F}
14	48.25^{F}	50.07^{G}	41.17^{F}	51.55^{F}	52.51^{E}
30	63.53^{E}	65.65^{F}	61.91^{E}	66.57^{E}	68.02^{D}
60	74.10^{D}	72.66^{E}	70.87^{D}	74.31^{D}	81.67^{C}
90	79.24^{C}	79.80^{D}	81.29^{C}	84.89^{C}	87.02^{B}
120	85.11^{B}	83.44^{C}	86.56^{B}	88.63^{B}	89.57^{B}
150	85.10^{B}	86.18^{B}	87.53^{B}	94.57^{A}	98.04^{A}
180	88.15^{A}	88.48^{A}	90.27^{A}	96.51^{A}	99.15^{A}
ความแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*	*
CV (%)	2.05	1.78	1.85	2.10	3.35
LSD 0.05	2.35	2.06	2.05	2.54	4.20

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 21 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ของตำรับทดลองที่ 1-5

ระยะเวลา (วัน)	ตำรับทดลอง				
	1	2	3	4	5
7	5.28^{C}	8.21^{D}	10.85^{D}	8.57^{C}	9.45^{D}
14	9.37^{B}	11.55^{C}	16.91^{C}	11.33^{B}	12.90^{C}
21	10.51^{A}	13.03^{B}	20.67^{B}	12.31^{A}	13.71^{B}
28	10.65^{A}	14.80^{A}	21.53^{A}	12.54^{A}	15.55^{A}
ความแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*	*
CV (%)	4.82	3.20	2.06	2.76	1.95
LSD 0.05	0.81	0.72	0.68	0.58	0.47

ตารางภาคผนวก 22 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ของตำรับทดลองที่ 6-10

ระยะเวลา (วัน)	ตำรับทดลอง				
	6	7	8	9	10
7	11.48^{D}	12.43^{D}	13.67^{D}	16.94^{D}	17.72^{C}
14	14.66^{C}	15.79^{C}	17.86^{C}	19.97^{C}	22.84^{B}
21	16.07^{B}	18.88^{B}	21.03^{B}	22.48^{B}	23.44^{B}
28	17.76^{A}	20.60^{A}	23.21^{A}	24.48^{D}	25.34^{A}
ความแตกต่างทางสถิติ	*	*	*	*	*
CV (%)	2.68	1.59	1.86	1.92	4.15
LSD 0.05	0.76	0.51	0.66	0.76	1.75

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับตามแนวตั้งแตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติโดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ภาคผนวก ข

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายพงษ์พันธุ์ กาวิละ
เกิดเมื่อ	6 กรกฎาคม 2520
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2543 วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม - ก่อสร้าง) สถาบันราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
	พ.ศ. 2544 วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม - สถาปัตยกรรม) สถาบันราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
	พ.ศ. 2548 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2547 – ปัจจุบัน วิศวกรชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม บริษัท เนาวรัตน์ พัฒนาการ จำกัด (มหาชน)