ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ และแหนแดงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1

นภาพร จำปี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์

ชื่อเรื่อง

ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ และแหนแดงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1

โดย

นภาพร จำปี

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จีราภรณ์ อินทสาร)
วันที่ 25 เดือน ก.ค. พ.ศ. 57

กรรมการที่ปรึกษา .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร)
วันที่ 25 เดือน ก. พ.ศ. 57

กรรมการที่ปรึกษา .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ แสงทอง)
วันที่ 24 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 57

ประธานอาจารย์ประจำหลักสูตร .....
(อาจารย์ ดร.วิฌา นิลวงศ์)
วันที่ 24 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 2557

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จาตุพงศ์ วาฤทธิ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่ 25 เดือน ธ.ค. พ.ศ.2557

ชื่อเรื่อง	ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ และแหนแดงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1
ชื่อผู้เขียน	นางสาวนภาพร จำปี
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จีราภรณ์ อินทสาร

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ และแหนแดงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 และปริมาณธาตุอาหารในดิน ในพื้นที่ตำบลแม่แรม อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่เดือน สิงหาคม 2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2555 วางตำรับการทดลองที่มีชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยคอก และปุ๋ยหมัก ร่วมกับการใช้แหนแดง โดยเปรียบเทียบกับตำรับไม่ได้ใส่ปุ๋ย โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ภายในบล็อค (Randomized Complete Block Design, RCBD) และทำการทดลอง 4 ซ้ำ ซึ่งจากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินระดับบนพบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในดินสูงที่สุด และการใช้ปุ๋ยคอกส่งผลให้มีปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้สูงที่สุด ส่วนการใช้แหนแดงมีผลทำให้ปริมาณเหล็กในดินมีค่าสูงที่สุด สำหรับในดินระดับล่างพบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยหมักทำให้มีปริมาณความเป็นกรด-ด่างที่สูงที่สุด ส่วนในตำรับที่ใส่แหนแดง และการใช้ปุ๋ยหมักส่งผลให้มีปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้สูงที่สุด ส่วนการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับแหนแดงทำให้ปริมาณเหล็กในดินมีค่าสูงที่สุด และการใช้ปุ๋ยคอกพบว่ามีปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้สูงที่สุด

คุณสมบัติทางเคมีในใบข้าวพบว่า การใช้ตำรับแหนแดงทำให้มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด ส่วนการใช้ปุ๋ยหมักส่งผลให้มีมีปริมาณฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็กและสังกะสีสูงที่สุด และการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับแหนแดงหรือการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยหมักพบว่ามีปริมาณโพแทสเซียม และทองแดงสูงที่สุด สำหรับปริมาณการสะสมธาตุอาหารในเมล็ดข้าวพบว่า การใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับแหนแดงทำให้ปริมาณไนโตรเจน และสังกะสีสูงที่สุด ส่วนการใช้ปุ๋ยคอกส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็กและแมงกานีสในเมล็ดข้าวสูงที่สุด และการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับแหนแดงหรือการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยหมักส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียม และทองแดงในเมล็ดข้าวสูงที่สุด ส่วนการสะสมธาตุอาหารในเปลือกข้าวพบว่า การใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ย

หมักและแหนแดงส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจน แมกนีเซียม สังกะสี แมงกานีส และทองแดงที่สกัดได้สูงที่สุด ส่วนการใช้ปุ๋ยหมักทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในเปลือกข้าวสูงที่สุด สำหรับการใช้ปุ๋ยคอกพบว่า มีปริมาณแคลเซียมและเหล็กที่สะสมในเปลือกข้าวสูงที่สุด และการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับแหนแดงส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้สูงที่สุด โดยการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นข้าว พบว่าในปี 2555 ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตด้านความสูงสม่ำเสมอมากกว่าปี 2554 เมื่อพิจารณาถึงการเจริญเติบโตของต้นข้าวในแต่ละปี พบว่าในปี 2554 การใช้ตำรับปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยหมักให้ความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวสูงที่สุดคือ 89.6 เซนติเมตร ส่วนในปี 2555 พบว่าการใช้ตำรับปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยคอกและแหนแดงให้ความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวสูงที่สุดคือ 93.6 เซนติเมตร และไม่ได้ใส่ปุ๋ยให้ความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวต่ำสุด และการใช้ตำรับปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวส่งผลให้ในปี 2554 ให้ผลผลิตสูงถึง 835 กิโลกรัมต่อไร่ และในปี 2555 ให้ผลผลิตสูงสุดคือการใช้ปุ๋ยคอกถึง 887 กิโลกรัมต่อไร่

Title Effects of Organic Fertilizers and Azolla on Growth and Yield of San-Pah-Tawng 1 Rice Variety

Author Miss Napaporn Jampee

Degree of Master of Science in Soil Science

Advisory Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Jiraporn Inthasan

ABSTRACT

The study on the effects of organic fertilizers and azolla on growth and yield of San-Pah-Tawng 1 Rice variety and quantity of soil nutrients, was conducted in Mae Ram sub-district, Mae Rim district, Chiang Mai during August 2011 - November 2012. A total of eight (8) treatments consisting of types of organic fertilizers, namely animal manure and compost, together with azolla, were compared with a control treatment in a Randomized Complete Block Design (RCBD) with 4 replicates each. Results are summarized as follow:

In the top soil (0-15 cm), control treatment provided the highest soil acidity while treatment with manure fertilizer had the highest organic matter content, extractable P, K, Ca, Mg, Zn and Cu. Meanwhile, application of azolla caused the highest Iron concentration in the soil. In the subsoil (15-30 cm), it was found that the combined use of manure and compost fertilizer led to the highest soil pH while the use of azolla and compost fertilizer caused highest organic matter, extractable P, K, Ca, Mg, Zn and Cu. In addition, combined use of manure and azolla gave the highest extractable Fe while use of manure fertilizer alone gave the highest extracted Mn.

Highest Nitrogen content in leaf sample was due to azolla application while manure fertilizer provided higher contents of P, K, Ca, Mg, Fe and Mn than in other treatments and combination of manure and azolla or manure and compost fertilizer led to highest K and Cu contents in leaf sample. For nutrient accumulation in rice seeds, it was found that application of compost fertilizer and azolla caused the highest content of N and Zn while application of manure alone gave the highest P, Ca, K, Mg, Fe and Mn content in the rice seeds and the use of manure and azolla or compost led to highest K and Cu. Concentration of nutrients in rice husk showed that the use of compost plus manure and azolla caused highest contents of N, Mg, Zn, Mn and Cu.

Meanwhile, application of compost alone provided the highest phosphorus content as compared to the use of manure alone that gave the highest amount of Ca and Fe, while application of compost with azolla caused the highest extractable K in husk. The growth in height of rice in 2012 was found to increase more constantly than in 2011. In 2011, application of manure and compost fertilizers gave the highest average height of rice at 89.6 cm and in 2012, the same application of manure and compost fertilizer but with azolla caused the highest average height of rice at 93.6 cm with lowest height caused by no fertilizer application. Moreover, compost fertilizer application alone in 2014 provided the highest yield at 835 kg/rai. But in 2012, application of manure fertilizer alone gave the highest yield at 887 kg/rai.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จีราภรณ์ อินทสาร ซึ่งรับเป็นประธานคณะกรรมการที่ปรึกษา ได้ให้คำแนะนำในการวางแผนการดำเนินงานทดลอง ตลอดจนช่วยสนับสนุนวัสดุอุปกรณ์สำหรับใช้ในการดำเนินงาน จนกระทั่งงานทดลองสำเร็จ และได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไข จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร กรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ แสงทอง กรรมการที่ปรึกษา ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้คำแนะนำ ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขจนกระทั่งสำเร็จเป็นวิทยานิพนธ์อย่างสมบูรณ์

นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณนายประภากร และนางทัศนีย์ ยวงคำ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านพื้นที่ที่ทำการทดลอง บิดามารดา ที่ได้สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการศึกษาเล่าเรียนมาโดยตลอด ขอขอบคุณทุกๆ คนในครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจให้ตลอดระยะเวลาในการศึกษา

นภาพร จำปี

ธันวาคม 2557

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพผนวก	(11)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของงานวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
ความเป็นมาของข้าว	3
ประวัติข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1	3
การเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าว	4
ธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการผลิตข้าว	6
ดินที่เหมาะสมในการปลูกข้าว	11
การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว	13
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	27
พื้นที่ทำการศึกษา	27
อุปกรณ์และวิธีการ	27
วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	31
การวิเคราะห์ข้อมูล	32
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	33
ผลการทดลอง	33
วิจารณ์ผลการทดลอง	68

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	76
สรุปผลการวิจัย	76
บรรณานุกรม	78
ภาคผนวก	87
ภาคผนวก ก วิธีการและสารเคมี	88
ภาคผนวก ข ภาพการทดลอง	92
ภาคผนวก ค ประวัติผู้วิจัย	96

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักและแหนแดง	28
2	แสดงคุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลองปี 2554	33
3	แสดงปริมาณธาตุอาหารในดินระดับบนหลังการทดลองปี 2554	37
4	แสดงปริมาณธาตุอาหารในดินระดับล่างหลังการทดลองปี 2554	38
5	แสดงปริมาณธาตุอาหารในดินระดับบนก่อนการทดลองปี 2555	42
6	แสดงปริมาณธาตุอาหารในดินระดับล่างก่อนการทดลองปี 2555	43
7	แสดงปริมาณธาตุอาหารในดินระดับบนหลังการทดลองปี 2555	46
8	แสดงปริมาณธาตุอาหารในดินระดับล่างหลังการทดลองปี 2555	47
9	แสดงการสะสมธาตุอาหารในใบข้าว ปี 2554	49
10	แสดงการสะสมธาตุอาหารในใบข้าวปี 2555	51
11	แสดงการสะสมธาตุอาหารในเมล็ดข้าวปี 2554	54
12	แสดงการสะสมธาตุอาหารในเมล็ดข้าวปี 2555	56
13	แสดงการสะสมธาตุอาหารในเปลือกข้าว ปี 2554	59
14	แสดงการสะสมธาตุอาหารในเปลือกข้าว ปี 2555	61
15	ความสูงของข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ปี 2554	63
16	ความสูงของข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ปี 2555	64
17	การแตกกอของข้าวสายพันธุ์สันป่าตอง1 ปี 2554	65
18	การแตกกอของข้าวสายพันธุ์สันป่าตอง1 ปี 2555	66
19	ปริมาณผลผลิตของข้าวพันธุ์สันป่าตอง1 ปี 2554 และ ปี 2555	67

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวก		หน้า
1	การตรวจตูศัตรูพืช โรคและแมลงต่างๆ	93
2	การกำจัดแมลงในแปลงนาข้าว	93
3	การวัดความสูงของต้นข้าว	94
4	การเก็บตัวอย่างใบข้าวในระยะตั้งท้อง	94
5	การนวดข้าวหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตในนาข้าว	95

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ปุ๋ยอินทรีย์มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในรูปของ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด จำพวกแหนแดง ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่าย ช่วยเพิ่มธาตุอาหารหลัก รอง และเสริมให้กับดิน และเป็นวัสดุที่มีต้นทุนต่ำเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกพืช ซึ่งการใช้ปุ๋ยเคมีที่ขาดการคำนึงถึงผลเสียอาจส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินที่มีแนวโน้มลดลง รวมถึงสภาพทางกายภาพของดินที่เสื่อมโทรมลงอีกด้วย ส่งผลให้เกิดการขาดธาตุอาหารของพืช

ปัจจุบันข้าวมีการปลูกในรูปแบบของนาดำ นาปรังและนาไร่ ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการปลูกกันอย่างแพร่หลาย เห็นได้จากพื้นที่ครึ่งหนึ่งของประเทศเป็นพื้นที่ปลูกข้าว จึงทำให้เกษตรกรมีความต้องการผลผลิตข้าวที่สูงขึ้น โดยผลของความต้องการนี้ส่งผลให้มีการใช้ปุ๋ยเคมีที่เพิ่มมากขึ้นซึ่งเป็นผลเสียต่อคุณสมบัติของดินและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน ดังนั้นจึงมีการส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาทำการเกษตรแบบอินทรีย์ค่อนข้างมาก เนื่องจากสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ ซึ่งน่าจะเป็นผลดีกับภาคการเกษตรในปัจจุบัน โดยการปลูกข้าวในระบบเกษตรอินทรีย์มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์หลายประเภท เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และแหนแดงที่จัดอยู่ในกลุ่มของปุ๋ยพืชสดยังเป็นเรื่องราวที่กรมวิชาการเกษตรส่งเสริมมาเป็นเวลายาวนาน ซึ่งในปัจจุบันเกษตรกรได้หันมาปรับปรุงทรัพยากรดิน และลดการใช้สารเคมี แต่การนำไปใช้ประโยชน์ของเกษตรกรยังไม่มีความนิยมเท่าที่ควร

จากแนวคิดดังกล่าว จึงทำการศึกษาถึงรูปแบบและวิธีการที่เหมาะสมที่จะนำเอาปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ และแหนแดง มาใช้เป็นแหล่งของธาตุอาหารให้แก่ดินและพืช อีกทั้งยังทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ดีขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้นอีกด้วย โดยการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการผลิตข้าวของเกษตรกรได้เช่นกัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ และแหนแดงต่อปริมาณธาตุอาหารในดินและพืช

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ และแหนแดงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว

ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ และแหนแดงต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 และปริมาณธาตุอาหารในดิน ในพื้นที่การทดลอง ตำบลแม่แรม อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ และแหนแดงต่อปริมาณธาตุอาหารในดินและพืช

2.ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ และแหนแดงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ความเป็นมาของข้าว

ข้าวเป็นธัญพืชที่อยู่ในตระกูล (Family) Gramineae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. สามารถเจริญเติบได้ดีทั้งในเขตร้อน และเขตอบอุ่น ข้าวเป็นแหล่งอาหารหลักที่ให้คาร์โบไฮเดรตที่สำคัญในการดำรงชีวิตของประชากรโลก เช่น การนำมาแปรรูปเป็นขนมปัง ในด้านอุตสาหกรรม ใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์ต่างๆ ปัจจุบันข้าวยังเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ แต่ผลผลิตของข้าวที่ได้ต่อไร่ส่วนใหญ่จะมีผลผลิตต่อไร่ที่ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นเกษตรกรจึงหันมาใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตข้าวมากขึ้น ทำให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มสูงขึ้น และด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้ส่งผลกระทบในระยะยาวต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพราะการใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลานาน ๆนั้น จะทำลายความอุดมสมบูรณ์ของแร่ธาตุในดิน ทำให้จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดิน เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย แอคติโนมัยซิท และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆที่อาศัยอยู่ในดินมีจำนวนลดลง มีผลทำให้ดินเสื่อมคุณภาพ ดินมีสภาพเป็นกรด ดินจับตัวกันเป็นก้อน ดังนั้นในการผลิตข้าวแบบอินทรีย์เป็นวิธีการหลีกเลี่ยงสารเคมีหรือสารสังเคราะห์ต่างๆ เช่น ปุ๋ยเคมี สารควบคุมและกำจัดวัชพืช สารป้องกันกำจัดโรคแมลงและสัตว์ศัตรูพืช ในทุกขั้นตอนการผลิตจะเน้นการใช้วัสดุอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยพืชสด ในการปรับปรุงเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพื่อให้ต้นข้าวมีความอุดมสมบูรณ์และแข็งแรงตามธรรมชาติ (หยาดฝน, 2546; บุญหงษ์, 2547; กรมการข้าว, 2551)

ประวัติข้าวพันธุ์สันป่าตอง1

ข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 (San-pah-tawng1) เป็นข้าวเหนียวที่ได้จากการผสมพันธุ์ข้าวระหว่างพันธุ์ BKNLR75001-B-CNT-B-RST-36-2 กับพันธุ์ กข2 ที่สถานีทดลองข้าวสันป่าตอง เมื่อปี พ.ศ. 2527 ปลูกคัดเลือกจนได้พันธุ์ SPTLR84051-32-2-2-4 รับรองพันธุ์โดยคณะกรรมการบริหารกรมวิชาการเกษตร เมื่อวันที่ 19 มกราคม 2543 (กรมการข้าว, 2551) ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นสูงประมาณ 110-120 เซนติเมตร ทรงกอตั้ง ต้นแข็ง ไม่ล้ม ใบสีเขียวมีขน กาบใบและปล้องสีเขียว ใบธงตั้งตรง คอรวงสั้น รวงยาว ระแง้ถี่ รวงแน่น เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง เมล็ดข้าวเปลือกกว้าง 2.95 มิลลิเมตร ยาว 10.04 มิลลิเมตร หนา 2.13 มิลลิเมตร ให้

ผลผลิตประมาณ 630 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด เฉลี่ย 29.2 กรัม อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 130-135 วัน ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 8 สัปดาห์ ต้านทานต่อโรคไหม้ และขอบใบแห้ง สามารถปลูกได้ตลอดปี เหมาะสำหรับพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ข้อควรระวังในการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 คือ เป็นพันธุ์ที่ไม่ต้านทานโรคใบสีส้ม และแมลงบั่ว ซึ่งเป็นแมลงศัตรูข้าวที่มีความสำคัญในภาคเหนือตอนบน (สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าว, 2555)

การเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าว

1. ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (Vegetative phase) การเจริญเติบโตของข้าวจะเห็นใบแรกโผล่ออกมาประมาณ 3 วันและอีกประมาณ 5-10 วันใบที่ 2 และใบที่ 3 ก็จะตามออกมาซึ่งสามารถแบ่งระยะการเจริญเติบโตออกเป็น 3 ระยะด้วยกันดังนี้

ระยะต้นกล้า (Seeding stage) คือระยะตั้งแต่ต้นข้าวเริ่มงอกจนถึงต้นข้าวอายุประมาณ 30 วัน ในระยะนี้เมื่อต้นข้าวเริ่มงอกก็จะมีรากแรกเกิด (Seminal root or radicle) แทงออกมา และต่อมาภายหลังก็จะมีรากแขนง (Lateral root) แตกออกมาจากข้อใต้ระดับดินของต้นข้าว ต้นข้าวในระยะนี้จะพัฒนาใบขึ้นมาจนถึงใบที่ 5 ในระยะแรกจะใช้สารอาหารจากส่วนแป้ง (Endosperm) ของเมล็ด เมื่อสารอาหารจากเมล็ดหมด ต้นกล้าจะใช้ธาตุอาหารจากดินมาใช้ในการเจริญเติบโต

ระยะแตกกอ (Tillering stage) คือระยะที่ต้นข้าวเริ่มมีการแตกหน่อแรกออกมาจากตาข้างลำต้นที่อยู่ในซอกใบของใบที่สองของต้นกล้า และเมื่อการเพิ่มจำนวนของหน่อที่สองหยุดการเพิ่มจำนวนของหน่อที่สามจะเพิ่มขึ้นมาแทน จากนั้นนำมาปักดำภายหลังการปักดำประมาณ 10 วัน หรือเมื่อต้นข้าวเริ่มมีใบที่ 5 และต้นข้าวจะแตกกอสูงสุดเมื่อเริ่มมีข้อหรือรวงอ่อน

ระยะยืดตัวของลำต้น (Stem elongation) การยืดตัวของลำต้นนั้นจะเกิดก่อนการสร้างรวงอ่อน (Panicle initation) ซึ่งเป็นระยะต่อจากการแตกกอ

2. ช่วงการเจริญเติบโตและพัฒนาการสืบพันธุ์ (Reproductive growth and development) การเจริญเติบโตและพัฒนาการที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ของต้นข้าว จะเริ่มตั้งแต่ระยะให้กำเนิดช่อดอกหรือรวง จนถึงระยะข้าวออกดอก เมื่อเข้าถึงช่วงการพัฒนาการสืบพันธุ์ การแตกกอและการเจริญทางด้านความสูงจะหยุดลง ซึ่งสามารถแบ่งระยะช่วงการเจริญเติบโตและพัฒนาการสืบพันธุ์ออกเป็น 4 ระยะดังนี้

ระยะกำเนิดช่อดอกหรือระยะสร้างรวงอ่อน (Panicle intiation stage) หลังจากที่ต้นข้าวของระยะแตกกอสูงสุดมาแล้วข้าวจะเริ่มออกรวงประมาณ 30-32 วัน ในระยะนี้ต้นข้าวจะมี

ลักษณะลำต้นกลมอย่างเด่นชัดและมีการพัฒนาที่ปลายสุดของลำต้นจะมีปุ่มของปุยขนขนาดเล็ก 1-2 มิลลิเมตรเกิดขึ้นและหากเปิดดูในกาบใบในส่วนข้อที่อยู่บนสุดของต้นข้าว จะเห็นยอดรวงอ่อนโผล่ออกมาที่ปลายสุดของปล้องสุดท้ายของต้นข้าว และในขณะเดียวกันก็จะเกิดการพัฒนา Glumaceous flower ซึ่งการพัฒนาระยะนี้เรียกว่า "Floret (spikelet) differentiation stage" ซึ่งจะเกิดขึ้นข้างบนกิ่งแขนงที่ 1 และ 2 ของช่อดอก และที่ระยะนี้ข้าวจะเปลี่ยนจากระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบเข้าสู่การเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์

ระยะตั้งท้อง (Booting stage) คือเป็นระยะที่มีความสำคัญอย่างยิ่งเป็นช่วงที่ข้าวค่อนข้างอ่อนแอ อาจทำให้ข้าวเกิดความเสียหายต่อการพัฒนาช่อรวงและการติดเมล็ดของข้าวอย่างมาก ในระยะนี้ต้นข้าวจะมีการพัฒนาจากช่อดอกไปเป็นรวงอ่อนแต่ยังมีกาบใบธงหุ้มไว้ และต้นข้าวในระยะนี้จะยืดปล้องพร้อมกับขึ้นของกาบใบธง ระยะท้องนี้จะอยู่ในช่วงเวลา 5-6 วันก่อนการออกรวง

ระยะออกรวง (Heading stage) คือ ระยะที่ช่อดอกหรือรวงข้าวโผล่พ้นออกมาจากกาบใบธงในระยะเวลาประมาณ 30 วันก่อนการเก็บเกี่ยว ในระยะนี้ต้นข้าวจะมีการยืดปล้องรองสุดท้ายจากปลายสุดของลำต้นอย่างสมบูรณ์ก่อน หลังจากนั้นปล้องสุดท้ายก็จะมีการยืดตามออกมาจากกาบใบธง

ระยะดอกบาน (Flowering or anthesis stage) คือระยะการปิดและเปิดของดอกข้าว การออกดอกและการผสมพันธุ์ของข้าวโดยปกติจะเกิดขึ้นในช่วงเวลา 1-3 วัน หลังจากออกดอกโดยดอกที่อยู่ส่วนปลายรวงจะเปิดปิดก่อน รวงข้าวแต่ละรวงจะออกดอกครบสมบูรณ์ทุกดอกภายใน 7-10 วัน ในการที่จะบอกว่าข้าวออกดอกหรือยังนั้นจะต้องดูว่าถ้าดอกข้าวออกมากกว่า 50% ของดอกข้าวภายในบริเวณที่ปลูกข้าวก็แสดงว่าข้าวออกดอกแล้ว

3. การเจริญเติบโตและพัฒนาของเมล็ด (Seed growth and development) เป็นระยะเวลาตั้งแต่ข้าวออกดอกและมีการผสมพันธุ์จนถึงช่วงเมล็ดสุกแก่เต็มที่พร้อมจะเก็บเกี่ยวได้ ซึ่งหลังจากการปฏิสนธิในรังไข่ได้ประมาณ 7-10 วัน ถ้าแกะกลีบดอกออกและบีบจะมีน้ำขุ่นๆคล้ายน้ำนมกระจายออกมา เรียกระยะนี้ว่า ระยะน้ำนม และโดยทั่วไปจะใช้เวลาประมาณ 30 วัน เมล็ดจะเริ่มมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น สีเปลือกของเมล็ดก็จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีฟางข้าวหรือน้ำตาล ขณะเดียวกันใบข้าวก็จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแห้ง (อรรควุฒิ, 2526; บุญหงษ์, 2547; สมชาย, 2548)

ธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการผลิตข้าว

การเพาะปลูกข้าวโดยวิธีเกษตรธรรมชาติ มีผลทำให้คุณสมบัติทางเคมีของดินเปลี่ยนแปลงไป เช่น ทำให้ความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มขึ้น ค่า Total acidity และ exchangeable AI ในดินลดลง และธาตุอาหารโดยเฉพาะฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เพิ่มขึ้น (มงคล, 2535) การปลูกข้าวเพื่อที่จะได้ผลผลิตสูงนั้นธาตุอาหารต้องมีเพียงพอและมีความสมดุลกัน หากเป็นไปได้ควรมีการวิเคราะห์ดินและพืช เพื่อใช้เป็นตัววัดในการกำหนดการใช้ปุ๋ยแก่พืช หากมีการใช้ปุ๋ยที่ไม่มีความสมดุลจะมีผลทำให้ผลผลิตลดลงหรือเสียหายได้ (International Zinc Association, 2556) โดยการปลูกพืชและเก็บเกี่ยวผลผลิตพืชออกไปในแต่ละปีนั้น ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินจะลดลงไปเนื่องจากสาเหตุ 2 ประการ คือ ประการแรกพืชดูดไปใช้ และติดไปกับผลผลิตที่เก็บเกี่ยว และประการที่สองสูญหายไปจากดินโดยการชะล้าง การกร่อน หรือกลายเป็นแก๊ส (กรณีของไนโตรเจน) แต่หากส่วนที่เหนือดินที่เหลือไว้จากการเก็บเกี่ยว และรากซึ่งไม่ได้นำออกไปจากพื้นที่เพาะปลูกนั้นธาตุอาหารพืชในส่วนนี้จะกลับคืนสู่ดิน (ยงยุทธ และคณะ, 2554) และธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อพืช มีดังนี้

ไนโตรเจน เป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเข้าไปเสริมโปรตีน คลอโรฟิลล์ และธาตุอื่นๆ เพื่อช่วยในการเจริญเติบโตของส่วนยอด ใบ กิ่ง ก้าน เปลือก หากพืชที่มีธาตุไนโตรเจนมากเกินไปจะมีผลต่อการเจริญเติบโตทางต้น ใบ กิ่ง ก้านมาก ลักษณะใบจะมีสีเขียวจัด และส่งผลให้พืชไม่ออกดอก (พงษ์, 2547) โดยข้าวสามารถดูดใช้ไนโตรเจนในรูปของ ammonia-N, nitrate-N, urea-N และ amino acid-N ซึ่งพืชจะมีความต้องการที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และระยะการเจริญเติบโต เมื่อพืชได้รับธาตุนี้ต่ำกว่าระดับปกติย่อมมีการเจริญเติบโตช้าลง (Yoshida, 1981; Marschner, 1995) และเนื่องด้วยไนโตรเจนเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ง่าย ดังนั้นส่วนที่มีสะสมในต้นและใบแก่ จึงเคลื่อนย้ายไปยังใบอ่อนและรวงโดยร้อย 58 สะสมในใบ และร้อยละ 28 สะสมที่กาบใบและลำต้น ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 14 ได้มาจากดินโดยตรง จึงเห็นได้ว่าปริมาณไนโตรเจนที่มีในรวงข้าวส่วนมาก เคลื่อนย้ายมาจากส่วนของลำต้นและใบข้าวที่เก็บสะสมไว้ตั้งแต่เป็นต้นกล้าจนถึงระยะออกดอก เพื่อการพัฒนารวงให้มีเมล็ดที่สมบูรณ์ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยเพื่อให้ต้นข้าวได้รับไนโตรเจนอย่างเพียงพอตั้งแต่แรก จึงเป็นปัจจัยที่ทำให้ผลผลิตสูงขึ้น (ยงยุทธ และคณะ, 2554) และลักษณะอาการขาดจะชัดเจนที่ใบแก่เนื่องจากไนโตรเจนเคลื่อนย้ายจากส่วนที่พัฒนาสมบูรณ์แล้วไปยังส่วนที่กำลังพัฒนา การขาดไนโตรเจน จะส่งผลให้มีอัตราการเจริญเติบโตช้า หรือต้นไม่โต ใบแก่จะแสดงอาการภาวะขาดคลอโรฟิลล์ก่อนใบอ่อน ใบจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง หรือน้ำตาลและร่วงหลุดไป (เกษมศรี, 2541)

ฟอสฟอรัส พืชจะได้รับฟอสฟอรัสในรูปไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$) และโมโนไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน (HPO_4^{2-}) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก ส่งเสริมสารที่ทำหน้าที่ในการถ่ายทอดพลังงานในกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช และส่วนช่วยในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนและสารอินทรีย์ที่สำคัญในพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ซึ่งข้าวจะมีการสะสมฟอสฟอรัสของใบบนที่มากกว่าใบล่าง โดยปกติปริมาณฟอสฟอรัสที่ข้าวสะสมไว้ในส่วนเหนือดินจะสูงขึ้นตามอายุ และเมื่อโตเต็มที่อาจสะสมได้ ร้อยละ 60-70 ของทั้งหมดที่อยู่ในรวงข้าว (ยงยุทธ และคณะ, 2554) เมื่อพืชขาดฟอสฟอรัสจะมีลักษณะอาการคือ ใบน้อยลง และส่งผลต่อการเจริญพันธุ์ เช่น ออกดอกช้า จำนวนดอก ผล และเมล็ดน้อยลง ใบพืชจะเสื่อมอายุและร่วงหล่นเร็วกว่าปกติส่งผลให้ผลผลิตเมล็ดต่ำ (Barry and Miller, 1989; Khamis et al., 1990)

โพแทสเซียม พืชจะได้รับโพแทสเซียมในรูปโพแทสเซียมไอออน (K^+) โดยจะอยู่ในรูปของไอออนที่ละลายอยู่ภายในไซโตพลาสซึมเพื่อทำหน้าที่ในการปรับแรงดันออสโมติกในพืช มีส่วนช่วยในกระบวนการสังเคราะห์น้ำตาล แป้งและโปรตีน กระบวนการลำเลียงน้ำตาลออกจากส่วนใบไปยังส่วนที่เป็นผล เมล็ดหรือหัวซึ่งเป็นแหล่งสะสมอาหารของพืช และช่วยให้พืชสามารถทนแล้งได้มากขึ้น โดยปริมาณของโพแทสเซียมที่พบในดินต่ำนั้นมักจะเกิดจากความเป็นพิษของเหล็ก ซึ่งลักษณะพืชที่ขาดโพแทสเซียม ก็คือ ขอบใบไหม้ และตัวใบจะมีสีเหลือง ต้นจะเตี้ยแคระ เหี่ยวเฉาง่าย และมักจะอ่อนแอต่อโรค เป็นต้น (Yoshida, 1981; Marschner, 1995; จีราภรณ์, 2554) โดยในข้าวจะมีการสะสมโพแทสเซียม ตั้งแต่การเจริญเติบโตในระยะลำต้นจนถึงต้นระยะเจริญพันธุ์คือ ปริมาณโพแทสเซียมประมาณร้อยละ 75 ข้าวดูดได้มาก่อนตั้งท้องแล้วสะสมในใบและต้น ดังนั้นเมื่อข้าวสุกแก่โพแทสเซียมทั้งหมดจะอยู่ในใบข้าวและต้นข้าว ประมาณร้อยละ 80-90 (ยงยุทธ และคณะ, 2554)

กำมะถัน มีบทบาทต่อการสร้างโปรตีนของพืช เป็นองค์ประกอบของวิตามินบางตัวที่มีผลทางอ้อมต่อการสร้างสารสีเขียวในพืช ซึ่งจะช่วยให้เกิดการหายใจและการปรุงอาหาร ช่วยให้ส่วนเหนือดินเจริญเติบโตได้รวดเร็ว และช่วยในการพัฒนาเมล็ดของพืช ซึ่งพืชที่ขาดธาตุกำมะถันจะมีสีเขียวอ่อน หรือเหลืองคล้ายๆกับอาการขาดธาตุไนโตรเจน ใบจะมีขนาดเล็กลง ยอดของพืชจะชะงักการเจริญเติบโต ลำต้นและกิ่งก้านลีบเล็ก การขาดธาตุกำมะถันจะมีความแตกต่างจากขาดธาตุไนโตรเจน คือจะปรากฏที่ยอดอ่อนก่อน ส่วนใบล่างยังคงปกติ ถ้าอาการรุนแรงใบล่างก็จะมีอาการด้วยเช่นกัน ซึ่งจะตรงข้ามกับอาการของการขาดไนโตรเจน ที่จะแสดงอาการที่ใบล่างก่อนและยังส่งผลให้ ความสูง การแตกกอลดลง การพัฒนาของต้นข้าวช้า รวงข้าวจะน้อยและสั้น จำนวนเมล็ดต่อรวงลดลง จำนวนท้องไข่ของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น อาการขาดกำมะถันมักจะพบในดินที่

มีการผุพังอยู่กับที่สูงโดยแร่ในรูปออกไซด์ (oxide minerais) จะดูดยึดซัลเฟตไว้หรือพบในดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำ เนื้อดินเป็นทรายจัดหรือพื้นที่ๆ มีการเผาเศษพืชเป็นประจำ อาการขาดกำมะถันจะไม่ค่อยพบในข้าวนาดำ เพราะมีการใช้ปุ๋ยที่มีส่วนผสมของกำมะถัน เช่น ammonium sulfate เป็นต้น (Mamarik et al., 1979; Schnug, 1993; สุวพันธ์ และคณะ, 2543; สุพรชัย, 2554)

แคลเซียม พืชจะได้รับแคลเซียมในรูปแคลเซียม ไอออน (Ca^{2+}) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของโครงสร้างที่สำคัญในผนังเซลล์ มีส่วนช่วยในกระบวนการแบ่งเซลล์ การผสมเกสรและการงอกของเมล็ดพืช เป็นธาตุที่ช่วยส่งเสริมการนำธาตุไนโตรเจนจากดินมาใช้ให้เป็นประโยชน์มากขึ้น แคลเซียมจะมีความจำเป็นต่อพืชมากในระยะออกดอกและระยะที่สร้างเมล็ดพืช โดยจะมีส่วนช่วยในการเคลื่อนย้ายเก็บรักษาคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนในพืชเพื่อนำไปใช้ในการสร้างผลและเมล็ดต่อไป อาการของพืชที่ขาดแคลเซียมนั้นจะพบมากในบริเวณยอดและปลายราก ยอดอ่อนจะแห้งตาย ใบจะมีการม้วนงอไปข้างหน้าและขาดเป็นริ้วๆ ซึ่งจะเกิดที่ใบอ่อนก่อน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) อย่างไรก็ตามแคลเซียมยังคงเป็นธาตุที่ไม่ค่อยเป็นพิษต่อพืชมากนัก เพราะโดยทั่วไปสามารถปรับตัวให้เข้ากับปริมาณที่ได้รับได้ดีแม้ว่าพืชจะได้รับธาตุนี้มากเกินไป ซึ่งสาเหตุที่ไม่ค่อยเป็นพิษเนื่องจากพืชมีกลไกที่สามารถควบคุมปริมาณแคลเซียมในไซโทพลาซึมได้ แต่อาการเป็นพิษก็เกิดช้าและมักเป็นผลทางอ้อมมากกว่าทางตรง (Hanson, 1984)

แมกนีเซียม เป็นองค์ประกอบของส่วนที่เป็นสีเขียว ทั้งที่ใบและส่วนอื่นๆ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสร้างอาหารและโปรตีน พืชได้รับแมกนีเซียมในรูปแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) เป็นตัวกระตุ้นของเอนไซม์หลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับเมทาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต มีส่วนช่วยในการสังเคราะห์กรดอะมิโน วิตามิน ไขมัน และน้ำตาล ช่วยในการรักษาสภาพความเป็นกรด-ด่างภายในเซลล์ ช่วยในกระบวนการงอกของเมล็ดพืช และเป็นองค์ประกอบของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ในพืช 5-10% หากมีปริมาณแมกนีเซียมในใบเกินกว่า 20-25% ใบล่างจะเหลือง แต่เส้นกลางใบจะยังคงเขียวอยู่จากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสีขาวต่อไปก็จะกลายเป็นสีน้ำตาลแล้วดายในที่สุด (Wu et al., 1991) อาการขาดแมกนีเซียมจะสังเกตได้จากใบพืชที่เหลืองซีด ถ้าหากอาการขาดรุนแรงใบแก่จะมีอาการมากกว่าใบอ่อนจะทำให้ผลผลิตลดน้อยลง สาเหตุที่พืชขาดธาตุแมกนีเซียมนั้น เพราะปริมาณแมกนีเซียมที่อยู่ในดินถูกชะล้างลึกลงไปเกินกว่าที่รากพืชจะดึงดูดมาใช้ได้ และการที่มีปริมาณโพแทสเซียมสะสมในดินมากเกินไปก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่สำคัญ การแก้ไข สามารถทำได้โดยการปรับปรุงสภาพดิน ความเป็นกรด-ด่างของดินให้เหมาะสมต่อการดูดเข้าไปใช้ของพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; จีราภรณ์, 2554)

เหล็ก เป็นธาตุอาหารที่พบในใบและในส่วนต่างๆ ของเนื้อเยื่อ มีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมทาบอลิซึมของพืช และมีความสำคัญในการสร้างคลอโรฟิลล์ โดยจะถูกลำเลียงสู่ต้น

พืชผ่านผนังเซลล์บริเวณราก และเข้ามาสู่ระบบท่อลำเลียงน้ำเพื่อส่งผ่านไปยังส่วนต่างๆของพืช หรือมีการเคลื่อนย้ายผ่านทางท่อลำเลียงอาหารได้ด้วยเช่นกัน (Grusak and Dellapenna, 1999) โดยปกติการละลายของธาตุเหล็กจะขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน คือจะมีการละลายได้มากในดินกรดและน้อยในดินด่าง (Olsen et al., 1981) สำหรับรูปที่เป็นประโยชน์จะอยู่ในรูป Fe^{2+}และ Fe^{3+} ซึ่งความเป็นพิษของเหล็กมักจะเกิดขึ้นในดินทรายที่เป็นกรดและดินที่เป็นกรดซัลเฟต เช่น ในดินข้าวนาดำ (Yoshida, 1981) สำหรับข้าวที่ขาดธาตุเหล็ก มักเกิดในดินที่เป็นด่าง และเกิดในสภาพไร่หรือสภาพขาดน้ำมากกว่าสภาพน้ำขัง ในระยะแรกใบอ่อนหรือใบที่เกิดใหม่จะเป็นสีเหลือง ถ้าไม่ได้รับการแก้ไขอาจกลายเป็นสีขาวเกือบทั้งใบในขณะที่ใบแก่ยังคงเป็นสีเขียวถ้าอาการรุนแรงต้นข้าวจะกลายเป็นสีเหลืองและตาย รากข้าวมีสีดำปนเทา ส่วนใหญ่จะเกิดในแปลงที่มีการขาดน้ำจนดินแห้ง แต่ถ้ามีการให้น้ำท่วมแปลงอาจแก้อาการขาดธาตุนี้ได้ (สุวพันธ์ และคณะ, 2543)

แมงกานีส พืชได้รับแมงกานีสจากดินในรูปแมงกานีสไอออน (Mn^{2+}) แมงกานีสจะเป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์หลายชนิด มีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์แสง มีส่วนช่วยในขบวนการเมทาบอลิซึมของเหล็กและไนโตรเจน ทำหน้าที่ร่วมกับเหล็กในการควบคุม redox potential ในพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) อาการขาดและความเป็นพิษของแมงกานีสส่วนใหญ่แล้วมักไม่ค่อยเกิดในข้าวนาดำเพราะว่าแมงกานีสจะมีอาการขาดในการปลูกข้าวไร่มากกว่า เมื่อขาดจะส่งผลให้พื้นที่ระหว่างเส้นใบมีรอยด่างเหลืองโดยเริ่มจากปลายใบลงมาและจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม ใบอ่อนสั้นและแคบ และมีสีเขียวอ่อน ลำต้นแคระแกร็น แต่การแตกกอปกติ (Yoshida, 1981; International Rice Research Institute [IRRI], 1997)

โบรอน มีบทบาทเกี่ยวข้องต่อการดูดธาตุอาหารพืช ช่วยให้พืชดูดเอาธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียมและแคลเซียมไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีบทบาทในการสังเคราะห์แสง การย่อยโปรตีน คาร์โบไฮเดรด เพิ่มคุณภาพทั้งรสชาติ ขนาดและน้ำหนัก เพิ่มความสามารถในการเจริญเติบโต เพราะโบรอนจะควบคุมการดูดและคายน้ำของพืชในขบวนการปรุงอาหารอีกทางหนึ่ง ซึ่งความเป็นประโยชน์ของโบรอนจะสูงในดินที่เป็นกรดหากขาดธาตุโบรอนส่วนที่จะแสดงอาการเริ่มแรกคือยอดและใบอ่อน ส่วนยอดจะบิดงอ ใบอ่อนบางและโปร่งใสผิดปกติ เส้นกลางใบหนา กิ่งก้านจะแลดูเหี่ยว อาการขาดธาตุนี้จะเห็นเด่นชัดเมื่อต้นพืชขาดน้ำมากๆ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

ทองแดง พืชจะได้รับธาตุทองแดงอยู่ในรูป Cu^{2+}มีส่วนเกี่ยวข้องกับการสร้างส่วนที่เป็นสีเขียวของพืช ป้องกันการถูกทำลายส่วนสีเขียว เป็นองค์ประกอบของ electron carrier ในกระบวนการหายใจ มีส่วนช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์หลายชนิดในพืช นอกจากนี้ยังเป็นส่วนประกอบของน้ำย่อยในพืช ซึ่งมีผลต่อการปรุงอาหารของ

พืชโดยส่งผลต่อการเจริญเติบโตและติดดอกออกผล ช่วยให้ต้นพืชสามารถดูดเอาธาตุเหล็กที่อยู่ในดินนำมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น ซึ่งความเป็นประโยชน์ของทองแดงมักจะขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ถ้าใส่ปูนขาวลงไปในดินเพื่อแก้ความเป็นกรดจะทำให้ความเป็นประโยชน์ของทองแดงในดินลดลง ส่วนอาการขาดธาตุทองแดงของข้าวพบว่า มีการแตกกอน้อย ใบจะมีสีขาวแกมน้ำเงิน ปลายใบมีสีขาวและลุกลามลงล่างทั้งสองข้างของเส้นกลางใบ เมื่อขาดธาตุนี้มากๆปลายใบจะมีจุดแห้งสีน้ำตาลเข้ม ใบที่เกิดใหม่จะม้วน ไม่ค่อยคลาย มีลักษณะเรียวเหมือนเข็ม บางครั้งจะพบอาการนี้เพียงครึ่งใบเท่านั้น ส่วนอีกครึ่งใบยังคงเจริญเติบโตตามปกติ (สุวพันธ์ และคณะ, 2543)

สังกะสี เป็นส่วนประกอบที่จำเป็นของเอนไซม์หลายชนิดรวมทั้งออกซิน (auxins) และฮอร์โมนในพืช เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างกรดอินโดลอะเซติก (IAA) เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการสร้างคลอโรฟิลล์และการสร้างเมล็ดของพืช ตลอดจนมีบทบาทในการสังเคราะห์โปรตีน ช่วยส่งเสริมการใช้ประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัส และไนโตรเจนในพืช (สุวพันธ์ และคณะ, 2543) โดยรูปที่พืชจะดูดมาใช้ได้ คือ Zn^{+2} อาการขาดจะส่งผลที่ใบแก่ของพืชมักจะปรากฏในใบที่ 2 หรือใบที่ 3 ส่วนยอดของใบจะมีสีขาว ลำต้นจะแคระแกร็น การแตกกอลดลง เส้นกลางใบของใบอ่อนโดยเฉพาะที่โคนใบจะกลายเป็นสีเขียวจางๆ ใบล่างของต้นข้าวจะมีสีเหลืองโดยเริ่มมีสีเขียวจางระหว่างเส้นใบ เกิดแผลเป็นจุดหรือขีดสีน้ำตาลขึ้นใกล้ปลายใบ กับในส่วนล่างของต้น ขนาดของใบเล็กลง แต่กาบใบยังคงมีขนาดปกติ การเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอ ต้นข้าวแก่ช้า มักจะพบเมื่อปลูกในดินที่เป็นด่างหรือดินที่มีน้ำขังเป็นเวลานาน อาการขาดมีแนวโน้มรุนแรงขึ้นหากมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและ ปุ๋ยฟอสเฟต ในอัตราสูง (ยงยุทธ, 2543; สุวพันธ์ และคณะ, 2543; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา , 2544)

โมลิบดีนัม เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ไนโตรรีดักเตส จึงมีบทบาทในการนำไนเตรทไปใช้ประโยชน์ และยังจำเป็นสำหรับกระบวนการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และเอนไซม์บางชนิดในพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ส่งเสริมการทำงานของธาตุไนโตรเจนในพืชให้สมบูรณ์ขึ้น นอกจากนี้ยังจำเป็นสำหรับขบวนการสร้างสารสีเขียวและน้ำย่อยภายในพืชบางชนิดด้วย (สุพรชัย, 2554) และเป็นธาตุที่พืชต้องการเพียงเล็กน้อย โมลิบดีนัมสามารถละลายออกมาในช่วงความเป็นกรด-ด่างที่ 7-8 พืชที่ขาดธาตุนี้ที่ใบจะเป็นจุดด่างในขณะที่เส้นใบยังเขียวอยู่ ถ้าขาดธาตุนี้รุนแรง ใบจะม้วนเข้าข้างใน ลักษณะที่ปลายและขอบใบจะแห้ง ดอกร่วง และผลแคระแกร็นไม่เติบโตเต็มที่ จะทำให้การสังเคราะห์แสงของพืชหยุดชะงัก (ยงยุทธ, 2543)

คลอรีน มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการรักษาสมดุลของน้ำภายในเซลล์พืช และมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการสลายน้ำด้วยแสง พืชมักจะไม่ขาดคลอรีน เนื่องจากเป็นธาตุที่มีอยู่มากและ

มีทั่วไปในธรรมชาติ ละลายน้ำได้ง่าย อาการขาดก็จะสังเกตได้คือ ใบอ่อนจะมีสีเหลือง ยอดอ่อนจะเหี่ยว ต้นพืชจะแสดงอาการเหี่ยว และพืชบางชนิดใบตายเป็นจุด (เกษมศรี, 2541; อรวรรณ, 2551)

นิเกิล เป็นธาตุที่มีความสำคัญกับเมล็ดพืช และการงอกของเมล็ด เนื่องจากเมล็ดพืชต้องการธาตุนิเกิลเพื่อจะทำให้เมล็ดมีการงอกได้ดี อาการขาดยังไม่พบในดินทั่วไป เนื่องจากในดินทุกชนิดจะมีปริมาณธาตุนิเกิลที่เพียงพอต่อความต้องการของเมล็ดอยู่แล้ว ถ้าเกิดอาการขาดจะทำให้ใบอ่อนมีสีเหลืองและกลายเป็นสีน้ำตาล สำหรับอาการเป็นพิษ จะเห็นได้จากการเจริญเติบโตชะงัก ใบอ่อนเหลืองคล้ายขาดธาตุเหล็ก และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและแห้งตายอย่างรวดเร็ว ใบแก่อาจจะมีสีส้ม

ซิลิกา จะสะสมอยู่บริเวณผนังเซลล์พืชซึ่งพบว่า จะทำให้พืช เช่น ข้าว สามารถเพิ่มความทนทานต่อความร้อน ความแห้งแล้ง และต้านทานต่อแมลงและการเข้าทำลายของโรคด้วย

วานาเดียม สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตให้พืชบางชนิด เช่น หน่อไม้ฝรั่ง ข้าว ผักสลัด และข้าวโพด (อรวรรณ, 2551)

ดินที่เหมาะสมในการปลูกข้าว

ข้าวสามารถขึ้นได้ในดินที่มีลักษณะที่เป็นดินทรายจนถึงดินเหนียว สำหรับดินที่มีส่วนประกอบของดินเหนียวที่สามารถอุ้มน้ำได้ดีมีเนื้อละเอียดจะมีความอุดมสมบูรณ์สูงกว่าดินที่มีเนื้อหยาบ เช่น ดินทราย ทั้งนี้ดินเหนียวจะมีอินทรียวัตถุในระดับสูงและมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุสูง ทำให้ต้นข้าวสามารถดูดธาตุอาหารได้ดีและดินเหนียวยังมีช่องระหว่างอนุภาคดินขนาดเล็กทำให้น้ำเคลื่อนที่ได้ช้า จึงสามารถช่วยลดความสูญเสียธาตุอาหารหรือน้ำเนื่องมาจากการชะล้างหรือซึมลงสู่ดินชั้นล่าง

สำหรับดินที่ไม่เหมาะสมในการปลูกข้าวได้แก่ ดินที่มีองค์ประกอบของเนื้อดินส่วนใหญ่เป็นทราย ทั้งนี้เพราะไม่สามารถอุ้มน้ำได้ดีและมีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ โดยลักษณะดินในประเทศไทยแต่ละภาคจะมีสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น ภาคใต้เนื้อดินจะเป็นพวกดินเหนียวร่วน และดินทรายร่วนซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำกว่าภาคเหนือ ส่วนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือนั้นส่วนใหญ่จะเป็นดินทราย ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยปกติแล้วข้าวจะถูกปลูกในสภาพดินที่มีน้ำขังเป็นส่วนใหญ่ ดินนาจึงมักจะอยู่ในสภาพกรดมากกว่าสภาพด่าง ดังนั้นคุณสมบัติทางกายภาพของดินจึงมีอิทธิพลน้อยต่อการเจริญเติบโตของข้าว อย่างไรก็ตามความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุของดินเหนียวนั้นยังคงขึ้นอยู่กับระดับความเป็นกรด-ด่างของดินเช่นกัน โดยดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลางจะมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุได้ดีที่สุด จะเห็นได้ว่าดินในประเทศส่วนใหญ่มีการแลกเปลี่ยน

ประจุที่ต่ำเพราะโดยทั่วไปดินนาของประเทศไทยจะมีความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยที่ 5.2 ซึ่งมีสภาพเป็นกรด (บุญหงษ์, 2547)

ดังนั้นสมบัติทางกายภาพ ของดินที่สำคัญมีสองปัจจัย คือ ชนิดหรือประเภทเนื้อดิน (soil texture) และโครงสร้างของดิน (soil structure) ซึ่งจากสมบัติและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยดินทั้งสองปัจจัยนี้ พบว่ามีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความเป็นประโยชน์ การเคลื่อนที่ของน้ำและการถ่ายเทอากาศในดิน (ปิยะ, 2553) ซึ่งดินที่มีโครงสร้างดีเหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืช ย่อมต้องมีเม็ดดินขนาด 1 ถึง 10 มิลลิเมตร มีรูพรุนขนาดใหญ่ (> 75 ไมโครเมตร) เพียงพอสำหรับการระบายอากาศ และควรมีช่องว่างขนาดเล็ก (0.2-30 ไมโครเมตร) มากพอที่จะเก็บกักน้ำไว้ให้พืชใช้สอย รวมถึงการระบายน้ำส่วนเกินออกไปได้สะดวก และมีอินทรียวัตถุสูง (มากกว่า 3%) (Tisdall and Oades, 1982; ยงยุทธ และคณะ, 2554) เมื่อพิจารณาความเหมาะสมของดินสำหรับข้าว พบว่าร้อยละ 91 ของพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่มีชั้นดินที่ไม่ค่อยเหมาะสมสำหรับการปลูกข้าว และมีข้อจำกัดด้านต่างๆ เช่น ด้านสภาพพื้นที่ที่มีก้อนกรวดมาก และมีพื้นหินโพล่เหล่านี้ยากต่อความเหมาะสมกับข้าวและความต้องการของการปลูกข้าว แต่อย่างไรก็ตามพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกข้าวมีเพียงร้อยละ 4 นั้น พบว่าในบริเวณบางพื้นที่ของอำเภอแม่ริม ดอยสะเก็ด หางดง ฝาง แม่อายและสันกำแพง ส่วนชั้นดินที่มีความเหมาะสมดีแต่มีข้อจำกัดด้านเนื้อดินซึ่งยังต้องการการพัฒนาด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินเพื่อปรับปรุงโครงสร้างของเนื้อดินมีอยู่ถึง 503,938 ไร่ ที่มีศักยภาพจะพัฒนาผลผลิตข้าวนาปีให้ดีขึ้นได้โดยวิธีการจัดการธาตุอาหารแบบผสมผสาน ดังนั้นอินทรียวัตถุจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและกำหนดสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของดิน เช่น การปลดปล่อยธาตุอาหารหลักของพืชให้กับดิน ช่วยให้ดินเกาะตัวกันเป็นโครงสร้าง เพิ่มการดูดยึดน้ำในดิน เพิ่มการระบายอากาศ ลดอัตราการชะล้างพังทลายของดิน ส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน และการปรับปรุงบำรุงดินโดยการเพิ่มอินทรียวัตถุในดินจึงเป็นแนวทางที่จะเพิ่มศักยภาพในการผลิตข้าวได้อย่างยั่งยืน (พิทยากร, 2535) โดยผลการทดลองของ เครือมาส (2554) ได้ทดลองแนวโน้มการสะสมคาร์บอนในดินที่ใช้ปลูกข้าวจากการใส่ฟางข้าวแห้งและฟางข้าวเผา โดยหลังจากการปลูกข้าวหนึ่งฤดูกาลได้วิเคราะห์คุณสมบัติของดินโดยเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของดินก่อนการเพาะปลูกซึ่งประกอบด้วยค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ความหนาแน่นรวมในดิน ค่าไนโตรเจนทั้งหมด ค่าคาร์บอนทั้งหมด และค่าอัตราส่วน C:N จากดินที่ใช้ในการเพาะปลูก ผลการศึกษาพบว่าหลังจากการเพาะปลูกข้าวในดินผสมฟางข้าวแห้งมี ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินสูงกว่าดินธรรมดา ส่วนการปลูกข้าวในดินธรรมดาทำให้มี ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสะสมในดินน้อยที่สุด สำหรับในดินผสมฟางเผา พบว่ามีปริมาณ ฟอสฟอรัสและ

โพแทสเซียมสูงที่สุด ซึ่งช่วยให้ข้าวมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและการพัฒนาของเมล็ดข้าวสูงที่สุด แต่ไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตข้าว ดังนั้นดินที่ใส่ฟางข้าวแห้งมีแนวโน้มที่จะใช้ในการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ลดการไถพรวน และมีแนวโน้มในการเก็บธาตุคาร์บอนไว้ในดินในพื้นที่ปลูกข้าวได้มากที่สุด ซึ่งแตกต่างกับงานทดลอง

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว

ปุ๋ยอินทรีย์ เป็นปุ๋ยที่ได้มาจากธรรมชาติ จากเศษซากพืชและสัตว์ที่ตายแล้ว ตลอดจนสิ่งขับถ่ายออกมาจากสัตว์รวมไปถึงการหมักขยะหรือการไถกลบพืชสด โดยที่ปุ๋ยอินทรีย์จะมีการเรียกชื่อต่างๆ กัน แล้วแต่แหล่งที่มาหรือจากวิธีการทำ เช่น ปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักเศษขยะ หรือเศษพืช ปุ๋ยคอกได้มาจากมูลสัตว์ต่างๆ ปุ๋ยพืชสดได้จากการไถกลบพืชตระกูลถั่วสดๆ ลงไปในดิน ซึ่งจะไถกลบขณะพืชกำลังออกดอก โดยปุ๋ยอินทรีย์จะมีธาตุอาหารที่สำคัญได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปริมาณที่ต่ำแต่จะปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับพืชอย่างช้าๆ จึงทำให้ต้องใช้ปุ๋ยอินทรีย์จำเป็นต้องใช้ในปริมาณสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี (ประเสริฐ, 2543) และเนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณธาตุอาหารพืชอยู่เพียงเล็กน้อย โดยธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ เช่น ไนโตรเจนอยู่ในสารประกอบจำพวกโปรตีน เมื่อใส่ลงไปในดิน พืชจะไม่สามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ทันที แต่ต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดินแล้วปลดปล่อยธาตุอาหารเหล่านั้นออกมาในรูปสารประกอบอนินทรีย์ จากนั้นพืชจึงดูดไปใช้ประโยชน์ได้ (ปรัชญาและจิรวรรณ, 2553) ซึ่งดินที่มีสภาพความเป็นกรดเมื่อมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ จะทำให้เกิดปฏิกิริยากับอะลูมินัม ผลของปฏิกิริยาดังกล่าวทำให้เกิดการปลดปล่อย OH^- มาทำปฏิกิริยา H^+ ลดความเป็นกรดทำให้ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น (Parfitt et al., 1977) ดังนั้นดินที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ต่างชนิดกันจะส่งผลให้ดินมีความสามารถในการรักษาการดูดซับธาตุอาหารได้ต่างกันด้วย เนื่องจากการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์นั้นมีส่วนประกอบที่สำคัญแตกต่างกัน (Inoue, 1991) จากผลการทดลองของ รจนา และคณะ (2555) ได้ทำการทดลองใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี พบว่าปริมาณการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราและวิธีการที่แตกต่างกันนั้นไม่ส่งผลให้ ผลผลิตข้าวแตกต่างกันทางสถิติ และนอกจากนี้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินยังเป็นพารามิเตอร์ที่บ่งชี้ถึงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งในดินหลังจากการปลูกข้าวพบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุแตกต่างกันเมื่อใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่แตกต่างกันในทุกพื้นที่ ยกเว้นที่จังหวัดนครพนม และอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยภาพรวมแล้วการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ดินหลังปลูกมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงสุด รองลงมาคือ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา

300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 อัตรา 6.25 กิโลกรัมต่อไร่ และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ เพียงอย่างเดียว

ความสำคัญของปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์มีความสำคัญต่อการปรับปรุงดินมาก เพราะเป็นแหล่งที่สำคัญของอินทรียวัตถุที่จะทำให้สภาพต่างๆ ของดินดีขึ้น ความสำคัญของปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงบำรุงดินสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ปุ๋ยอินทรีย์โดยทั่วไปจะมีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมน้อย แต่จะมีธาตุอาหารรองและจุลธาตุพอเพียงหรือเกือบเพียงพอตามความต้องการของพืช

2. ในระยะแรกๆ ปุ๋ยอินทรีย์อาจทำให้พืชมีผลผลิตไม่สูงมากนัก แต่ถ้าพิจารณาในระยะยาวแล้วผลผลิตของพืชจะสูงขึ้นมาก เนื่องจากคุณสมบัติของดินดีขึ้นเรื่อยๆ

3. ปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยให้ความเป็นกรด-ด่างของดินเปลี่ยนแปลงได้ยากขึ้น รวมทั้งช่วยดูดยึดธาตุอาหารต่างๆ เอาไว้ไม่ให้สูญเสียไปจากดินได้โดยง่าย

4. ส่งเสริมให้อนุภาคของดินจับตัวกันเป็นก้อนหรือเป็นเม็ดดิน ดินไม่อัดตัวกันแน่น มีการถ่ายเทอากาศดี การอุ้มน้ำและการไหลซึมของน้ำในดินดีขึ้น

5. ส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดิน จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่มีประโยชน์ในดินเป็นพวกเฮเทอโรโทรป ซึ่งต้องใช้สารอินทรีย์จากดินเป็นแหล่งของอาหาร การเติมปุ๋ยอินทรีย์ลงไปในดินจึงเป็นการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วย

6. สามารถหาปุ๋ยอินทรีย์ได้ตามท้องถิ่นหรือตามฟาร์มทั่วไป บางกรณีอาจไม่ต้องซื้อหรือซื้อในราคาถูก

7. ถ้าพิจารณาถึงคุณค่าของปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงดินนอกเหนือไปจากปริมาณธาตุอาหารหลักที่มีอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์แล้วยังมีประโยชน์ในด้านอื่นอีก เช่น การอุ้มน้ำ การถ่ายเทอากาศ การรักษาคุณสมบัติของดินในระยะยาว ปุ๋ยอินทรีย์จะมีราคาที่ถูกกว่าปุ๋ยเคมีเป็นอย่างมาก

8. วิธีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ไม่ยุ่งยาก ใช้วิธีการเช่นเดียวกันกับปุ๋ยเคมี

9. ธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์จะมีโอกาสสูญเสียน้อย เพราะธาตุอาหารบางส่วนเป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ในปุ๋ยและบางส่วนจะถูกดูดยึดอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์ในรูปของคีเลต (chelate) (ปริญญา, 2550)

ปุ๋ยพืชสด

เป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการไถกลบพืชลงไปในดินในขณะที่ยังเขียวสดอยู่ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงบำรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ โดยระยะเวลาที่เหมาะสมในการไถกลบพืชส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงที่พืชออกดอกเพราะจะทำให้น้ำหนักสดและปริมาณธาตุอาหารสูง (พงษ์, 2547) ซึ่งคุณค่าของปุ๋ยพืชสดจะช่วยให้ดินเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าว เพิ่มอินทรียวัตถุและให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น การปลูกพืชสดควรปลูกก่อนปลูกข้าวหรือพืชหลัก 2-3 เดือน แล้วไถกลบเมื่อพืชสดโตเต็มที่ หรือช่วงที่พืชกำลังออกดอก โดยการสลายตัวของซากพืชหรืออินทรียวัตถุสามารถทำได้ 2 ขบวนการตามสภาพแวดล้อม คือ สภาพที่คอนไม่มีน้ำขัง การสลายตัวจะได้สารพวกอ๊อกไซด์ เช่น ไนเตรท ซัลเฟตและคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีส่วนที่สลายตัวยากรวมอยู่ด้วย หลังจากไถกลบควรทิ้งระยะเวลาการสลายตัว 2-3 สัปดาห์ แล้วจึงปลูกพืชหลัก ขบวนการที่สอง เป็นการสลายของอินทรียวัตถุในสภาพที่มีน้ำขัง เช่น ในนาข้าว ขบวนการเกิดขึ้นช้ากว่าขบวนการแรก ผลจากการย่อยสลายจะได้พวกก๊าซต่างๆ เช่น แอมโมเนีย มีเทน ไฮโดรเจน คาร์บอนไดอ๊อกไซด์ และกรดอินทรีย์ต่างๆ ดังนั้นการไถกลบพืชสดในนาข้าว ควรทำขณะเมื่อมีน้ำขังในนาหรือก่อนที่จะมีน้ำขังเล็กน้อยเท่านั้น เพราะถ้าไถกลบก่อนมีน้ำขังนานๆ การสลายตัวของพืชสดจะเกิดขึ้นในสภาพที่ไม่มีน้ำ ทำให้ได้ไนโตรเจนในรูปของไนเตรท และเมื่อน้ำเข้านา ไนเตรทก็จะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นก๊าซไนเตรท โดยขบวนการ Denitrification สูญเสียไนโตรเจนไปในบรรยากาศ ส่วนการไถกลบในสภาพน้ำขังไนโตรเจนจะค่อยๆ ถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของก๊าซแอมโมเนีย ซึ่งต้นข้าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที (ประเสริฐ, 2543) นอกจากนี้การสลายตัวของปุ๋ยพืชสดในดินที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง (pH 6.5-7.0) จึงเร็วกว่าดินเป็นกรดและด่าง ตลอดจนดินเค็ม ดินโซดิกและดินเค็มโซดิก และการสลายตัวของปุ๋ยพืชสดจะช้า ในดินเหนียวซึ่งมีค่า CEC สูง เช่น การไถกลบตอซังข้าวพร้อมปุ๋ยพืชสดในดินนาที่มีเนื้อดินต่างกันเป็นเวลา 32 วัน ได้ผลว่าการปลดปล่อยไนโตรเจนในดินเหนียวและดินร่วนปนดินเหนียวมีค่า 15.6 และ 26.2% ตามลำดับ (ยงยุทธ และคณะ, 2554)

ประโยชน์จากการใช้ปุ๋ยพืชสด

1. เพิ่มอินทรียวัตถุในดินและเป็นการทดแทนอินทรียวัตถุในดินที่สูญเสียไปเนื่องจากการเพาะปลูกพืชโดยช่วยส่งเสริมและสนับสนุนกิจกรรมการย่อยสลายซากพืช โดยจุลินทรีย์ในดิน อินทรียวัตถุที่ได้จากการไถกลบซากพืชและย่อยสลายแล้วนี้จะแทรกอยู่ระหว่างเม็ด

ดิน ทำให้ร่วนซุย และอุ้มน้ำได้ดี จึงเป็นการช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

2. เพิ่มไนโตรเจนให้แก่ดิน

3. รักษาปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน เนื่องจากพืชที่ปลูกเป็นปุ๋ยพืชสด จะใช้ประโยชน์จากปุ๋ยที่ตกค้างอยู่จากการใส่ให้พืชหลัก ซึ่งเป็นการป้องกันการสูญเสียมิให้ธาตุอาหารพืชนั้นๆ ถูกชะล้างไป และเมื่อไถกลบปุ๋ยพืชสดนั้นแล้ว ปริมาณธาตุอาหารก็จะกลับลงไปสู่ดินเหมือนเดิม เป็นการเพิ่มธาตุอาหารในดิน และรากของพืชเหล่านี้ที่ชอนไชอยู่ในดิน จะทำให้มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศในดินมากขึ้น

4. ช่วยในการอนุรักษ์ดินและน้ำ พืชที่ปลูกเป็นพืชคลุมดินก็จะช่วยไม่ให้หน้าดินเกิดการชะล้างพังทลาย อันเกิดจากน้ำและลมได้ การคลุมดินของพืชเหล่านี้จะช่วยลดปริมาณวัชพืช และเป็นการลดต้นทุนในการซื้อสารเคมีเพื่อป้องกันกำจัดวัชพืช (บัญชา, 2552)

5. การใช้ปุ๋ยพืชสดทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเปลี่ยนได้สองทางคือ ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินด่างลดลง และค่าความเป็นกรด-ด่างของดินกรดเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสภาพที่ส่งเสริมการละลายของสารประกอบฟอสเฟตในดินเช่นเดียวกัน เช่น การขังน้ำดินกรด (pH 5.8) เป็นเวลา 50 วัน ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มจาก 0.8 กก.P/ไร่ เป็น 2.4 กก.P/ไร่ แต่ถ้าใส่ปุ๋ยพืชสดจะเพิ่มเป็น 4.1 กก.P/ไร่ นอกจากนี้กรดอินทรีย์และสารประกอบอินทรีย์หลายชนิดที่เกิดจากการสลายตัวของปุ๋ยพืชสด เป็นสารคีเลตที่สามารถทำปฏิกิริยาคีเลชันกับไอออนของธาตุแคลเซียม เหล็ก แมงกานีสและอะลูมิเนียม จึงป้องกันมิให้ไอออนของธาตุที่กล่าวมาไปทำปฏิกิริยากับฟอตเฟตรูปที่เป็นประโยชน์ในดินอีก จึงป้องกันการตรึงฟอสฟอรัสในดินนาน้ำขังได้อีกทางหนึ่ง

6. การใส่ปุ๋ยพืชสดทำให้ความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดินสูงขึ้น เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์และกรดอินทรีย์ จากกระบวนการย่อยสลายซากพืช ช่วยละลายแร่ที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ จึงเพิ่มโพแทสเซียมไอออนในสารละลายดิน

7. การใส่ปุ๋ยพืชสดทำให้ความเป็นประโยชน์ของแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินสูงขึ้น เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากกระบวนการสลายตัวของซากพืช ช่วยละลายแคลเซียมและแมกนีเซียมคาร์บอเนต จึงเพิ่มแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออนในดิน (ยงยุทธ และคณะ, 2554)

แหนแดง

จัดอยู่ในกลุ่มของปุ๋ยพืชสดชนิดหนึ่ง ลักษณะของแหนแดงเป็นเฟิร์นขนาดเล็ก มีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอาศัยอยู่ในโพรงใบ ช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้กับแหนแดง ทำให้มีไนโตรเจนสูงสามารถใช้เป็นปุ๋ยพืชสดได้ดี และช่วยควบคุมวัชพืชในนาข้าวได้ (วิภา และคณะ, 2555) ดังนั้นแหนแดงจัดเป็นปุ๋ยชีวภาพชนิดหนึ่ง ถูกนำมาใช้ในรูปปุ๋ยพืชสดในนาข้าว สามารถขยายได้รวดเร็ว เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจะให้ผลผลิตถึง 2-3 ตันต่อไร่ ภายในระยะเวลาประมาณ 30 วัน และสามารถตรึงไนโตรเจนได้ถึง 5-10 กิโลกรัมต่อไร่ จากนั้นไนโตรเจนจะค่อยๆ ถูกปลดปล่อยออกมาหลังจากแหนแดงย่อยสลาย เนื่องจากแหนแดงมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) ต่ำ ทำให้สามารถย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาให้พืชใช้ได้อย่างรวดเร็ว ทำให้แหนแดงถูกนำมาใช้เป็นปุ๋ยพืชสด เพื่อทดแทนปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว (กองบรรณาธิการ, 2553) ซึ่งแหนแดงมีปริมาณธาตุ N-P_2O_5-K_2O ประมาณ 2-6, 0.2-1, 1-3 ของน้ำหนักแห้ง มีน้ำเป็นองค์ประกอบมากกว่าร้อยละ 92-94 ของน้ำหนักสด และใน 1 ไร่ อาจจะเลี้ยงแหนแดงได้น้ำหนักสดถึง 3 ตัน เพื่อช่วยตรึงไนโตรเจนได้สูงถึง 6 กิโลกรัมต่อไร่ (วิเชียร, 2548) เพราะฉะนั้นการตรึงไนโตรเจนของแหนแดง จะอยู่ในรูปของไนเตรทและแอมโมเนียม แต่โดยทั่วไปแล้วพบไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของไนเตรทเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งความสามารถในการตรึงไนโตรเจนของแหนแดงจะเป็นพวกไดอะดอมและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่อาศัยอยู่ส่วนรากปลายยอดอ่อน หรือเข้าไปอยู่ในโพรงใบตรงฐานของกาบใบเรียกสาหร่ายชนิดนี้ว่า Azolla-Anabaena และการตรึงไนโตรเจนอีกทางหนึ่งจะเกิดจากการรีดิวซ์ก๊าซไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนียโดยเอนไซม์ไนโตรจีเนสทำให้เจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีไนโตรเจนต่ำ (ประเสริฐ, 2543)

การเลี้ยงแหนแดงเพื่อใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าว อาจจะเลี้ยงระยะก่อนปักดำ 3 สัปดาห์ แล้วไถกลบพร้อมกับการเตรียมแปลงปักดำข้าว หรือเริ่มเลี้ยงพร้อมปักดำเมื่อแหนแดงขยายเต็มพื้นที่แล้วปล่อยให้ตายเองตามธรรมชาติ หรืออาจจะใช้ทั้งสองวิธีดังกล่าวร่วมกัน ซึ่งการที่จะเลือกเลี้ยงขยายแหนแดงก่อนหรือพร้อมปักดำนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยเรื่องน้ำเป็นสำคัญ โดยแหล่งที่สามารถควบคุมได้ เช่น ในเขตชลประทาน สามารถจะเอาน้ำเข้าออกได้สะดวก การเลี้ยงแหนแดงก่อนปักดำก็กระทำได้โดยง่าย ในกรณีพื้นที่นอกเขตชลประทานที่ไม่สามารถควบคุมน้ำได้ก่อนฤดูทำนา น้ำจึงเป็นปัญหาที่สำคัญ ดังนั้นชาวนาก็ไม่สามารถหาน้ำมาใช้ได้เพียงพอ แต่ระยะหลังจากปักดำข้าวแล้วพื้นที่นาส่วนใหญ่จะมีน้ำขังอยู่ตลอด จะเห็นได้ว่านาในเขตชลประทานสามารถเลี้ยงขยายแหนแดงได้สะดวกทั้งก่อนปักดำและระยะหลังปักดำหรือใช้ทั้งสองวิธีร่วมกัน แต่นาน้ำฝนหรือนานอกเขตชลประทาน การเลี้ยงขยายแหนแดงพร้อมปักดำจะสามารถปฏิบัติได้สะดวกกว่าวิธี

เลี้ยงก่อนปักดำ (ประเสริฐ, 2543) โดยสอดคล้องกับการทดลองของ ประยูร และคณะ (2526) ได้ทดลองใช้แหนแดงเป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี ผลการทดลองพบว่า การเลี้ยงขยายแหนแดงมีวิธีที่แตกต่างกัน คือ (1) เลี้ยงขยายก่อนปักดำไถกลบวันปักดำเมื่อแหนแดงอายุได้ 20 วัน (2) เลี้ยงขยายหลังปักดำไถกลบเมื่ออายุได้ 20 วัน และ (3) เลี้ยงขยายหลังปักดำโดยไม่มีการกลบแหนแดง ทั้งสามวิธีสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวใกล้เคียงกัน และพอๆ กับปุ๋ยเคมีอัตรา 4.8 กิโลกรัมไร่ ซึ่งการเลี้ยงขยายแหนแดงหนึ่งชุดทั้งวิธีเลี้ยงขยายก่อนปักดำ และวิธีเลี้ยงขยายหลังปักดำแล้วร่วมกับปุ๋ยเคมี 4.8 กิโลกรัมไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้พอๆ กับปุ๋ยเคมีอัตรา 9.6 กิโลกรัมไร่ และใกล้เคียงกับการเลี้ยงขยายแหนแดงสองชุด โดยเลี้ยงขยายก่อนปักดำหนึ่งชุดร่วมกับเลี้ยงขยายหลังปักดำอีกหนึ่งชุด หรือเลี้ยงขยายหลังปักดำแล้วทั้งสองชุด โดยวิธีการเลี้ยงขยายแหนแดงวิธีต่างๆ และการใช้ปุ๋ยเคมีทุกอัตราไม่ทำให้ผลผลิตข้าวแตกต่างกัน ในขณะที่ หรรษา และคณะ (2540) ได้ศึกษาการใช้แหนแดงในปุ๋ยพืชสดในนาราษฎร์จังหวัดอุบลราชธานี พบว่าแหนแดงสามารถเลี้ยงขยายเป็นปุ๋ยพืชสดในนาเกษตรกรได้ และจะได้ในปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมโดยการเลี้ยงขยายแหนแดงพันธุ์เดียวหรือขยายสองพันธุ์ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ จะให้ผลผลิตข้าวพอๆ กัน และคล้ายกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย 5 กิโลกรัมต่อไร่ แต่การเลี้ยงขยายแหนแดงเป็นปุ๋ยพืชสดในระยะยาวย่อมจะดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว เพราะแหนแดงนอกจากจะมีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศแล้วยังเป็นปุ๋ยพืชสดเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน ทำให้สมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้นเหมาะสมกับนาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นดินทรายมีอินทรียวัตถุต่ำมาก

ปุ๋ยคอก

เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งขับของสัตว์ เช่น วัว ควาย สุกร ม้า เป็ด ไก่ แพะ แกะ ค้างคาว และสัตว์อื่นๆ ที่ผสมกับเศษอาหารต่างๆ เข้าไปด้วย นอกจากนี้ยังรวมถึงวัสดุรองพื้นคอกสัตว์ได้แก่ ฟางข้าว แกลบ และเศษหญ้า เป็นต้น ในปุ๋ยคอกจึงมีจุลินทรีย์และสารอินทรีย์ต่างๆ มากมาย มีทั้งพวกที่เป็นฮิวมัสที่ประกอบไปด้วยธาตุอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ง่าย และส่วนของอาหารที่ยังสลายตัวไม่หมด มีทั้งส่วนที่เป็นเซลลูโลส ลิกนิน และสารอินทรีย์อื่นๆ นอกจากนั้นยังพบว่ามีวิตามิน และฮอร์โมนพืช เช่น กรดอะมิโน ไทอามีน (thiamine) ไบโอติน (biotin) และไพริดอกซิน (pyridoxine) เป็นต้น และปุ๋ยคอกแต่ละชนิดมีธาตุอาหารที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอาหารที่ให้สัตว์แต่ละชนิดหรือการจัดการดูแลสัตว์ด้วยเช่นกัน (ประเสริฐม 2543; ปริญญา,

2550; สารานุกรมภูมิปัญญาท้องถิ่นไทย, 2556) โดยปกติระบบการย่อยอาหารของสัตว์สามารถดูดสารอาหารไปได้เพียงบางส่วนที่เหลือจะออกมากับสิ่งขับถ่ายคือ ประมาณร้อยละ 75 ของไนโตรเจน ร้อยละ 80 ของฟอสฟอรัส และร้อยละ 90 ของโพแทสเซียมในอาหารจะตกค้างอยู่ในมูลที่ขับถ่าย ดังนั้นปุ๋ยคอกจึงเป็นแหล่งที่สำคัญของธาตุอาหารพืช (ยงยุทธ และคณะ, 2554) และในมูลของสัตว์ปีกจะมีปริมาณธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงกว่าสัตว์ชนิดอื่น เนื่องจากในมูลของสัตว์ปีกจะมี uric acid ที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายไปเป็น ammonia ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างรวดเร็ว และโดยปกติเมื่อสัตว์กินอาหารเข้าไป ธาตุอาหารจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ไม่หมด กล่าวคือ ประมาณ 3/4 ของธาตุไนโตรเจน 4/5 ของธาตุฟอสฟอรัส และ 9/10 ของธาตุโพแทสเซียม และยังคงเหลืออยู่ในมูลที่สัตว์ขับถ่ายออกมา ดังนั้นปุ๋ยคอกจึงเป็นแหล่งธาตุอาหารหลักและรองที่สำคัญมากแหล่งหนึ่ง (แววตา และคณะ, 2534) โดยการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยมูลวัวและมูลไก่ ออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชนั้น ควรมีความสัมพันธ์ของ C:N ที่ต่ำกว่า 13 ซึ่งจะปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาให้พืชในช่วงสั้นได้ดีกว่าพวกที่มีค่า 13-15 และที่สูงกว่า 15 จะปลดปล่อยได้น้อย ดังนั้น C:N ของปุ๋ยอินทรีย์จึงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งในการประเมินผลของปุ๋ยต่อพืชในช่วงสั้น (Hartz et al., 2000; Qian and Schoenau, 2002) และการนำปุ๋ยคอกไปใช้ในข้าวให้ได้ผลดี ควรหว่านปุ๋ยให้กระจายสม่ำเสมอให้ทั่วแปลงนา ขณะที่มีการเตรียมดินแล้วทำการคราดกลบทิ้งไว้ประมาณ 15-30 วันก่อนทำการปลูกข้าว ซึ่งจะทำให้ธาตุอาหารในปุ๋ยคอกปลดปล่อยออกมาพอดีกับช่วงที่พืชต้องการธาตุอาหารพร้อมทั้งยังสามารถช่วยลดปฏิกิริยาการย่อยสลายของปุ๋ยคอก ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความร้อนอาจเป็นอันตรายต่อข้าวที่กำลังงอกได้ (สารานุกรมภูมิปัญญาท้องถิ่นไทย, 2556)

ผลของการนำปุ๋ยคอกไปใช้ในนานับเป็นหนทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุและธาตุอาหารให้แก่ดิน โดยจากการศึกษาของ Magdoff and Amadon (1980) ที่ได้ทำการศึกษาที่การปลูกข้าวโพดโดยใช้ปุ๋ยคอกจากโคนมในรัฐเวอร์มอนต์ ประเทศอเมริกา พบว่าการใส่ปุ๋ยคอกทำให้อินทรียวัตถุ ความเป็นกรด-ด่าง ธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมในดินเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใส่ปุ๋ยคอกจะช่วยรักษาระดับของอินทรียวัตถุให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช และปุ๋ยคอกที่เกษตรกรใช้ส่วนใหญ่ได้มาจากมูลโค มูลกระบือที่ใช้ฟางข้าวแห้งปริมาณมาก (C/N ratio ประมาณ 80:1) ทำให้ได้ปุ๋ยคอกที่มี C:N กว้าง ดังนั้นการปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติจะใช้เวลานานราว 3 เดือน ซึ่งอาจจะทำให้ธาตุอาหารบางอย่าง เช่น ไนโตรเจน เปลี่ยนเป็นแอมโมเนียระเหยหรือละลายน้ำไปได้ ดังนั้นการนำเอามูลสัตว์เหล่านี้ไปทำปุ๋ยคอก ควรจะใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมด้วย ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการทดลองของ Khaleel et al. (1981) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของดินโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ที่ประเทศอเมริกา

พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกเป็นประจำทุกปี ในอัตราพื้นที่แปลง 10 ตันต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยในปริมาณที่เหมาะสมส่งผลดีต่อพืชซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lund et al. (1980) ที่ได้ศึกษาผลตกค้างของปุ๋ยโคนมในดินที่มีการปลูกข้าวไรย์ ข้าวฟ่างและข้าวโพดในประเทศอเมริกาพบว่า การใส่ปุ๋ยคอกทำให้ความเป็นกรด-ด่างของดินสูงขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองของ Parham et al. (2002) ซึ่งได้ศึกษาผลกระทบในระยะยาวของการใช้ปุ๋ยคอกมูลโคต่อผลผลิตข้าวในรัฐ Oklahoma ประเทศอเมริกา พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างในดินที่ทำการทดลองโดยใส่ปุ๋ยคอกมูลโค 269 Kg N/ha ใส่ทุกๆ 4 ปี เกือบจะเหมือนกันหมด ซึ่งทำการวัดที่ระดับความลึกของดิน 0-30 เซนติเมตร ยกเว้นวิธีที่ใส่ปูนร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยและในวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 67 Kg N, 14.6 Kg P, 23 Kg K ใส่ทุกปีส่งผลให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียงกันกับวิธีที่ใส่ปุ๋ยคอกอย่างเดียว และยังส่งผลต่อระดับฟอสฟอรัส ปริมาณไนโตรเจน และอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นเป็นที่น่าพอใจ ในขณะการศึกษาของ Pintukanok (1989) พบว่าในมูลสุกรให้ปริมาณของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม (%โดยน้ำหนักแห้ง) มากที่สุดเมื่อเทียบกับมูลของควาย ไก่และเป็ด ซึ่งในมูลสัตว์เหล่านี้จะประกอบด้วยซากพืชจึงทำให้มีจุลินทรีย์และสารอินทรีย์ต่างๆมากมาย มีทั้งพวกที่เป็นฮิวมัส และส่วนของอาหารที่ยังสลายตัวไม่หมด มีทั้งส่วนที่เป็นเซลลูโลส ลิกนิน และสารอินทรีย์อื่นๆ นอกจากนั้นยังพบว่ามีวิตามิน และฮอร์โมนพืช เช่น กรดอะมิโน ไทอามีน (thiamine) ไบโอติน (biotin) และไพริดอกซิน (pyridoxine) เป็นต้น รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ซึ่งการหมุนเวียนมาใช้มูลสัตว์และฟางข้าวโดยการใช้กับดินอย่างสม่ำเสมอจะทำให้มีปริมาณของธาตุอาหารพืชและอินทรียวัตถุเพียงพอต่อความต้องการของพืชและรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินได้อย่างดี

ปุ๋ยหมัก

หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ต่างๆ มาหมักรวมกัน แล้วปรับสภาพให้เกิดกระบวนการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ จนได้เป็นสีน้ำตาลปนดำ (ปริญญา, 2550) ซึ่งได้จากการนำเอาชิ้นส่วนพืช เช่น หญ้าแห้ง ฟางข้าว ผักตบชวา ชานอ้อย ฯลฯ มาหมักในรูปของการกองซ้อนกับบนพื้นดินหรืออยู่ในหลุม เมื่อเศษพืชย่อยสลายตัวแล้ว ปกติจะมีค่าของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ต่ำกว่า 20:1 สามารถนำไปใส่ให้กับพืชได้ทันที (ประเสริฐ , 2543) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการปรับปรุงสภาพของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าเป็นดินเนื้อละเอียด อัดตัวกันแน่น เช่น ดินเหนียว ปุ๋ยหมักก็จะช่วยให้ดินนั้นมีสภาพร่วนซุยมากขึ้น ไม่อัดตัวกันแน่นทึบ ทำให้มีการระบายน้ำและการระบายอากาศดีขึ้น ช่วยให้ดินมี

ความสามารถในการอุ้มน้ำหรือดูดซับน้ำที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชไว้ได้มากขึ้น ทำให้รากพืชเจริญเติบโตได้รวดเร็ว แข็งแรง แตกแขนงได้มาก มีระบบรากที่สมบูรณ์ จึงดูดซับแร่ธาตุต่างๆ และน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพในดินเนื้อหยาบ เช่น ดินทรายและดินร่วนปนทราย ส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีสารอินทรีย์อยู่น้อย ไม่อุ้มน้ำ การใส่ปุ๋ยหมักก็จะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและทำให้ดินเหล่านั้นสามารถดูดซับน้ำไว้ให้กับพืชได้มากขึ้น ในดินเนื้อหยาบจึงควรต้องใส่ปุ๋ยหมักให้มากกว่าปกติ นอกจากคุณสมบัติต่างๆ ดังกล่าวแล้วยังสามารถช่วยปรับปรุงดินในแง่อื่นๆ อีก เช่น ช่วยลดการจับตัวเป็นแผ่นแข็งของหน้าดิน ทำให้การงอกของเมล็ดและการซึมของน้ำลงไปในดินสะดวกขึ้น ช่วยลดการไหลบ่าของน้ำขณะฝนตก เป็นการลดการพัดพาหน้าดิน

ปุ๋ยหมักเป็นแหล่งของธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อข้าว เช่น มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ธาตุอาหารรอง การแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน และธาตุอาหารเสริมในดิน โดยปุ๋ยหมักสามารถนำมาให้ประโยชน์ในการปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินการทำให้ดินเกาะตัวกันเป็นโครงสร้าง เพิ่มการดูดยึดน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ช่วยแก้ปัญหาความเค็มของดินที่มีปริมาณเกลือมากเกินไป อีกทั้งวัสดุที่นำมาทำเป็นปุ๋ยหมักนั้นสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น เช่น ฟางข้าว ฟางข้าวสาลี แกลบ และหญ้าสับ เป็นต้น ซึ่งเป็นวัสดุที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวแล้ว และทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นด้วย (Hussain et al., 2001; ศราวุฒิ, 2555) จากการทดลองของ Sarwar et al. (2007) ได้ทำการศึกษาการใช้ปุ๋ยหมักเพื่อส่งเสริมการผลิตข้าวและข้าวสาลีในปากีสถาน พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักเศษซากพืช ใบของต้นไม้ พืชผักผลไม้และของเสียในอัตรา 12-24 t/h เพียงอย่างเดียวส่งผลให้มีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น 0.33% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 5.72 $\mu g\ g^{-1}$ โพแทสเซียม 5.7 $mmol\ L^{-1}$ และการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตรา 100-70-70 และ 140-110-70 ในการปลูกข้าวและข้าวสาลี พบว่าความสูงของต้นข้าวและน้ำหนักเมล็ด 1000 เมล็ดนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว สรุปคือการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีนั้นส่งผลให้มีปริมาณธาตุอาหารและผลผลิตของข้าวดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Sarwar et al. (2008) ได้ทำการทดสอบการใช้ปุ๋ยหมักในดินปกติพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินลดลง ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียมและปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในการทดลองนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางให้กับเกษตรกรเพื่อหันมาใช้ปุ๋ยหมักเพื่อการผลิตพืชอย่างยั่งยืน

ผลของปุ๋ยหมักต่อคุณสมบัติทางกายภาพของดิน

1. ส่งเสริมการเกิดเม็ดดิน ปุ๋ยหมักที่ใส่ลงในดินมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง ช่วยปรับปรุงคุณภาพของดินให้ดีขึ้น ฮิวมัสในปุ๋ยหมักเป็นสารอินทรีย์ซึ่งมีประจุลบ เป็นตัวช่วยดูดยึดธาตุอาหารพืชที่มีประจุบวกและมีผลให้อนุภาคดินเกาะตัวกัน และสารเมือกที่ปลดปล่อยจากแบคทีเรีย จะส่งเสริมการเกิดเม็ดดินได้เช่นกัน

2. ช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น และลดความหนาแน่นรวมของดินลง การระบายอากาศของดินเพิ่มมากขึ้น ระบบรากของพืชสามารถแผ่กระจายในดินได้อย่างกว้างขวาง ทำให้ความสามารถในการดูดธาตุอาหารของรากเพิ่มมากขึ้นด้วย ตลอดจนสะดวกต่อการไถพรวนและลดการเกิดชั้นความแข็งของดินได้ด้วย

3. ส่งเสริมให้เกิดความพรุนของผิวหน้าดิน ไม่เกิดสภาพผิวดินแข็ง ทำให้การซึมผ่านของน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินดีขึ้น ดินมีความชุ่มชื้นได้ยาวนานกว่าดินที่มีโครงสร้างไม่ดี ลักษณะดังกล่าวมีผลทางอ้อมต่อการช่วยลดการเกิดการกร่อนของดินได้

ผลของปุ๋ยหมักต่อคุณสมบัติทางเคมีของดิน

1. การใส่ปุ๋ยหมักเป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินโดยตรง ถึงแม้ว่าจะไม่มากนักเมื่อเปรียบกับปุ๋ยเคมี แต่ปุ๋ยหมักก็จะค่อยๆ ปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์ต่อพืชในระยะยาว ปุ๋ยหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ทำมาจากวัสดุเศษพืชต่างๆ ดังนั้นจึงมีธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองค่อนข้างครบถ้วนที่พืชจะใช้ในการเจริญเติบโต รวมถึงธาตุอาหารเสริมที่สำคัญ ได้แก่ เหล็ก ทองแดง สังกะสี โบรอน โมลิบดีนัม และอื่นๆ

2. เพิ่มความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน ปุ๋ยหมักเป็นวัสดุที่มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนค่อนข้างสูงมากกว่าดินเหนียวประมาณ 5 ถึง 10 เท่า ซึ่งมีส่วนช่วยให้ปุ๋ยเคมีที่อยู่ในรูปของแคตไอออนบางชนิดถูกดูดยึดไม่สูญเสียไป และพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีจึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช

3. ช่วยลดความเป็นพิษของการที่มีธาตุอาหารบางธาตุมากเกินไป เช่น การใช้ปุ๋ยหมักในดินสามารถช่วยลดความเป็นพิษของอะลูมินัมและแมงกานีส โดยช่วยดูดยึดธาตุทั้ง 2 ไว้ ทำให้มีปริมาณในสารละลายดินลดลง โดยการใช้ปูนขาวร่วมกับปุ๋ยหมักจะลดความเป็นพิษของอะลูมินัมและแมงกานีสได้ดีที่สุด

4. การใส่ปุ๋ยหมักในดินเป็นการช่วยเพิ่มความจุความต้านทานในการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่างทำให้การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นไม่รวดเร็วจนเป็นอันตรายต่อพืช (ปริญญา, 2550)

การใส่ปุ๋ยหมักทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินแตกต่างจากการไม่ใส่ ทั้งนี้เนื่องมาจากส่วนประกอบของวัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักและการเติมปุ๋ยหมักลงดินพบว่า มีค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มสูงขึ้นถึง 2.21 mS/cm และการใส่ปุ๋ยหมักในอัตรา 9.09 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักดิน ทำให้ต้นข้าวมีใบม้วนงอ ใบเหลืองและตายในที่สุด ส่วนการใส่ปุ๋ยในอัตรา 6.98 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักดิน ทำให้ข้าวสามารถเจริญเติบโตได้เป็นปกติ ส่วนอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นแตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยหมัก (ศราวุฒิ, 2555) การที่ปุ๋ยหมักสามารถลดความเป็นพิษของอะลูมินัมและแมงกานีสได้ดี ด้วยเหตุที่ปุ๋ยหมักที่มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ต่ำ และสลายตัวให้ฮิวมัสซึ่งมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง จึงมักปรากฏผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินในลักษณะช่วยให้การเจริญเติบโตของพืชดีขึ้น เนื่องจากในปุ๋ยหมักจะมีตำแหน่งของการแลกเปลี่ยนแคตไอออนในปริมาณสูงมาก จึงช่วยเจือจางความเข้มข้นของไอออนที่อยู่บริเวณรอบๆ และควบคุมปฏิกิริยาทางเคมีในดินให้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอไม่เปลี่ยนแปลงไปมาอย่างฉับพลัน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ซึ่งจากการทดลองของ ประเสริฐ (2543) พบว่าผลจากการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวติดต่อกัน 12 ปี ทำให้อินทรียวัตถุในดิน ฟอสฟอรัสทั้งหมด ฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์และกำมะถันเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน แปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยจะมีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 1.11% แปลงที่ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีอินทรียวัตถุในดินเท่ากับ 1.34% ส่วนแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นเป็น 2.24% หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวแล้วตอซังถูกปล่อยทิ้งไว้ในนายังเป็นส่วนช่วยส่งเสริมให้มีปริมาณอินทรีย์ในดินเพิ่มขึ้นและยังพบว่าแปลงที่ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวอย่างเดียวทำให้โพแทสเซียมที่สกัดได้เพิ่มขึ้น ช่วยส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินทำให้ดินถูกลดออกซิเจนมีผลให้ปริมาณเหล็กและกำมะถันที่สกัดได้เพิ่มขึ้น ตรงกันข้ามทำให้อะลูมินัมที่สกัดได้ลดลง แต่การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของดิน ส่วนการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวติดต่อกันมีผลทำให้อินทรียวัตถุในดิน ฟอสฟอรัสทั้งหมด ฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ และกำมะถันที่สกัดได้เพิ่มขึ้น ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ซึ่งเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ในขณะที่การทดลองของ มณเฑียร และคณะ (2546) พบว่าการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวติดต่อกันเป็นระยะยาวและการใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีในดินนาชุดร้อยเอ็ด มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของดิน ผลการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลอง พบว่าดินบนเป็นดินทรายปนดินร่วน ส่วนดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายมีปฏิกิริยาความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.7 ซึ่งเป็นกรดเล็กน้อยมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเท่ากับ 0.56% ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้เท่ากับ 6.0 ppm ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ เท่ากับ 18.0 ppm และความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเท่ากับ 4.0 me/100 g. soil ซึ่งเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เมื่อใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าว

อย่างเดียวและการใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีติดต่อกัน 12 ปี พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสทั้งหมด ฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ใช้ในอัตราที่เพิ่มขึ้น และการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มทำให้กำมะถันและแมงกานีสเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณเหล็กจะลดลง และในตัวอย่างดินที่เก็บหลังจากใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวอย่างเดียวและปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี 24 ปี และปลูกข้าวโดยไม่ใส่ปุ๋ยอีก 1 ปี พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุในดินและปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมากในดินบนเมื่อใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดคือปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นจาก 0.75% เป็น 1.73% และ 1.96% ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ เพิ่มขึ้นจาก 3.6 ppm เป็น 20.6 ppm และ 38.0 ppm ในแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ย แปลงที่ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ และแปลงที่ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 8-4-4 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนดินล่างก็ให้ผลเช่นเดียวกับดินบนแต่มีปริมาณน้อยกว่า โดยการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตราเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น แต่การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วยจะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ลดลง ซึ่งการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีติดต่อกัน 12 ปี เมื่อวัดความแข็งของดินโดยใช้ Penetrometer พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ความแข็งของดินลดลง และการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตราที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความแข็งของดินลดลง ส่วนแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยวัดความแข็งของดินได้ 29.27 มิลลิเมตร แปลงที่ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ วัดได้ 25.90 มิลลิเมตร และแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ วัดได้ 21.80 มิลลิเมตร ทั้งนี้เพราะปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงไปในดินช่วยให้ต้นข้าวเติบโตเพิ่มขึ้น มีปริมาณวัสดุอินทรีย์เพิ่มขึ้น และทำให้ดินมีความแข็งลดลง

อิทธิพลของปุ๋ยหมักที่มีต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช

คุณภาพของปุ๋ยหมักที่ใส่ลงดินจะมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่ปลูกในดิน พบว่ามีความสำคัญหลายประการ ได้แก่

1. เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืชโดยตรง และยังค่อยๆ ปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์ในระยะยาวด้วย

2. ช่วยดูดซึมธาตุอาหารพืชบางชนิดไม่ให้สูญเสียไปจากเดิม ซึ่งพืชสามารถดูดยึดไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้มากขึ้น

3. ส่งเสริมการแพร่กระจายของรากพืช ทำให้ความสามารถในการดูดธาตุอาหารจากดินเพิ่มขึ้น

4. ช่วยดูดยึดน้ำในดินให้ดินมีความชื้นมากขึ้น และยาวนานกว่าดินที่ปราศจากการใส่ปุ๋ยหมัก ลักษณะดังกล่าวข้างต้นนี้จะช่วยส่งเสริมให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้มากขึ้น (ปริญญา, 2550)

จากการทดลองของ วาสนา (2540) พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักเพื่อปรับปรุงคุณภาพของดินหลังจากการใส่ติดต่อกันระยะหนึ่งจะทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินเพิ่มขึ้น และยังพบว่าผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ กข 7 เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนปุ๋ยหมักที่แตกต่างกันคือ 1,000, 2,000, 3,000 และ 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นเวลาติดต่อกัน 5 ปี จะเห็นได้ว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นสูงสุด 637 กิโลกรัมต่อไร่ และหลังจากการใส่หลังปีที่ 5 ผลผลิตไม่เพิ่มขึ้นอีก ส่วนพันธุ์ กข 7 จะให้ผลผลิตสูงสุดหลังจากใส่ปุ๋ยหมักอัตราสูง 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ ในปีที่ 7 สูงถึง 715 กิโลกรัมต่อไร่ เพราะฉะนั้นความสามารถในการตอบสนองต่อปุ๋ยของข้าวพันธุ์ กข 7 จะสูงกว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ มณเฑียร และคณะ (2546) พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวและปุ๋ยเคมีติดต่อกัน 22 ปี (พ.ศ. 2519-2540) ทำให้ผลผลิตข้าว กข 7 เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวอย่างเดียวและการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 8-4-4 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่า ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ และการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างกับการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวอย่างเดียว แสดงว่าการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันให้ผลผลิตข้าว กข 7 เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการทดลองของวาสนา (2540) และมณเฑียร และคณะ (2546) สรุปได้ว่า การใส่ปุ๋ยฟางข้าวไม่ทำให้ผลผลิตข้าว กข 7 เพิ่มขึ้นในสองปีแรก ซึ่งผลผลิตข้าวจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในปีที่สาม ส่วนการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีติดต่อกัน 24 ปี ส่งผลให้ผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพิ่มขึ้น เพราะฉะนั้นความสัมพันธ์กันระหว่างการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวอย่างเดียวกับการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกับปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตรา 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ให้ผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 สูงกว่าการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตรา 0 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวในอัตรา 8-4-4 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย แต่การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นเช่นกัน เนื่องจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีอาการเฝือใบและล้ม สำหรับการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีติดต่อกัน 24 ปี (พ.ศ. 2519-2542) และไม่ใส่ปุ๋ยติดต่อกัน 3 ปี เพื่อหาผลตกค้างของการใช้ปุ๋ยหมัก

ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างอัตราปุ๋ยหมักฟางข้าวอย่างเดียว และอัตราปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี คือการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตรา 1,000-2,000 กิโลกรัมต่อไร่ แสดงผลตกค้างต่อผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 คือ ให้ผลผลิตข้าวสูงกว่าปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตรา 0 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 8-4-4 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลตกค้างอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย และการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวจะให้ผลตกค้างคล้ายกับการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว แต่ผลตกค้างจากปุ๋ยเคมีจะลดลงเมื่อใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตราที่เพิ่มขึ้น

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

พื้นที่ทำการศึกษา

ทำการศึกษาในพื้นที่ ตำบลแม่แรม อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ โดยเลือกพื้นที่การทดลองที่มีประวัติการทำนาแบบเกษตรอินทรีย์มาก่อน โดยทำการทดลองเป็นระยะเวลา 2 ปี ในปีที่ 1 ระหว่างเดือนสิงหาคม 2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2554 และในปีที่ 2 ระหว่างเดือนสิงหาคม 2555 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2555

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. แปลงทดลองพื้นที่ขนาด ความกว้างและความยาวของแปลงปลูก คือ 4x4 เมตร

2. กล้าข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ที่มีอายุประมาณ 30 วัน เพื่อใช้ปลูกเป็นพืชทดลองซึ่งแตกต่างกับวิธีการที่ดีที่ทางราชการแนะนำคือให้ย้ายปลูกในช่วงกล้าอายุประมาณ 25 วัน (ย้ายปลูกตามรูปแบบที่เกษตรกรใช้ในการย้ายปลูกข้าว)

3. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

3.1 แหนแดง ทำการเลี้ยงไว้ 2 สัปดาห์ก่อนนำไปคลุกเคล้าลงดิน โดยขุดบ่อเลี้ยงที่มีขนาด 5x3 เมตร มีความลึกประมาณ 10 เซนติเมตร นำหัวเชื้อแหนแดงไปหว่านลงในบ่อที่เตรียมไว้แล้วใส่ปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟตประมาณครึ่งกิโลกรัมใส่ลงไปเพื่อเป็นอาหารให้กับแหนแดงซึ่งจะช่วยให้แหนแดงมีการเจริญเติบที่ดีและเร็วขึ้น

3.2 ปุ๋ยคอก เป็นปุ๋ยที่ซื้อมาจากฟาร์มที่เลี้ยงวัวนม

3.3 ปุ๋ยหมัก ซื้อมาจากคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

3.4 ประวัติพื้นที่ที่ทำการศึกษาพบว่า ได้ทำการปลูกกล้วยและทำการปลูกข้าวก่อนที่จะมาทำเป็นพื้นที่ทดลอง 2 ปี

ตาราง 1 แสดงปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักและแหนแดง

organic meterial	% ความชื้น	pH	%OM	%N	%P	%K	%Ca	%Mg	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
AM (cow manure)	-	9.16	33.30	1.64	0.63	1.8	1.71	0.82	2,282	316	91	28
CM (compost manure)	-	7.32	40.91	1.95	0.84	0.41	3.37	0.66	2,195	821	142	46
Azolla	95.87	-	-	3.08	0.41	4.36	1.52	0.40	711	998	86	34

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design, RCBD) ประกอบด้วย 8 ตำรับ จำนวน 4 ซ้ำ โดยทำการทดลองระยะเวลา 2 ปี ในปีที่ 1 ระหว่างเดือนสิงหาคม 2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2554 และในปีที่ 2 ระหว่างเดือนสิงหาคม 2555 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2555
ดังต่อไปนี้

ตำรับที่ 1 ไม่เติมปุ๋ย (Control)
ตำรับที่ 2 ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM)
ตำรับที่ 3 ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM)
ตำรับที่ 4 แหนแดง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AZ)
ตำรับที่ 5 ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยหมัก: 500+500 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM)
ตำรับที่ 6 ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+AZ)
ตำรับที่ 7 ปุ๋ยหมัก + แหนแดง: 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM+AZ)
ตำรับที่ 8 ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยคอก + แหนแดง: 500+500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM+AZ)

การเตรียมดิน การเตรียมกล้า และการบำรุงรักษา

1.ทำการเตรียมดินเพาะกล้า

1.1 การเตรียมแปลงเพาะกล้า จะต้องไถดินตากแดดไว้ และไถตะปล่อยทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ แล้วจึงไถแปร หลังจากนั้นเก็บเศษวัชพืชออกให้หมด ปรับพื้นที่ให้ได้ระดับทำแปลงกว้าง 4 เมตร และความยาวของแปลง 4 เมตร เว้นระยะห่างระหว่างร่องแปลง 50 เซนติเมตร ทำการแบ่งพื้นที่ให้พอดีกับระยะที่หว่านเพื่อให้ได้ต้นกล้าที่เจริญขึ้นอย่างสม่ำเสมอไม่เบียดกันแน่นหรือห่างเกินไป

1.2 นำเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ข้าวเหนียวสันป่าตอง1 ไปคัดแยกเมล็ดข้าวที่มีลักษณะที่ไม่สมบูรณ์ออก โดยแช่เมล็ดข้าวในน้ำไว้ 1 คืน ในขณะที่แช่ เมล็ดที่ลอยขึ้นมาบนผิวน้ำให้เก็บทิ้งเหลือเมล็ดที่สมบูรณ์ นำมาห่อด้วยผ้าหรือกระสอบ และนำไปไว้ในที่ร่มชื้นๆ รอให้รากงอก (ประมาณ 2 วัน)

1.3 ทำการเพาะกล้าเมล็ดข้าวที่รากงอกแล้วไปหว่านในแปลงเพาะกล้า หลังจากหว่านเมล็ดข้าวบนแปลงกล้า 3 วัน ควรให้แปลงมีความชื้นตลอดเวลา คอยดูแลรักษาระดับน้ำให้อยู่ในระดับ 10 เซนติเมตร เมื่อกล้าอายุได้ 30 วัน ย้ายกล้าไปปักดำ

2.การเตรียมแปลงปักดำ

ทำการปรับระดับพื้นที่ทั้งหมดให้มีระดับที่เท่ากัน หลังจากนั้นจึงแบ่งพื้นที่โดยการทำคันนาเพื่อทำเป็นแปลงทดสอบย่อย ขนาดของพื้นที่ 4x4 เมตร จำนวน 32 แปลงและทำคันนาให้มีความกว้าง 30 เซนติเมตร คั่นระหว่างแปลงย่อย เพื่อป้องกันน้ำและปุ๋ยไหลเข้าออกระหว่างแปลง จากนั้นใช้จอบขุดพลิกหน้าดินแล้วตากแดดไว้เพื่อเป็นการกำจัดวัชพืช ปล่อยน้ำเข้าในแต่ละแปลงย่อย และนำคราดมาลากในแปลงเพื่อปรับให้ระดับของดินโคลนให้มีความสม่ำเสมอกันและเก็บเศษวัชพืชที่มีในแปลงออกไป

3.การปักดำ

เมื่อต้นกล้าอายุได้ 30 วัน จะถอนกล้าจากแปลงเพาะกล้าเอาโคลนที่รากออกแล้วมัดรวมกันเป็นมัดๆ จากนั้นทำการขนย้ายไปแปลงปักดำ ในขณะที่ขนย้ายต้องระวังไม่ให้ต้นกล้าหัก ในการปักดำควรลดระดับน้ำในแปลงออกและจะใช้ระยะห่างในการปักดำ 25 x 25 เซนติเมตร ปลูก 3 ต้นต่อหลุม

4.การใส่ปุ๋ย

ตำรับที่ 1 ไม่เติมปุ๋ย (Control)

ตำรับที่ 2 ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM) ใส่ในอัตรา 10 กิโลกรัมต่อแปลง ก่อนการไถตะ 1 สัปดาห์

ตำรับที่ 3 ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM) ใส่ในอัตรา 10 กิโลกรัมต่อแปลง ก่อนการไถตะ 1 สัปดาห์

ตำรับที่ 4 แหนแดง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AZ) ใส่ในอัตรา 15 กิโลกรัมต่อแปลง ใส่ก่อนการไถตะ 1 สัปดาห์ และทำการใส่อีกครั้งในอัตรา 5 กิโลกรัมต่อแปลง โดยใส่หลังจากการย้ายปลูกข้าวแล้ว 15-20 วัน

ตำรับที่ 5 ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยหมัก : 500+500 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM) ใส่ในอัตราอย่างละ 5 กิโลกรัมต่อแปลง ก่อนการไถตะ 1 สัปดาห์

ตำรับที่ 6 ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+AZ) ใส่ปุ๋ยคอกในอัตรา 5 กิโลกรัมต่อแปลงก่อนการไถตะ 1 สัปดาห์และใส่แหนแดงในอัตรา 15 กิโลกรัมต่อแปลงใส่ก่อนการไถตะ 1 สัปดาห์ และทำการใส่อีกครั้งในอัตรา 5 กิโลกรัมต่อแปลง โดยใส่หลังจากการย้ายปลูกข้าวแล้ว 15-20 วัน

ตำรับที่ 7 ปุ๋ยหมัก + แหนแดง : 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM+AZ) ใส่ปุ๋ยหมักในอัตรา 5 กิโลกรัมต่อแปลงก่อนการไถตะ 1 สัปดาห์และใส่แหนแดงในอัตรา 15 กิโลกรัมต่อแปลงใส่ก่อนการไถตะ 1 สัปดาห์ และทำการใส่อีกครั้งในอัตรา 5 กิโลกรัมต่อแปลง โดยใส่หลังจากการย้ายปลูกข้าวแล้ว 15-20 วัน

ตำรับที่ 8 ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500+500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM+AZ) ใส่ปุ๋ยหมักและปุ๋ยคอกในอัตรา 5 กิโลกรัมต่อแปลงก่อนการไถตะ 1 สัปดาห์และใส่แหนแดงในอัตรา 15 กิโลกรัมต่อแปลง โดยใส่ก่อนการไถตะ 1 สัปดาห์ และทำการใส่อีกครั้งในอัตรา 5 กิโลกรัมต่อแปลง โดยใส่หลังจากการย้ายปลูกข้าวแล้ว 15-20 วัน

5. การปฏิบัติดูแลรักษา

5.1 หลังจากปลูกข้าวเสร็จ ปล่อยน้ำออกจากแปลงนา ป้องกันไม่ให้หอยเชอรี่กัดกินต้นข้าว และเมื่อพบปูในแปลงที่ทำการทดลองให้ใช้ก้านยาสูบอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ โรยบริเวณรอบๆแปลงที่ทำการทดลองเพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดตามมาจากปู คอยดูแลไม่ให้ดินแห้งเกินไป หลังจากนั้นเมื่อต้นข้าวพอที่จะเจริญเติบโตได้ก็ให้น้ำแก่ต้นข้าว โดยที่ความสูงของน้ำในแปลงประมาณ 15 เซนติเมตร และระบายน้ำออกก่อนการเก็บเกี่ยวเพื่อสะดวกต่อการเก็บเกี่ยว

5.2 การป้องกันกำจัดวัชพืชและศัตรูพืช กำจัดโดยการถอนวัชพืชที่ขึ้นในแปลงออก และใช้มีดตายหญ้าประกอบกับการใช้เครื่องตัดหญ้า กำจัดวัชพืชบนคันนา

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลพืช

1. ช่วงระยะการเจริญเติบโต

1.1 ความสูง การวัดความสูงของต้นข้าวที่อายุข้าวประมาณ 30 วันหลังการย้ายปลูก และทำการเก็บข้อมูลหลังการย้ายปลูกสัปดาห์ละ 1 ครั้งเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยวัดจากระดับพื้นดินจนถึงปลายใบที่สูงที่สุด10 กอต่อแปลง

1.2 การแตกกอ ทำการวัดการแตกกอของต้นข้าวประมาณ 30 วันหลังการย้ายปลูก และทำการเก็บข้อมูลหลังการย้ายปลูกสัปดาห์ละ 1 ครั้งเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยทำการสุ่มนับต้นข้าวจำนวน 10 กอต่อแปลง

1.3 การเก็บตัวอย่างพืช ทำการเก็บตัวอย่างใบข้าวในระยะก่อนออกดอก โดยเลือกเก็บใบที่ 3 หรือ 4 ใบโดยเลือกใบที่สมบูรณ์ที่สุดเป็นจำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 20-30 ใบ แล้วนำมาล้างด้วยน้ำสะอาด ชะด้วยน้ำกลั่นแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาทำการบดเพื่อที่จะได้นำไปทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการต่อไป

2. ช่วงระยะการเก็บเกี่ยวผลผลิต

ทำการเก็บเกี่ยวข้าวที่อายุประมาณ 105 วัน โดยทำการเกี่ยวหมดทั้งแปลงการทดลอง จากนั้นนำมาตากแดดเพื่อไม่ให้ข้าวขึ้นราและจะแห้งเร็วสม่ำเสมอกัน เมื่อแห้งแล้วนำข้าวมาฟาดเพื่อเอาเมล็ดข้าวออกจากรวง บรรจุใส่ถุงกระดาษ แล้วนำเมล็ดข้าวไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกะเทาะเอาเปลือกออกได้เปลือกและเมล็ดแยกส่วนกัน แล้วนำมาบดให้ละเอียดเพื่อเตรียมนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีต่อไป

การเก็บข้อมูลดิน

การเก็บตัวอย่างดิน เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกและหลังจากการเก็บเกี่ยวในพื้นที่แปลงข้าวที่ระดับความลึกที่ 0-15 เซนติเมตร และ 15-30 เซนติเมตร โดยการสุ่มเก็บในแปลง แปลง

ละ 4 หลุม จากนั้นทำให้แห้งโดยตากไว้ในที่ร่มแล้วนำไปบดโดยผ่านตะแกรงร่อนดินขนาด 0.5 และ 2.0 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลตามแผนการทดลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลองด้วยวิธี LSD (Least Significant Difference)

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการทดลอง

ปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนการทดลอง

จากการวิเคราะห์ดินก่อนทำการทดลองปี 2554 พบว่าในดินระดับบนและระดับล่าง มีค่าความเป็นกรด-ด่างของดินอยู่ที่ 7.35 และ 7.40 ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีค่าเท่ากับ 1.22 % และ 0.52 % ในดินระดับบนและระดับล่างตามลำดับ ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินระดับบนคือ17.1 mgP/kg ในขณะที่ดินระดับล่างเท่ากับ 8.2 mgP/kg ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ทั้งในดินระดับบนและระดับล่างมีค่าอยู่ที่ 89 และ 78 mgK/kg ตามลำดับ ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้เท่ากับ 1,997 และ 1,784 mgCa/kg ในดินระดับบนและล่างตามลำดับ ส่วนแมกนีเซียมที่สกัดได้ทั้งในดินระดับบนและระดับล่างคือ 67 และ 51 mgMg/kg ตามลำดับ สำหรับปริมาณธาตุอาหารเสริมพบว่า ปริมาณเหล็กที่สกัดได้อยู่ที่ 53 และ 23 mgFe/kg ในดินระดับบนและระดับล่างตามลำดับ ส่วนปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้ในดินระดับบนคือ 40 mgMn/kg ขณะที่ระดับดินล่างมีค่าอยู่ที่ 27 mgMn/kg สำหรับปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ในดินก่อนการทดลองอยู่ที่ 9.7 และ 8.1 mgZn/kg ในดินระดับบนและระดับล่างตามลำดับ และปริมาณทองแดงที่สกัดได้มีค่าอยู่ที่ 1.9 mgCu/kg ในดินระดับบนและ 0.9 mgCu/kg ในดินระดับล่าง (ตาราง 2)

ตาราง 2 แสดงคุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลองปี 2554

Soil depth	pH	%OM	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
			mg/kg							
Top soil (0-15 cm)	7.35	1.22	17.1	89	1,997	67	53	40	9.7	1.9
Sub soil (15-30 cm)	7.40	0.52	8.2	78	1,784	51	23	27	8.1	0.9

ปริมาณธาตุอาหารในดินหลังการทดลองปี 2554

พบว่าในดินระดับบนการใช้ AM+CM และในตำรับ Control มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงที่สุดอยู่ที่ 7.47 ซึ่งไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับตำรับที่ใส่ AM, CM, AZ และที่ใส่ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน ในขณะที่ตำรับ AM+AZ ส่งผลให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุดคือ 7.09 ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AM+CM และตำรับ Control ($P<0.05$) ปริมาณอินทรียวัตถุในดินพบว่ามีค่าเฉลี่ยในดินเท่ากับ 2.97 % และไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างตำรับการทดลอง อย่างไรก็ตามพบว่าตำรับ AM มีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีค่ามากกว่าตำรับอื่นๆ โดยมีค่าอยู่ที่ 3.16 %

ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินพบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นจากดินก่อนการทดลอง โดยในตำรับ AM มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้มีค่ามากที่สุดกว่าตำรับอื่นคือ 44 mgP/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ CM+AZ และการใช้ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน ในขณะที่ตำรับ Control มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้น้อยที่สุดเท่ากับ 16 mgP/kg แต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับ CM, AZ, AM+CM และ AM+AZ สำหรับปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ พบว่ามีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้เพิ่มขึ้นจากดินก่อนการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 69.81 mgK/kg ซึ่งตำรับ AM มีแนวโน้มทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในดินสูงที่สุดคือ 91 mgK/kg แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับทุกตำรับการทดลอง ในขณะเดียวกันตำรับ Control นั้นมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินน้อยที่สุดเท่ากับ 60 mgK/kg (ตาราง 3)

สำหรับปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้พบว่า ตำรับ AM มีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดินสูงที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 2,337 mgCa/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ CM, AM+CM, CM+AZ และการใช้ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน ในขณะที่ตำรับ Control มีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดินต่ำที่สุดคือ 1,721 mgCa/kg แต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับ AZ และ AM+AZ ส่วนปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้พบว่า ตำรับ AM มีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้มากที่สุดคือ 87 mgMg/kg ซึ่งเหมือนกับปริมาณฟอสฟอรัสและแคลเซียม แต่ตำรับ AM ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ CM และ CM+AZ ในขณะที่ตำรับ Control มีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินต่ำที่สุดเท่ากับ 53 mgMg/kg แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AZ, AM+CM, AM+AZ และการใช้ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน (ตาราง 3)

ปริมาณธาตุอาหารเสริม โดยปริมาณเหล็กที่สกัดได้ พบว่าตำรับ CM มีปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินมากที่สุดเท่ากับ 85 mgFe/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control ซึ่งมีปริมาณเหล็กที่สกัดได้น้อยที่สุดคือ 52 mgFe/kg ปริมาณแมงกานีส พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับการทดลอง สำหรับปริมาณสังกะสีที่

สกัดได้ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับการทดลองอื่นซึ่งตำรับ AM มีแนวโน้มที่มีปริมาณสังกะสีสูงที่สุดคือ 6.3 mgZn/kg และจากการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงที่สกัดได้ในดิน พบว่าปริมาณทองแดงที่สกัดได้ในดินสูงที่สุดมีอยู่ที่ 2.7 mgCn/kg โดยตำรับ AZ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control มีปริมาณทองแดงที่สกัดได้ในดินต่ำที่สุดเท่ากับ 2.1 mgCu/kg (ตาราง 3)

ในดินระดับล่างพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดในตำรับควบคุมคือ 7.54 ซึ่งไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ AM+AZ ($P<0.05$) ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุในดินพบว่ามีค่าเฉลี่ยในดินเท่ากับ 1.86 % โดยไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างตำรับการทดลอง อย่างไรก็ตามพบว่าตำรับ AM มีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีค่ามากกว่าตำรับอื่นๆ คือ 2.21 % และจากการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินเพิ่มขึ้นจากดินก่อนการทดลอง โดยพบว่าในตำรับ AM ก็ยังคงส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้สูงกว่าตำรับอื่น และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AM+CM ส่วนในตำรับ Control ก็ยังคงมีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่ำกว่าตำรับอื่นเช่นกันแต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับ AZ, CM, AM+AZ, CM+AZ และ AM+CM+AZ สำหรับปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นจากดินก่อนการทดลอง โดยตำรับ AM ยังคงมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินมากที่สุดเช่นกัน แต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับอื่นๆยกเว้นตำรับ Control และ AM+CM+AZ (ตาราง 4)

สำหรับปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้พบว่า ตำรับ AM ยังคงมีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดินมากที่สุดเหมือนกันแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับ AZ, AM+CM, CM+AZ และ AM+CM+AZ ในขณะที่ตำรับ Control ยังคงมีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดินน้อยที่สุดเช่นเดิม โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ CM และ AM+AZ ส่วนปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้พบว่าตำรับ AM ยังคงส่งผลให้มีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินสูงกว่าตำรับการทดลองอื่นคือ 88 mgMg/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AZ, AM+CM, CM+AZ และ AM+CM+AZ ในขณะที่ตำรับ Control ยังคงมีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินน้อยที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับ CM และ AM+AZ (ตาราง 4)

ปริมาณธาตุอาหารเสริมพบว่า ปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินหลังการทดลองในปี 2554 พบว่าตำรับ AM+AZ มีปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินสูงที่สุดเท่ากับ 44 mgFe/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับอื่นๆยกเว้นตำรับ CM และตำรับ Control ($P<0.05$) สำหรับปริมาณแมงกานีส พบว่าแมงกานีสสกัดได้ในดินมากที่สุดอยู่ที่ 46 mgMn/kg พบในตำรับ AM+CM ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันกับตำรับการทดลองอื่นๆ ยกเว้นตำรับ Control ($P<0.05$) สำหรับปริมาณสังกะสีที่

สกัดได้ พบว่าตำรับ AM มีปริมาณสังกะสีมากที่สุดเท่ากับ 7.2 mgZn/kg รองลงมาคือตำรับ AZ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ CM, AM+CM, CM+AZ และการใช้ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิด ในขณะที่ตำรับ Control มีปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ในดินต่ำที่สุดเท่ากับ 4.7 mgZn/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับตำรับ AM+AZ และจากการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงที่สกัดได้ในดิน พบว่าปริมาณทองแดงที่สกัดได้ในดินสูงที่สุดในตำรับ AM+CM มีปริมาณทองแดงที่สกัดได้ในดินมากกว่าตำรับการทดลองอื่นมีค่าอยู่ที่ 1.9 mgCu/kg แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AM, CM, AZ และการใช้ปุ๋ย 3 ชนิดร่วมกัน ในขณะที่ตำรับ Control มีปริมาณทองแดงที่สกัดได้ในดินต่ำสุด แต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับ CM+AZ และ AM+AZ (ตาราง 4)

ตาราง 3 แสดงปริมาณธาตุอาหารในดินระดับบนหลังการทดลองปี 2554

Treatment	pH	%OM	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
			mg/kg							
Top soil (0-15 cm)										
Control	7.47 a	2.52	16 c	60	1,721 c	53 c	52 b	42	5.0	2.1 b
AM	7.29 ab	3.16	44 a	91	2,337 a	87 a	70 ab	55	6.3	2.5 ab
CM	7.28 ab	3.00	28 bc	63	1,819abc	72ab	85 a	44	5.8	2.5 ab
AZ	7.19 ab	2.77	24 bc	67	1,728 c	65 bc	67 ab	46	6.2	2.7 a
AM+ CM	7.47 a	3.13	23 bc	67	2,266 ab	66 bc	76 ab	42	5.5	2.3 ab
AM+ AZ	7.09 b	2.91	27 bc	71	1,786 bc	61 bc	71 ab	47	5.2	2.3 ab
CM + AZ	7.15 b	3.14	28 ab	65	1,971abc	69 abc	67 ab	42	5.5	2.4 ab
AM+ CM + AZ	7.24 ab	3.12	35 ab	70	1,884abc	68 bc	72 ab	49	5.7	2.6 ab
Mean	7.27	2.97	29.21	69.81	1,939	68.22	69.91	45.74	5.68	2.42
F-test	*	NS	**	NS	*	*	*	NS	NS	*
CV (%)	2.81	29	23.47	29.95	15.70	14.63	27.95	23.78	23.72	16.25

หมายเหตุ Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD *=0.05, **=0.01 and NS= Nonsignificant

ไม่เติมปุ๋ย (Control), ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM), ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM), แหนแดง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AZ), ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยหมัก: 500+500 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM), ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+AZ), ปุ๋ยหมัก + แหนแดง: 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM+AZ),ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยคอก + แหนแดง: 500+500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AM+CM+AZ)

ตาราง 4 แสดงปริมาณธาตุอาหารในดินระดับล่างหลังการทดลองปี 2554

Treatment	pH	%OM	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
			mg/kg							
			Sub soil (0-15 cm)							
Control	7.54 a	1.56	13 c	42 b	1,499 b	31 c	21 b	26 b	4.7 c	1.2 b
AM	7.33 ab	2.21	27 a	78 a	2,146 a	88 a	32 ab	40 ab	7.2 a	1.7 ab
CM	7.37 ab	1.81	17 bc	58 ab	1,595 b	41 bc	23 b	29 ab	6.2 abc	1.6 ab
AZ	7.30 ab	2.08	14 bc	57 ab	1,856 ab	60 abc	27 ab	36 ab	6.5 ab	1.6 ab
AM+ CM	7.38 ab	1.97	21 ab	68 ab	1,796 ab	77 a	29 ab	46 a	6.0 abc	1.9 a
AM+ AZ	7.19 b	1.79	15 bc	56 ab	1,535 b	45 bc	44 a	40 ab	5.4 bc	1.2 b
CM + AZ	7.37 ab	1.58	18 bc	50 ab	1,990 ab	62 ab	24 ab	39 ab	5.6 abc	1.3 b
AM+ CM + AZ	7.25 ab	1.86	18 bc	44 b	1,873 ab	61abc	27 ab	34 ab	5.1 bc	1.4 ab
Mean	7.34	1.86	17.91	57.17	1,786	58.66	28.49	36.16	5.87	1.52
F-test	*	NS	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	2.92	24.03	25.74	32.21	16.52	29.26	20.16	32.51	19.15	26.38

หมายเหตุ Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD *=0.05, **=0.01 and NS= Nonsignificant

ไม่เติมปุ๋ย (Control), ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM), ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM), แหนแดง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AZ), ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยหมัก: 500+500 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM), ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+AZ), ปุ๋ยหมัก + แหนแดง: 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM+AZ),ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยคอก + แหนแดง: 500+500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AM+CM+AZ)

ปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนการทดลองปี 2555

สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลองจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีในดินก่อนเริ่มดำเนินการทดลองปี 2555 ผลการทดลองปรากฏว่า ในดินระดับบนค่าความเป็นกรด-ด่างในดินลดลงจากดินหลังการทดลองปี 2554 โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยเท่ากับ 6.90 ซึ่งในตำรับ AZ และ AM+AZ ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด เท่ากับ 6.79 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินพบว่ามีค่าลดลงจากดินหลังการทดลองปี 2554 เล็กน้อย โดยในดินระดับบนตำรับ AM มีปริมาณอินทรียวัตถุของดินสูงที่สุดมีค่าอยู่ที่ 3.36 % ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับการทดลองอื่นๆยกเว้นในตำรับ Control ที่มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำที่สุด ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลองซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 29.25 mgP/kg และปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ พบว่าตำรับ AM+AZ มีปริมาณโพแทสเซียมของดินมากที่สุดคือ 88 mgK/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control มีปริมาณโพแทสเซียมน้อยที่สุดเท่ากับ 59 mgK/kg ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับ AM, CM และ AM+CM+AZ (ตาราง 5)

ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดินก่อนการดำเนินการทดลองในปี 2555 พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,194 mgCa/kg โดยทุกตำรับการทดลองในดินไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าในตำรับ CM มีผลทำให้มีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดินสูงกว่าตำรับอื่นๆ คือ 1,273 mgCa/kg ส่วนปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ พบว่าการใช้ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิดร่วมกันทำให้มีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินมากที่สุดคือ 81 mgMg/kg แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control ($P<0.05$) (ตาราง 5)

จากข้อมูลในตาราง 5 พบว่าปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินก่อนการทดลองในปี 2555 ในดินระดับบนตำรับ AM+CM มีปริมาณเหล็กที่สกัดได้สูงที่สุดเท่ากับ 70 mgFe/kg แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AM, AZ และ CM โดยมีปริมาณเหล็กที่สกัดได้คือ 63, 55 และ 54 mgFe/kg ตามลำดับขณะที่ตำรับ Control มีปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินน้อยสุดคือ 26 mgFe/kg ส่วนปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้ในดิน พบว่ามีปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้สูงขึ้นจากดินหลังการทดลองปี 2554 โดยตำรับ AM มีปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้มากที่สุดคือ 80 mgMn/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ CM+AZ ($P<0.05$) ในขณะที่ตำรับ Control มีปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้ในดินต่ำสุดคือ 52 mgMn/kg สำหรับปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ พบว่าทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติโดยปริมาณสังกะสีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.06 mgZn/kg ซึ่งตำรับ CM+AZ ส่งผลทำให้มีปริมาณสังกะสีสูงที่สุดคือ 4.4 mgZn/kg การวิเคราะห์ปริมาณทองแดงที่สกัดได้พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.75 mgCu/kg ไม่มีความแตกต่างกันในระหว่าง

ดำรับการทดลอง อย่างไรก็ตามพบว่าในดินระดับบนตำรับ AM มีปริมาณทองแดงสูงที่สุดคือ 2.0 mgCu/kg (ตาราง 5)

ในดินระดับล่าง พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างในดินลดลงจากดินหลังการทดลองปี 2554 โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยเท่ากับ 6.96 ในขณะที่ตำรับ AM+AZ มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุดเท่ากับ 6.81 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินพบว่า มีค่าลดลงจากดินหลังการทดลองปี 2554 เล็กน้อย โดยพบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.59 % ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินระดับล่างพบว่าการใช้ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิดร่วมกันส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินสูงที่สุดคือ 36 mgP/kg แต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับ AM, CM, AM+AZ และ CM+AZ ในขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินต่ำที่สุดอยู่ในตำรับ Control มีค่าอยู่เท่ากับ 12 mgP/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับตำรับ AZ และ AM+CM ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินก่อนการดำเนินการทดลองในปี 2555 ลดลงจากดินหลังการทดลองในปี 2554 โดยปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินระดับล่างไม่มีความแตกต่างในทางสถิติระหว่างดำรับการทดลอง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 46.62 mgK/kg (ตาราง 6)

สำหรับปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,020 mgCa/kg โดยทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ อย่างไรก็ตามพบว่าในตำรับ CM มีผลทำให้มีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดินสูงกว่าตำรับอื่นๆ คือ 1,252 mgCa/kg ส่วนปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ พบว่าปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินสูงที่สุดมีค่าอยู่ที่ 68 mgMg/kg ได้จากตำรับ AM ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นในตำรับ Control ($P<0.05$) (ตาราง 6)

ปริมาณธาตุอาหารเสริมพบว่า ปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินระดับล่างในตำรับ AM มีปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินสูงกว่าตำรับการทดลองอื่นมีค่าอยู่ที่ 42 mgFe/kg รองลงมาคือตำรับ AM+CM ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกดำรับการทดลอง ($P<0.05$) ในขณะที่ตำรับ Control ยังคงมีปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินต่ำที่สุดเช่นเดียวกับในดินระดับบน ส่วนปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้ในดิน พบว่ามีปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้สูงขึ้นจากดินหลังการทดลองปี 2554 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51 mgMn/kg โดยตำรับ AM มีแนวโน้มที่มีปริมาณแมงกานีสในดินมากที่สุดคือ 65 mgMn/kg สำหรับปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ในดิน พบว่าตำรับ AM+CM+AZ มีปริมาณสังกะสีมากกว่าตำรับการทดลองอื่นเท่ากับ 4.2 mgZn/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นแปลง Control ที่มีปริมาณสังกะสีต่ำสุดคือ 1.7 mgZn/kg ($P<0.05$) การวิเคราะห์ปริมาณทองแดงที่สกัดได้ในดินระดับล่างพบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.24 mgCu/kg โดยไม่มี

ความแตกต่างกันในระหว่างตำรับการทดลอง แต่พบว่าในดินระดับล่างแปลงที่ใส่ตำรับ AM, CM และปุ๋ยทั้ง 3ชนิดร่วมกันมีปริมาณทองแดงที่สกัดได้สูงสุดอยู่ที่ 1.4 mgCu/kg (ตาราง 6)

ตาราง 5 แสดงปริมาณธาตุอาหารในดินระดับบนก่อนการทดลองปี 2555

Treatment	pH	%OM	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
			mg/kg							
			Top soil (0-15 cm)							
Control	7.12 a	2.34 b	25	59 c	1,130	65 b	26 c	52 b	3.5	1.5
AM	6.96 ab	3.36 a	32	65 abc	1,173	68 ab	63 ab	80 a	4.3	2.0
CM	6.88 b	2.76 ab	30	68 abc	1,273	69 ab	54 ab	56 ab	4.2	1.6
AZ	6.79 b	2.82 ab	25	80 ab	1,206	66 ab	55 ab	65 ab	4.3	1.6
AM+ CM	6.93 ab	3.31 ab	30	79 ab	1,161	69 ab	70 a	56 ab	3.8	1.8
AM+ AZ	6.79 b	2.50 ab	30	88 a	1,256	77 a	40 bc	58 ab	3.8	1.6
CM + AZ	6.82 b	2.47 ab	35	77 ab	1,206	66 ab	51 abc	53 b	4.4	1.8
AM+ CM + AZ	6.89 b	2.44 ab	27	67 abc	1,148	81 a	40 bc	63 ab	4.2	1.8
Mean	6.90	2.75	29.25	72.96	1,194	70.21	49.89	60.92	4.06	1.75
F-test	**	*	NS	*	NS	*	**	*	NS	NS
CV (%)	1.38	21.01	24.75	19.20	19.20	9.45	26.92	25.05	16.97	20.45

หมายเหตุ Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD *=0.05, **=0.01 and NS= Nonsignificant

ไม่เติมปุ๋ย (Control), ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM), ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM), แหนแดง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AZ), ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยหมัก: 500+500 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM), ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+AZ), ปุ๋ยหมัก + แหนแดง: 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM+AZ),ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยคอก + แหนแดง: 500+500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AM+CM+AZ)

ตาราง 6 แสดงปริมาณธาตุอาหารในดินระดับล่างก่อนการทดลองปี 2555

Treatment	pH	%OM	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
			mg/kg							
Sub soil (0-15 cm)										
Control	7.18 a	1.30	12 b	35	947	40 c	14 e	40	1.7 b	0.9
AM	6.96 bc	1.48	21 ab	60	1,034	68 a	42 a	65	3.8 a	1.4
CM	6.98 bc	1.62	22 ab	49	1,252	51 abc	31 bc	56	3.6 a	1.4
AZ	6.83 c	1.99	15 b	37	972	46 ab	33 b	42	3.1 a	1.1
AM+ CM	7.00 ab	1.68	16 b	61	949	62 abc	35 ab	61	3.5 a	1.3
AM+ AZ	6.81 c	1.42	18 ab	47	1,036	59 abc	23 d	49	3.3 a	1.0
CM + AZ	6.94 bc	1.54	20 ab	41	1,005	62 ab	33 b	41	3.9 a	1.0
AM+ CM + AZ	6.95 bc	1.64	36 a	43	970	65 ab	24 cd	55	4.2 a	1.4
Mean	6.96	1.59	20.06	46.62	1,020	56.67	29.45	51.00	3.40	1.24
F-test	**	NS	*	NS	NS	*	**	NS	**	NS
CV (%)	1.2	30.68	24.85	41.09	25.99	21.80	11.21	22.59	19.35	29.88

หมายเหตุ Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD *=0.05, **=0.01 and NS= Nonsignificant

ไม่เติมปุ๋ย (Control), ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM), ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM), แหนแดง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AZ), ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยหมัก: 500+500 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM), ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+AZ), ปุ๋ยหมัก + แหนแดง: 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM+AZ),ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยคอก + แหนแดง: 500+500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AM+CM+AZ)

ปริมาณธาตุอาหารในดินหลังการทดลองปี 2555

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีในดินภายหลังสิ้นสุดการทดลองปี 2555 ผลการทดลองปรากฏว่า ในดินระดับบนค่าความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลงจากปี 2554 เพียงเล็กน้อย โดยตำรับ CM+AZ มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงสุดเท่ากับ 6.94 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุดเท่ากับ 6.45 ($P<0.05$) ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุในดิน พบว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุดคือ 3.00 % ในตำรับที่มีการใช้ AM+CM ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control ที่มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำที่สุดเท่ากับ 1.53 % ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 44.47 mgP/kg และไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างตำรับการทดลอง อย่างไรก็ตามตำรับที่มีการใช้ AM+AZ มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดสูงกว่าทุกตำรับการทดลองในดินระดับบน คือ 57 mgP/kg และปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินพบว่าตำรับ AM มีปริมาณโพแทสเซียมในดินสูงที่สุดเท่ากับ 86 mgK/kg แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ AZ และตำรับ Control ซึ่งมีปริมาณโพแทสเซียมของดินต่ำที่สุดเท่ากับ 46 mgK/kg ($P<0.05$) (ตาราง 7)

สำหรับปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดินหลังการทดลองในปี 2555 พบว่าในดินระดับบนตำรับ AZ มีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้สูงที่สุดเท่ากับ 1,201 mgCa/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AM, AM+CM, AM+AZ, CM+AZ และปุ๋ยทั้ง 3 ชนิดร่วมกันซึ่งในขณะที่ตำรับ Control มีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ต่ำที่สุดคือ 716 mgCa/kg แต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับ CM ส่วนปริมาณแมกนีเซียมในดินพบว่าตำรับ AZ มีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินมากที่สุดคือ 69 mgMg/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control ($P<0.05$) (ตาราง 7)

จากข้อมูลในตาราง 7 พบว่าปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินโดยตำรับ AZ มีปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินมากที่สุดคือ 115 mgFe/kg ในดินระดับบน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับแปลงที่ใส่ตำรับ AM, CM, AZ, AM+CM และ AM+AZ ในขณะที่ตำรับ Control มีปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินต่ำที่สุดเท่ากับ 45 mgFe/kg แต่ไม่มีความแตกต่างกันตำรับ CM+AZ และ AM+CM+AZ สำหรับปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้มีค่าสูงที่สุดคือ 122 mgMn/kg อยู่ในตำรับ CM ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control ส่วนปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ในดิน พบว่าในตำรับ AM มีปริมาณสังกะสีในดินสูงที่สุดคือ 4.2 mgZn/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control ($P<0.05$) การสกัดปริมาณทองแดงในดินพบว่าตำรับ AZ มีปริมาณทองแดงที่สกัดได้มากกว่าตำรับการทดลองอื่นมีค่าอยู่ที่

2.0 mgCu/kg แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control ที่มีปริมาณทองแดงที่สกัดได้ต่ำสุด ($P<0.05$)

ในดินระดับล่าง พบว่าตำรับ CM+AZ ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงสุดเท่ากับ 7.15 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุดเท่ากับ 6.64 ($P<0.05$) ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุในดิน พบว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุในดินทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.00 %โดยในตำรับ AM มีปริมาณอินทรียวัตถุมากที่สุดคือ 2.37 % สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดิน พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 33.44 mgP/kg และไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างตำรับการทดลอง อย่างไรก็ตามตำรับ CM และการใช้ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินสูงกว่าทุกตำรับการทดลองคือ 45 mgP/kg และปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินพบว่าในดินระดับล่างปริมาณโพแทสเซียมในดินสูงที่สุดยังเป็นตำรับ AM โดยมีค่าอยู่ที่ 93 mgK/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control ($P<0.05$) (ตาราง 8)

สำหรับปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดินหลังการทดลองในปี 2555 พบว่าในดินระดับล่างปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดินสูงที่สุดเท่ากับ 1,819 mgCa/kg พบในตำรับ CM+AZ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลอง ในขณะที่ตำรับ Control ซึ่งมีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ต่ำที่สุดคือ 632 mgCa/kgสำหรับปริมาณแมกนีเซียมในดินพบว่าตำรับ CM+AZ มีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้มากกว่าตำรับการทดลองอื่นมีค่าอยู่ที่ 85 mgMg/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AM, CM, AZ และ AM+CM+AZ (ตาราง 8)

จากข้อมูลในตาราง 8 พบว่าปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินโดยตำรับ AM+AZ และ CM+AZ มีปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินสูงที่สุดเท่ากับ 63 mgFe/kg สำหรับปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 61.74 mgMn/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลองโดยตำรับ AM+CM+AZ มีแนวโน้มที่มีปริมาณแมงกานีสในดินสูงที่สุดเท่ากับ 81 mgMn/kg ส่วนปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ในดิน พบว่าปริมาณสังกะสีไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลองโดยตำรับ CM มีแนวโน้มที่มีปริมาณสังกะสีในดินสูงที่สุดเท่ากับ 3.6 mgZn/kg ซึ่งปริมาณสังกะสีมีค่าเฉลี่ยในดินระดับล่างเท่ากับ 3.26 mgZn/kg การสกัดปริมาณทองแดงในดินพบว่าตำรับ CM+AZ มีปริมาณทองแดงที่สกัดได้มากที่สุดคือ 1.6 mgCu/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นและตำรับ Control ($P<0.05$) ยังคงมีปริมาณทองแดงที่สกัดได้ต่ำที่สุดเช่นเดียวกับในดินระดับบน

ตาราง 7 แสดงปริมาณธาตุอาหารในดินระดับบนหลังการทดลองปี 2555

Treatment	pH	%OM	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
						mg/kg				
				Top soil (0-15 cm)						
Control	6.45 b	1.53 b	28	46 c	716 b	55 b	45 b	54 b	2.8 b	1.1 b
AM	6.60 ab	2.89 a	48	86 a	891 ab	68 ab	85 ab	116 ab	4.2 a	1.8 ab
CM	6.76 ab	2.60 ab	45	70 abc	841 b	64 ab	79 ab	122 a	3.4 ab	1.7 ab
AZ	6.67 ab	2.65 a	48	58 bc	1201 a	69 a	115 a	92 ab	2.9 ab	2.0 a
AM+ CM	6.54 ab	3.00 a	56	76 ab	935 ab	66 ab	79 ab	90 ab	4.0 ab	1.8 ab
AM+ AZ	6.65 ab	2.97 a	57	83 a	949 ab	67 ab	80 ab	73 ab	4.1 ab	1.9 a
CM + AZ	6.94 a	2.36 ab	33	76 ab	932 ab	59 ab	55 b	61 ab	3.9 ab	1.5 ab
AM+ CM + AZ	6.58 ab	2.82 a	41	72 ab	932 ab	61 ab	57 b	86 ab	3.5 ab	1.6 ab
Mean	6.64	2.61	44.47	70.91	906	64.07	74.38	86.76	3.63	1.74
F-test	*	*	NS	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	4.37	25.70	20.89	22.59	26.74	14.15	32.41	21.83	15.84	1.1 b

หมายเหตุ Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD *=0.05, **=0.01 and NS= Nonsignificant

ไม่เติมปุ๋ย (Control), ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM), ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM), แหนแดง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AZ), ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยหมัก: 500+500 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM), ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+AZ), ปุ๋ยหมัก + แหนแดง: 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM+AZ),ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยคอก + แหนแดง: 500+500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AM+CM+AZ)

ตาราง 8 แสดงปริมาณธาตุอาหารในดินระดับล่างหลังการทดลองปี 2555

Treatment	pH	%OM	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
						mg/kg				
				Top soil (0-15 cm)						
Control	6.64 b	1.50	22	40 b	632 b	52 b	33 c	53	2.8	1.0 b
AM	6.82 ab	2.37	26	93 a	826 b	62 ab	58 ab	65	2.9	1.3 ab
CM	7.12 a	1.75	45	74 ab	673 b	64 ab	60 ab	57	3.6	1.4 ab
AZ	6.90 ab	2.27	37	59 ab	954 b	60 ab	42 bc	59	3.2	1.4 ab
AM+ CM	6.74 ab	1.86	25	51 ab	670 b	58 b	52 ab	64	3.4	1.1 ab
AM+ AZ	7.00 ab	2.03	31	55 ab	954 b	57 b	63 a	53	3.4	1.3 ab
CM + AZ	7.15 a	2.09	36	71 ab	1819 a	85 a	63 a	62	3.4	1.6 a
AM+ CM + AZ	6.83 ab	2.14	45	71 ab	831 b	62 ab	43 bc	81	3.3	1.5 ab
Mean	6.89	2.00	33.44	64.28	920	63.07	51.79	61.74	3.26	1.38
F-test	*	NS	NS	*	*	*	*	NS	NS	*
CV (%)	4.39	25.10	21.22	– 17.40	28.58	25.09	21.80	17.59	20.54	22.47

หมายเหตุ Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD *=0.05, **=0.01 and NS= Nonsignificant

ไม่เติมปุ๋ย (Control), ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM), ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM), แหนแดง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AZ), ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยหมัก: 500+500 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM), ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+AZ), ปุ๋ยหมัก + แหนแดง: 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM+AZ),ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยคอก + แหนแดง: 500+500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AM+CM+AZ)

ปริมาณธาตุอาหารในใบข้าว

ปริมาณธาตุอาหารในใบข้าว ปี 2554

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบข้าว ปี 2554 พบว่าปริมาณการสะสมไนโตรเจนในใบข้าว มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.06 %N ซึ่งพบว่าในตำรับ AZ มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดคือ 2.29 %N ขณะที่ตำรับ Control มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนต่ำกว่าตำรับการทดลองอื่นมีค่าอยู่ที่ 1.78 %N โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลอง สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสมีการสะสมไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลอง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.57 %P โดยในตำรับ CM มีแนวโน้มที่มีปริมาณฟอสฟอรัสในใบข้าวสูงที่สุดคือ 0.53 %P ส่วนปริมาณโพแทสเซียม พบว่าตำรับ AM+CM มีปริมาณการสะสมโพแทสเซียมในใบข้าวมากที่สุดคือ 1.25 %K แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ CM และ AM ในขณะที่ตำรับ Control มีปริมาณการสะสมโพแทสเซียมต่ำที่สุด และไม่มีความแตกต่างกับตำรับ AZ, AM+AZ, CM+AZ และการใช้ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน ในการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลอง โดยตำรับ CM มีแนวโน้มที่มีปริมาณแคลเซียมในใบข้าวสูงที่สุดคือ 0.68 %Ca ซึ่งปริมาณแคลเซียมในใบข้าวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.61 %Ca ส่วนการสะสมปริมาณแมกนีเซียม พบว่าตำรับ CM ยังคงมีค่าการสะสมแมกนีเซียมในใบข้าวสูงที่สุดเช่นเดียวกับปริมาณแคลเซียมซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AM+AZ ในขณะที่ตำรับ Control มีปริมาณแมกนีเซียมในใบข้าวต่ำที่สุดเท่ากับ 0.06 %Mg แต่ไม่มีความแตกต่างกับแปลงที่ใส่ตำรับ AM, AZ, AM+CM, CM+AZ และ AM+CM+AZ (ตาราง 9)

ปริมาณธาตุอาหารเสริมในใบข้าว พบว่าการสะสมเหล็กและแมงกานีสในทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ซึ่งในตำรับ CM มีแนวโน้มที่มีปริมาณเหล็กและแมงกานีสที่สะสมในใบข้าวสูงที่สุดคือ 65 mgFe/kg และ 290 mgMn/kg โดยมีปริมาณเหล็กและแมงกานีสที่สะสมในใบข้าวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.54 mgFe/kg และ 27.29 mgMn/kg สำหรับปริมาณสังกะสี พบว่าตำรับ AM+CM มีปริมาณการสะสมสังกะสีมากที่สุดคือ 22 mgZn/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ CM ในขณะที่ตำรับ Control ซึ่งมีปริมาณสังกะสีที่สะสมในใบข้าวต่ำที่สุดเท่ากับ 15 mgZn/kg แต่ไม่มีความแตกต่างกับแปลงที่ใส่ตำรับ CM, AZ, AM+AZ, CM+AZ และการใช้ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิด ส่วนการสะสมของทองแดง พบว่าตำรับ CM+AZ มีปริมาณการสะสมทองแดงมากที่สุดคือ 5.1 mgCu/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองโดยปริมาณการสะสมทองแดงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.02 mgCu/kg (ตาราง 9)

ตาราง 9 แสดงการสะสมธาตุอาหารในใบข้าว ปี 2554

Treatment	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
	%					mg/kg			
Control	1.78	0.57	0.98 b	0.66	0.06 b	62	286	15 b	3.0
AM	2.00	0.54	1.10 ab	0.56	0.07 b	61	275	19 ab	2.3
CM	1.83	0.61	1.14 ab	0.68	0.09 a	65	290	18 b	2.8
AZ	2.29	0.59	1.01 b	0.63	0.07 b	48	260	17 b	2.1
AM+ CM	2.10	0.57	1.25 a	0.60	0.07 b	53	189	22 a	2.2
AM+ AZ	2.07	0.56	1.03 b	0.65	0.08 ab	51	187	17 b	3.2
CM + AZ	2.23	0.53	1.06 b	0.54	0.07 b	48	228	17 b	5.1
AM+ CM + AZ	2.23	0.59	1.07 b	0.61	0.07 b	62	210	17 b	3.2
Mean	2.06	0.57	1.08	0.61	0.07	56.82	241.07	18.79	3.02
F-test	NS	NS	*	NS	*	NS	NS	*	NS
CV (%)	18.51	8.89	11.28	28.58	18.14	24.54	27.29	9.02	29.37

หมายเหตุ Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD *=0.05, **=0.01 and NS= Nonsignificant

ไม่เติมปุ๋ย (Control), ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM), ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM), แหนแดง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AZ), ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยหมัก: 500+500 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM), ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+AZ), ปุ๋ยหมัก + แหนแดง: 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM+AZ),ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยคอก + แหนแดง: 500+500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AM+CM+AZ)

ปริมาณธาตุอาหารในใบข้าวปี 2555

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบข้าว ปี 2555 พบว่าในตำรับ AM+CM และ AM+AZ มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนสูงที่สุดคือ 2.25 %N แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับการทดลอง แต่ในตำรับควบคุมมีปริมาณการสะสมไนโตรเจนที่ต่ำที่สุดคือ 1.60 %N สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมได้ พบว่าในตำรับ AM มีปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสสูงที่สุดเท่ากับ 0.6%P ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AM, AM+AZ และ AM+CM+ AZ ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสต่ำที่สุดอยู่ในตำรับ Control มีค่าอยู่ที่ 0.40 %P แต่ไม่มีความแตกต่างกับแปลงที่ใส่ AZ, AM+CM และ CM+ AZ ส่วนปริมาณโพแทสเซียม พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในใบข้าวไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลอง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.09 %K โดยตำรับ CM+AZ มีปริมาณการสะสมโพแทสเซียมที่สกัดได้สูงที่สุดเท่ากับ 1.17 %K และจากการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในใบข้าว พบว่าตำรับ CM มีปริมาณการสะสมแคลเซียมมากที่สุดคือ 1.17 %Ca ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AM และ AM+AZ ขณะที่ตำรับ Control ซึ่งมีปริมาณการสะสมแคลเซียมต่ำสุดเท่ากับ 0.77 %Ca แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AZ, AM+CM, CM+AZ และการใช้ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิดร่วมกันสำหรับปริมาณแมกนีเซียมมีค่าการสะสมแมกนีเซียมสูงที่สุดคือ 0.10 %Mg พบในตำรับ CM ซึ่งเพิ่มสูงขึ้นจากปี 2554 แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control ที่มีปริมาณการสะสมแมกนีเซียมต่ำที่สุดคือ 0.07 %Mg ($P<0.05$) (ตาราง 10)

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารเสริมในใบข้าว พบว่าการสะสมเหล็ก ในตำรับ CM มีค่าการสะสมมากที่สุดคือ 54 mgFe/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$) กับตำรับ AM, AM+AZ, CM+AZ และ AM+ CM+AZ ขณะที่ตำรับ Control มีค่าการสะสมเหล็กต่ำสุดคือ 42 mgFe/kg ก็ไม่มีความแตกต่างกับตำรับ AZ และ AM+CM ส่วนปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้ พบว่าในตำรับ CM+AZ มีปริมาณการสะสมแมงกานีสสูงที่สุดอยู่ที่ 313 mgMn/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับตำรับ CM, AM+ CM, AM+AZ และ AM+ CM+AZ สำหรับปริมาณสังกะสี พบว่าตำรับ AM และ CM มีปริมาณการสะสมสังกะสีมากที่สุดอยู่ที่ 21 mgZn/kg แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control ($P<0.05$) และการสะสมปริมาณทองแดงโดยพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลอง โดยปริมาณการสะสมทองแดงมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.66 mgCu/kg ซึ่งในตำรับ AM+AZ และ AM+CM+AZ มีแนวโน้มทำให้มีปริมาณการสะสมทองแดงสูงที่สุดคือ 3.2 mgCu/kg (ตาราง 10)

ตาราง 10 แสดงการสะสมธาตุอาหารในใบข้าวปี 2555

Treatment	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
	%					mg/kg			
Control	1.60	0.40 d	1.12	0.77b	0.07b	42 b	253 b	19 b	3.1
AM	2.20	0.58 ab	1.04	0.97ab	0.09ab	44 ab	259 b	21 a	2.3
CM	2.10	0.61 a	1.07	1.17a	0.10a	54 a	300 ab	21 a	2.8
AZ	2.05	0.48 bcd	1.08	0.82b	0.09ab	42 b	257 b	20 ab	2.1
AM+ CM	2.25	0.46 bcd	1.01	0.79b	0.08ab	43 b	282 ab	20 ab	2.2
AM+ AZ	2.25	0.50 abcd	1.12	1.01ab	0.09ab	49 ab	296 ab	20 ab	3.2
CM + AZ	2.00	0.41 cd	1.17	0.77b	0.09ab	44 ab	313 a	20 ab	2.2
AM+ CM + AZ	2.05	0.52 abc	1.11	0.82b	0.09ab	46 ab	279 ab	19 ab	3.2
Mean	2.06	0.49	1.09	0.89	0.08	45.38	279.88	20.46	2.66
F-test	NS	*	NS	**	*	*	*	*	NS
CV (%)	18.95	15.52	10.59	18.45	18.87	15.12	12.17	6.97	15.28

หมายเหตุ Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD *=0.05, **=0.01 and NS= Nonsignificant

ไม่เติมปุ๋ย (Control), ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM), ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM), แหนแดง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AZ), ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยหมัก: 500+500 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM), ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+AZ), ปุ๋ยหมัก + แหนแดง: 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM+AZ),ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยคอก + แหนแดง: 500+500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AM+CM+AZ)

ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดข้าว

ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดข้าว ปี 2554

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดข้าว ปี 2554 พบว่าปริมาณการสะสมไนโตรเจนในเมล็ดข้าวมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.97 %N ซึ่งพบว่าตำรับ CM+AZ มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนสูงที่สุดเท่ากับ 2.25 %N แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลอง สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสในเมล็ดข้าวพบว่าในตำรับ AM และ AZ มีปริมาณฟอสฟอรัสมากกว่าตำรับการทดลองอื่นคือ 0.45 %P ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ CM, AM+ CM, AM+AZ และ AM+ CM+AZ ในขณะที่ตำรับ Control มีปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสต่ำสุดเท่ากับ 0.33 %P ($P<0.05$) ส่วนปริมาณการสะสมโพแทสเซียมในเมล็ดข้าว พบว่าตำรับ AM มีปริมาณการสะสมโพแทสเซียมมากที่สุดเท่ากับ 0.57 %K ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ CM ในขณะที่ตำรับ Control ที่มีปริมาณการสะสมโพแทสเซียมน้อยที่สุดเท่ากับ 0.40 %K ($P<0.05$) และจากการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในเมล็ดข้าว พบว่าตำรับ CM มีปริมาณการสะสมแคลเซียมมากที่สุดคือ 1.52 %Ca ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AM, AZ, AM+CM, CM+AZ และการใช้ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิดร่วมกันในขณะที่ปริมาณการสะสมแคลเซียมต่ำที่สุดเท่ากับ 1.23 %Ca อยู่ในตำรับ Control ($P<0.05$) ส่วนปริมาณการสะสมแมกนีเซียมพบว่าตำรับ AM มีปริมาณการสะสมแมกนีเซียมสูงที่สุดเช่นเดียวกับการสะสมฟอสฟอรัส โดยมีค่าเท่ากับ 0.08 %Mg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับแปลงที่ใส่ตำรับ CM ขณะที่ตำรับ Control มีปริมาณแมกนีเซียมต่ำที่สุดเท่ากับ 0.06 %Mg ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับ AZ, AM+CM และ CM+AZ (ตาราง 11)

สำหรับปริมาณธาตุอาหารเสริมในเมล็ดข้าว พบว่าปริมาณการสะสมเหล็ก ในตำรับ AM มีปริมาณการสะสมธาตุเหล็กสูงที่สุดคือ 15 mgFe/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ CM ในขณะที่ตำรับ Control พบการสะสมธาตุเหล็กต่ำสุดเท่ากับ 6 mgFe/kg แต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับ AZ, AM+CM, CM+AZ, AM+AZ และ AM+CM+AZ ส่วนปริมาณแมงกานีสพบว่าในตำรับ AM มีปริมาณการสะสมแมงกานีสมากที่สุดคือ 9 mgMn/kg และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ CM+AZ และ AM+CM+AZ สำหรับปริมาณสังกะสีในเมล็ดข้าวพบว่าปริมาณสังกะสีมีค่าในตำรับ CM+AZ มีค่าอยู่ที่ 24.2 mgZn/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AM และ CM ส่วนปริมาณการสะสมทองแดงในเมล็ดข้าวพบว่าตำรับ AZ มีปริมาณการสะสมทองแดงสูงที่สุดเท่ากับ 2.2 mgCu/kg ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับ

การทดลอง ($P<0.05$) และในตำรับ Control มีปริมาณการสะสมแมงกานีส สังกะสี และทองแดงต่ำที่สุดคือ 5 mgMn/kg, 21.2 mgZn/kg และ 0.9 mgCu/kg ตามลำดับ (ตาราง 11)

ตาราง 11 แสดงการสะสมธาตุอาหารในเมล็ดข้าวปี 2554

Treatment	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
	%					mg/kg			
Control	1.79	0.33 c	0.40 c	1.23 c	0.06 d	6 c	5 c	21.2 c	0.9 b
AM	2.08	0.45 a	0.57 a	1.45 ab	0.08 a	15 a	9 a	23.3 ab	1.1 b
CM	1.91	0.44 ab	0.53 ab	1.52 a	0.07 ab	13 ab	6 bc	23.1 ab	1.2 b
AZ	1.95	0.45 a	0.47 bc	1.48 a	0.06 bcd	8 bc	5 c	22.7 b	2.2 a
AM+ CM	1.95	0.39 abc	0.42 c	1.48 a	0.06 cd	8 bc	6 bc	22.6 bc	1.0 b
AM+ AZ	1.87	0.39 abc	0.42 c	1.39 b	0.06 bc	7 bc	6 bc	22.3 bc	1.1 b
CM + AZ	2.25	0.36 bc	0.41 c	1.44 ab	0.06 cd	9 abc	8 a	24.2 a	1.0 b
AM+ CM + AZ	1.97	0.39 abc	0.40 c	1.45 ab	0.07 bc	8 bc	7 ab	22.7 b	0.9 b
Mean	1.97	0.41	0.45	1.43	0.06	9.18	6.46	22.77	1.18
F-test	NS	*	*	*	*	**	**	**	*
CV (%)	16.75	12.79	11.44	3.97	9.94	12.91	12.4	4.26	16.78

หมายเหตุ Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD *=0.05, **=0.01 and NS= Nonsignificant

ไม่เติมปุ๋ย (Control), ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM), ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM), แหนแดง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AZ), ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยหมัก: 500+500 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM), ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+AZ), ปุ๋ยหมัก + แหนแดง: 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM+AZ),ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยคอก + แหนแดง: 500+500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AM+CM+AZ)

ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดข้าวปี 2555

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดข้าวปี 2555 พบว่าปริมาณการสะสมไนโตรเจนในเมล็ดข้าวไม่มีความแตกต่างกันระหว่างตำรับการทดลองโดยตำรับที่ใส่ CM+AZ มีแนวโน้มที่มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนในเมล็ดข้าวสูงที่สุดคือ 2.05 %N ซึ่งปริมาณการสะสมไนโตรเจนในเมล็ดข้าวมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.46 %N สำหรับปริมาณการสะสมฟอสฟอรัส พบว่าในตำรับ AM และ CM มีปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสสูงที่สุดเท่ากับ 0.19 %P ซึ่งในทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในเมล็ดข้าวเฉลี่ยอยู่ที่ 0.18 %P ส่วนปริมาณการสะสมโพแทสเซียมในเมล็ดข้าว พบว่าปริมาณการสะสมโพแทสเซียมมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.48 %K โดยตำรับ AM แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ AZ และตำรับควบคุม ($P<0.05$) โดยมีค่าปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดอยู่ที่ 0.45 %K สำหรับปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในเมล็ด พบว่าตำรับ AM มีปริมาณการสะสมแคลเซียมสูงที่สุดเท่ากับ 1.75 %Ca ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AZ, AM+CM, AM+AZ, CM+AZ และ AM+CM+AZ ขณะที่ปริมาณการสะสมแคลเซียมต่ำที่สุดมีค่าอยู่ที่ 1.52 %Ca ซึ่งอยู่ในตำรับ Control ส่วนปริมาณแมกนีเซียม พบว่าในตำรับ AM มีปริมาณการสะสมแมกนีเซียมสูงที่สุดคือ 0.10 %Mg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control ($P<0.01$) (ตาราง 12)

ปริมาณธาตุอาหารเสริมในเมล็ดข้าว พบว่าการสะสมเหล็กในเมล็ดข้าวไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลอง ซึ่งปริมาณการสะสมเหล็กในเมล็ดข้าวมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 11.88 mgFe/kg โดยในตำรับ AM+CM มีแนวโน้มที่มีปริมาณการสะสมเหล็กสูงที่สุดมีค่าอยู่ที่ 17 mgFe/kg ส่วนปริมาณการสะสมแมงกานีส พบว่าตำรับ AM+CM และ AZ มีปริมาณการสะสมแมงกานีสสูงที่สุดเท่ากับ 10 mgMn/kg ขณะที่ตำรับ Control มีปริมาณการสะสมแมงกานีสในเมล็ดข้าวต่ำที่สุดคือ 6 mgMn/kg แต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับที่ใส่ AM, CM, AM+AZ และ CM+AZ การวิเคราะห์ปริมาณการสะสมสังกะสี พบว่าตำรับ AM+AZ มีปริมาณการสะสมสังกะสีสูงที่สุด รองลงมาคือตำรับ CM+AZ มีค่าอยู่ที่ 26.6 และ 26.3 mgZn/kg ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามในทุกตำรับการทดลองก็ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นตำรับ Control ($P<0.05$) ส่วนปริมาณการสะสมทองแดงพบว่าตำรับ AZ มีปริมาณการสะสมทองแดงมากกว่าทุกตำรับการทดลองมีค่าเท่ากับ 2.0 mgCu/kg ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลอง (ตาราง 12)

ตาราง 12 แสดงการสะสมธาตุอาหารในเมล็ดข้าวปี 2555

Treatment	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
	%					mg/kg			
Control	1.71	0.18	0.45 b	1.52 c	0.08 b	13	6 c	23.5 b	1.1 b
AM	1.88	0.19	0.48 a	1.75 a	0.10 a	9	7 c	25.3 ab	1.3 b
CM	1.59	0.19	0.46 ab	1.59 bc	0.09 ab	10	8 bc	25.2 ab	1.2 b
AZ	1.75	0.17	0.45 b	1.63 abc	0.08 ab	10	10 a	24.7 ab	2.0 a
AM+ CM	1.75	0.18	0.47 ab	1.63 abc	0.08 ab	17	10 a	24.7 ab	1.2 b
AM+ AZ	1.67	0.18	0.46 ab	1.67 ab	0.08 ab	8	8 c	26.6 a	1.4 b
CM + AZ	2.05	0.18	0.46 ab	1.64 abc	0.08 ab	8	7 c	26.3 a	1.2 b
AM+ CM + AZ	1.77	0.18	0.47 ab	1.65 abc	0.09 ab	12	9 b	24.8 ab	1.2 b
Mean	0.46	0.18	0.16	1.63	0.08	11.88	8.60	25.18	1.33
F-test	NS	NS	*	*	**	NS	**	*	*
CV (%)	2.41	10.07	7.43	5.54	7.68	10.40	9.19	6.78	12.3

หมายเหตุ Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD *=0.05, **=0.01 and NS= Nonsignificant

ไม่เติมปุ๋ย (Control), ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM), ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM), แหนแดง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AZ), ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยหมัก: 500+500 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM), ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+AZ), ปุ๋ยหมัก + แหนแดง: 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM+AZ),ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยคอก + แหนแดง: 500+500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AM+CM+AZ)

ปริมาณธาตุอาหารในเปลือกข้าว

ปริมาณธาตุอาหารในเปลือกข้าว ปี 2554

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเปลือกข้าว ปี 2554 พบว่าปริมาณการสะสมไนโตรเจนในเปลือกข้าว มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.26 %N ซึ่งพบว่าในตำรับ Control มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนต่ำที่สุดเท่ากับ 0.95 %N ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ AM+CM+AZ มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนสูงที่สุดเท่ากับ 2.10 %N ($P<0.01$) สำหรับปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในเปลือกข้าว พบว่าในตำรับ AM+AZ มีปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสมากที่สุดคือ 0.18 %P ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AM, AZ, AM+CM และ CM+AZ ขณะที่ตำรับ Control ยังคงมีปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสต่ำสุดเช่นเดียวกับปริมาณไนโตรเจนแต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับ CM และ AM+CM+AZ ส่วนปริมาณการสะสมโพแทสเซียมในเปลือกข้าว พบว่าตำรับ AM+AZ และ AM+CM มีปริมาณการสะสมโพแทสเซียมสูงที่สุดเท่ากับ 0.41 %K ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control ($P<0.05$) และการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในเปลือกข้าว พบว่าในตำรับ AM มีปริมาณการสะสมแคลเซียมสูงที่สุดคือ 1.59 %Ca ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AM+CM, AM+AZ, CM+AZ และการใช้ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิด สำหรับปริมาณการสะสมแมกนีเซียม พบว่าในตำรับ CM+AZ มีปริมาณการสะสมแมกนีเซียมมากกว่าตำรับการทดลองอื่นมีค่าอยู่ที่ 0.20 %Mg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AM+CM และ AM+CM+AZ และขณะที่แปลง Control ที่มีปริมาณการสะสมแคลเซียมและแมกนีเซียมต่ำสุดเท่ากับ 0.11 %Mg และ 0.93 %Ca ตามลำดับ (ตาราง 13)

จากข้อมูลในตาราง 13 ปริมาณธาตุอาหารเสริมในเปลือกข้าว พบว่าการสะสมเหล็กในตำรับ AM+AZ มีปริมาณการสะสมเหล็กสูงกว่าทุกตำรับคือ 36 mgFe/kg ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ CM มีปริมาณเหล็กอยู่ที่ 30 mgFe/kg ($P<0.01$) ขณะที่ตำรับ Control มีปริมาณการสะสมธาตุเหล็กต่ำสุดเท่ากับ 17 mgFe/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับตำรับ AM+CM, CM+AZ และ AM+CM+AZ ส่วนปริมาณการสะสมแมงกานีส พบว่าการใช้ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน มีปริมาณการสะสมแมงกานีสมากที่สุดคือ 125 mgMn/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AM, CM, AM+CM, AM+AZ และ CM+AZ ส่วนในตำรับ Control และ AZ มีปริมาณการสะสมแมงกานีสน้อยที่สุด สำหรับปริมาณการสะสมสังกะสีในเปลือกข้าว พบว่าปริมาณการสะสมสังกะสีสูงที่สุดคือตำรับ AM มีค่าเท่ากับ 24 mgZn/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ CM และปริมาณการสะสมทองแดง พบว่าตำรับ CM+AZ มีปริมาณการสะสมทองแดงมากกว่าตำรับการทดลองอื่นมีค่าอยู่ที่ 2.9 mgCu/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับ

ตำรับ AM, CM, AZ, AM+CM และ AM+CM+AZ ในขณะที่ตำรับ Control มีปริมาณการสะสมสังกะสีและทองแดงต่ำกว่าทุกตำรับการทดลองมีค่าเท่ากับ 16 mgZn/kg และ 1.4 mgCu/kg ตามลำดับ

ตาราง 13 แสดงการสะสมธาตุอาหารในเปลือกข้าว ปี 2554

Treatment	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
	%					mg/kg			
Control	0.95 b	0.13 c	0.33 b	0.93 b	0.11 e	17 c	110 b	16 c	1.4 b
AM	1.13 b	0.17 ab	0.39 ab	1.59 a	0.16 cd	28 b	114 ab	24 a	1.7 ab
CM	1.06 b	0.14 bc	0.34 ab	0.97 b	0.14 d	30 ab	115 ab	20 ab	2.1 ab
AZ	1.29 b	0.16 abc	0.36 ab	0.98 b	0.16 cd	29 b	110 b	16 c	1.5 ab
AM+ CM	1.14 b	0.17 ab	0.41 a	1.18ab	0.18 abc	18 c	120 ab	18 bc	2.0 ab
AM+ AZ	1.18 b	0.18 a	0.41 a	1.17ab	0.17 bcd	36 a	115 ab	16 c	1.9 b
CM + AZ	1.22 b	0.16 abc	0.35 ab	1.16ab	0.20 a	19 c	122 ab	18 bc	2.9 a
AM+ CM + AZ	2.10 a	0.14 bc	0.37 ab	1.34ab	0.20 ab	19 c	125 a	19 b	2.4 ab
Mean	1.26	0.16	0.37	1.16	0.17	24.54	116.88	18.84	2.02
F-test	**	*	*	*	**	**	*	**	**
CV (%)	14.28	14.88	11.60	23.13	9.50	13.32	7.47	8.10	19.43

หมายเหตุ Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD *=0.05, **=0.01 and NS= Nonsignificant

ไม่เติมปุ๋ย (Control), ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM), ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM), แหนแดง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AZ), ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยหมัก: 500+500 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM), ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+AZ), ปุ๋ยหมัก + แหนแดง: 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM+AZ),ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยคอก + แหนแดง: 500+500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AM+CM+AZ)

ปริมาณธาตุอาหารในเปลือกข้าว 2555

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเปลือกข้าว ปี 2555 พบว่าปริมาณการสะสมไนโตรเจนในเปลือกข้าวมีปริมาณลดลงจากปี 2554 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.14 %N ซึ่งพบว่าในตำรับ AM+CM+AZ มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนสูงที่สุดคือ 1.74 %N แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับตำรับ AM+AZ และ CM+AZ โดยในตำรับ Control มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนต่ำที่สุดอยู่ที่ 0.75 %N สำหรับปริมาณการสะสมฟอสฟอรัส พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลองโดยตำรับ CM มีแนวโน้มที่มีปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสมากที่สุดคือ 0.31 %P ซึ่งปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในเปลือกข้าวมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.29 %P ส่วนปริมาณการสะสมโพแทสเซียมในเปลือกข้าว พบว่าปริมาณการสะสมโพแทสเซียมสูงที่สุดคือตำรับ CM+AZ มีค่าอยู่ที่ 0.60 %K ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AM+CM และ AM+CM+AZ ส่วนในตำรับ Control มีปริมาณการสะสมโพแทสเซียมต่ำที่สุดคือ 0.49 %K และการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในเปลือกข้าว พบว่าตำรับ Control มีปริมาณการสะสมแคลเซียมต่ำกว่าตำรับการทดลองอื่นคือ 1.82 %Ca แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นในตำรับ CM ซึ่งมีปริมาณการสะสมแคลเซียมสูงที่สุดเท่ากับ 2.12 %Ca ($P<0.01$) สำหรับปริมาณการสะสมแมกนีเซียมในเปลือกข้าว พบว่าในตำรับ AM มีปริมาณการสะสมแมกนีเซียมมากกว่าตำรับการทดลองอื่นคือ 0.32 %Mg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ CM, CM+AZ และ AM+CM+AZ ในขณะที่ตำรับ Control มีปริมาณการสะสมแมกนีเซียมต่ำที่สุดคือ 0.28 %Mg (ตาราง 14)

จากข้อมูลในตาราง 14 ปริมาณธาตุอาหารเสริมในเปลือกข้าว พบว่าการสะสมเหล็กในตำรับ AMมีปริมาณการสะสมเหล็กสูงที่สุดคือ 46 mgFe/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control ($P<0.05$) ส่วนปริมาณการสะสมแมงกานีส พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างตำรับการทดลองโดยปริมาณแมงกานีสในเปลือกข้าวมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 136.8 mgMn/kg พบว่าการใช้ปุ๋ย 3 ชนิดร่วมกัน มีผลทำให้ปริมาณการสะสมสังกะสีในเปลือกข้าวสูงที่สุดคือ 15.4 mgZn/kg แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control ($P<0.05$) และปริมาณทองแดง พบว่าตำรับ AM+CM+AZ มีปริมาณการสะสมทองแดงมากกว่าทุกตำรับการทดลองมีค่าอยู่ที่ 2.8 mgCu/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ AM, CM, AM+CM, AM+AZ และ CM+AZ ส่วนปริมาณทองแดงต่ำสุดยังคงเป็นตำรับ Control คือ 1.9 mgCu/kg

ตาราง 14 แสดงการสะสมธาตุอาหารในเปลือกข้าว ปี 2555

Treatment	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
	%					mg/kg			
Control	0.75 c	0.18	0.49 b	1.82 c	0.28 b	36 b	132	11.7 b	1.9 b
AM	1.07 bc	0.29	0.51 b	2.12 a	0.32 a	46 a	133	13.4 ab	2.2 ab
CM	1.01 bc	0.31	0.51 b	1.88 bc	0.29 ab	40 ab	131	13.2 ab	2.6 ab
AZ	1.09 bc	0.29	0.50 b	1.91 b	0.28 b	38 ab	132	12.8 ab	1.9 b
AM+ CM	0.95 bc	0.29	0.56 ab	1.93 b	0.28 b	43 ab	142	13.1 ab	2.4 ab
AM+ AZ	1.23abc	0.29	0.51 b	1.91 b	0.28 b	46 a	136	14.2 ab	2.4 ab
CM + AZ	1.31 ab	0.28	0.60 a	1.89 bc	0.30 ab	41 ab	138	13.8 ab	2.3 ab
AM+ CM + AZ	1.74 a	0.28	0.55 ab	1.93 b	0.29 ab	42 ab	147	15.4 a	2.8 a
Mean	1.14	0.29	0.53	1.91	0.29	42.05	136.8	13.48	2.53
F-test	*	NS	*	**	*	*	NS	*	*
CV (%)	11.65	8.30	10.88	2.78	6.40	13.89	7.99	13.24	15.95

หมายเหตุ Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD *=0.05, **=0.01 and NS= Nonsignificant

ไม่เติมปุ๋ย (Control), ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM), ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM), แหนแดง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AZ), ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยหมัก: 500 + 500กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM), ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500 + 2,000กิโลกรัมต่อไร่ (AM+AZ), ปุ๋ยหมัก + แหนแดง: 500 + 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM+AZ),ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยคอก + แหนแดง: 500 + 500 + 2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AM+CM+AZ)

ศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว

การเจริญเติบโตของข้าวด้านความสูง

จากผลการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นข้าวด้านความสูงในปี 2554-2555 พบว่าต้นข้าวที่ระยะ 30DAT ในตำรับ AM ให้ความสูงของต้นข้าวดีที่สุดเท่ากับ 20.1 เซนติเมตรซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control ซึ่งให้ความสูงของต้นข้าวต่ำที่สุดคือ 17.3 เซนติเมตร ($P<0.05$) ส่วนในระยะ 37DAT, 44DAT และ 51 DAT พบว่าตำรับ AM+CM ให้ความสูงของต้นข้าวดีที่สุดเท่ากับ 81.9, 81.6 และ 89.6 เซนติเมตรตามลำดับ ส่วนความสูงของต้นข้าวน้อยที่สุดอยู่ในตำรับ CM มีค่าอยู่ที่ 72.3, 71.8 และ 79.7 เซนติเมตร ($P<0.05$) ตามลำดับ (ตาราง 15) สำหรับในปี 2555 พบว่าต้นข้าวในระยะ 30DAT ไม่มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลองโดยในตำรับ AM+CM มีแนวโน้มที่มีความสูงของต้นข้าวสูงที่สุดคือ 66 เซนติเมตร โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 59.39 เซนติเมตร ขณะที่ระยะ 37DAT ก็ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างตำรับการทดลองโดยความสูงของต้นข้าวสูงที่สุดคือในตำรับ CM+AZ มีคือ 74.7 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ยอยู่ที่ 64.45 เซนติเมตร ส่วนระยะ 44DAT และ 51DAT พบว่าในตำรับ AM+CM+AZ ให้ความสูงของต้นข้าวได้ดีที่สุดคือ 82.9 และ 93.6 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับ Control ที่มีความสูงของต้นข้าวต่ำที่สุดคือ 78.6 และ 87.7 เซนติเมตร ทั้งในระยะ 44DAT และ 51DAT ตามลำดับ ($P<0.05$) (ตาราง 16)

ตาราง 15 ความสูงของข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ปี 2554

Year	Treatment	Rice plant height (cm.)			
		30DAT	37DAT	44DAT	51DAT
2011	Control	17.3 b	77.0ab	76.5 ab	84.1 ab
	AM	20.1 a	76.1 ab	75.9 ab	82.4 ab
	CM	17.8 ab	72.3 b	71.8 b	79.7 b
	AZ	18.2 ab	73.2 ab	73.0 ab	81.0 ab
	AM+ CM	19.2 ab	81.9 a	85.6 a	89.6 a
	AM+ AZ	18.8 ab	77.4 ab	77.4 ab	85.8 ab
	CM + AZ	18.0 ab	76.2 ab	76.2 ab	83.7 ab
	AM+ CM + AZ	18.3 ab	77.0 ab	79.7 ab	84.4 ab
	Mean	18.5	76.41	76.18	92.66
	F-test	*	*	*	*
	CV (%)	8.86	7.75	7.59	5.79

หมายเหตุ Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD *=0.05, **=0.01 and NS= Nonsignificant

ไม่เติมปุ๋ย (Control), ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM), ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM), แหนแดง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AZ), ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยหมัก: 500+500 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM), ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+AZ), ปุ๋ยหมัก + แหนแดง: 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM+AZ),ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยคอก + แหนแดง: 500+500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AM+CM+AZ)

ตาราง 16 ความสูงของข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ปี 2555

Year	Treatment	Rice plant height (cm.)			
		30DAT	37DAT	44DAT	51DAT
2012	Control	49.2	59.2	78.6 b	87.7 c
	AM	64.4	74.4	82.2 ab	89.6 ab
	CM	53.4	63.4	79.8 ab	88.8 bc
	AZ	60.0	71.1	82.9 a	91.9 ab
	AM+ CM	66.0	76.0	82.5 ab	92.9 ab
	AM+ AZ	59.1	69.1	82.9 a	93.5 a
	CM + AZ	64.7	74.7	82.3 ab	92.6 ab
	AM+ CM + AZ	57.6	67.6	83.0 a	93.6 a
	Mean	59.39	64.45	81.81	91.33
	F-test	NS	NS	*	*
	CV (%)	9.92	7.04	3.5	3.29

หมายเหตุ Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD *=0.05, **=0.01 and NS= Nonsignificant

ไม่เติมปุ๋ย (Control), ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM), ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM), แหนแดง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AZ), ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยหมัก: 500+500 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM), ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+AZ), ปุ๋ยหมัก + แหนแดง: 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM+AZ),ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยคอก + แหนแดง: 500+500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AM+CM+AZ)

การเจริญเติบโตของข้าวด้านการแตกกอ

จากผลการเจริญเติบโตด้านการแตกกอของต้นข้าวปี 2554 พบว่า 30 วันหลังการย้ายปลูกการแตกกอไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติระหว่างตำรับการทดลองแต่ในตำรับ AM + CM มีแนวโน้มทำให้การแตกกอของข้าวสูงที่สุด และ 37 วันหลังการย้ายปลูกพบว่า ตำรับ AM + CM ทำให้การแตกกอของข้าวสูงที่สุดคือ 11.40 ต้น แต่ไม่มีความแตกต่างกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นในตำรับควบคุมที่มีการแตกกอของข้าวต่ำที่สุดคือ 7.73 ต้น ส่วน 44 และ 51 วันหลังการย้ายปลูกในตำรับ AM + CM ทำให้การแตกกอของข้าวสูงที่สุดเช่นกันคือ 11.15 และ 12.90 ต้น แต่ไม่มี

ความแตกต่างกันในทางสถิติกับทุกตำรับการทดลอง (ตาราง 17) ส่วนในปี 2555 พบว่า 30 วันหลังการย้ายปลูกตำรับ AM มีผลทำให้การแตกกอของข้าวสูงที่สุดคือ 6.28 ต้น แต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับ CM, AZ, AM + CM และ AM + AZ และในตำรับควบคุมมีการแตกกอของข้าวต่ำที่สุดคือ 4.28 ต้น ส่วน 37, 44 และ 51 วันหลังการย้ายปลูกพบว่า ในตำรับ AM + CM มีผลทำให้การแตกกอของข้าวสูงที่สุดคือ 9.92, 11.23 และ 16.65 ต้น ตามลำดับ (ตาราง 18)

ตาราง 17 การแตกกอของข้าวสายพันธุ์สันป่าตอง 1 ปี 2554

Year	Treatment	Rice plant tillering			
		30DAT	37DAT	44DAT	51DAT
2011	Control	6.33	7.73 b	11.15	12.90
	AM	9.05	10.90 ab	13.20	14.76
	CM	7.38	8.90 ab	11.20	12.82
	AZ	6.85	8.95 ab	11.38	12.93
	AM + CM	9.55	11.40 a	13.78	15.62
	AM + AZ	8.43	10.53 ab	13.50	15.24
	CM + AZ	9.38	10.65 ab	12.38	13.97
	AM + CM + AZ	8.45	10.08 ab	13.00	14.17
	Mean	8.18	9.89	12.45	14.06
	F-test	NS	*	NS	NS
	CV (%)	27.00	24.63	18.19	15.93

หมายเหตุ Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD *=0.05, **=0.01 and NS= Nonsignificant

ไม่เติมปุ๋ย (Control), ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM), ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM), แหนแดง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AZ), ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยหมัก: 500+500 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM), ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+AZ), ปุ๋ยหมัก + แหนแดง: 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM+AZ),ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยคอก + แหนแดง: 500+500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AM+CM+AZ)

ตาราง 18 การแตกกอของข้าวสายพันธุ์สันป่าตอง 1 ปี 2555

Year	Treatment	Rice plant tillering			
		30DAT	37DAT	44DAT	51DAT
2012	Control	4.28 c	7.94 b	9.05 b	14.08
	AM	6.28 a	9.14 ab	10.13 b	15.76
	CM	5.45 abc	8.53 ab	9.45 b	14.35
	AZ	5.20 abc	8.11 b	9.20 b	14.52
	AM + CM	6.03 ab	9.92 a	11.23 a	16.83
	AM + AZ	5.10 abc	8.77 ab	9.53 ab	16.65
	CM + AZ	4.95 bc	8.03 b	9.28 b	14.87
	AM + CM + AZ	4.55 c	9.03 ab	10.20 ab	15.35
	Mean	5.23	8.69	9.76	15.31
	F-test	**	*	*	NS
	CV (%)	12.39	11.24	11.20	16.68

หมายเหตุ Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD *=0.05, **=0.01 and NS= Nonsignificant

ไม่เติมปุ๋ย (Control), ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM), ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM), แหนแดง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AZ), ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยหมัก: 500+500 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM), ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+AZ), ปุ๋ยหมัก + แหนแดง: 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM+AZ),ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยคอก + แหนแดง: 500+500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AM+CM+AZ)

ผลผลิตของข้าว

จากข้อมูลในตาราง 19 พบว่าปริมาณผลผลิตข้าวในปี 2554 พบว่ามีปริมาณผลผลิตข้าวเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 744.38 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อพิจารณาการใส่ปุ๋ยในแต่ละตำรับ จะเห็นว่าตำรับ CM มีปริมาณผลผลิตข้าวสูงที่สุด คือ 835 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นในตำรับ Control ที่มีปริมาณผลผลิตข้าวต่ำสุดคือ 627 กิโลกรัมต่อไร่ ($P<0.05$) และผลการศึกษาปริมาณผลผลิตข้าวในปี 2555 พบว่ามีปริมาณผลผลิตข้าวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากปีแรกคือ 791.56 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อพิจารณาการใส่ปุ๋ยในแต่ละตำรับ จะเห็นว่าในตำรับ

AM มีปริมาณผลผลิตข้าวสูงสุดคือ 887 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นในตำรับ Control มีปริมาณผลผลิตข้าวต่ำสุดคือ 700 กิโลกรัมต่อไร่ ($P<0.05$)

ตาราง 19 ปริมาณผลผลิตของข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ปี 2554 และ ปี 2555

Year	Treatment	Yield (kg/rai)
2011	Control	627 b
	AM	825 a
	CM	835 a
	AZ	715 ab
	AM+ CM	735 ab
	AM+ AZ	724 ab
	CM + AZ	707 ab
	AM+ CM + AZ	802 a
	Mean	744.38
	F-test	*
	CV (%)	11.87
2012	Control	700 b
	AM	887 a
	CM	745 ab
	AZ	777 ab
	AM+ CM	877 a
	AM+ AZ	800 ab
	CM + AZ	805 ab
	AM+ CM + AZ	740 ab
	Mean	791.56
	F-test	*
	CV (%)	15.1

หมายเหตุ Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD *=0.05, **=0.01 and NS= Nonsignificant

ไม่เติมปุ๋ย (Control), ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM), ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM), แหนแดง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AZ), ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยหมัก: 500+500 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+CM), ปุ๋ยคอก + แหนแดง : 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (AM+AZ), ปุ๋ยหมัก + แหนแดง: 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (CM+AZ),ปุ๋ยหมัก + ปุ๋ยคอก + แหนแดง: 500+500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่(AM+CM+AZ)

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ทางเคมีของดินในการทดลองปลูกข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ในเขตพื้นที่ศึกษาพบว่า สมบัติทางเคมีของดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างของดินในปีที่หนึ่งและปีที่สองดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลงและน้อยกว่าดินก่อนการทดลองจาก 7.35-7.40 เป็น 7.27-7.34 และ 6.90-6.96 ในปีที่หนึ่งและปีที่สองตามลำดับ ซึ่งในตำรับ AM+CM ให้ค่าความเป็นกรดด่างสูงที่สุดคือ 7.47 เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองของ Golabi et al. (2005) ได้ศึกษาการปรับปรุงใช้วัสดุอินทรีย์ในการผลิตพืชที่เกาะกวม พบว่า การใช้ปุ๋ยหมักที่ได้จากใบไม้ และการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์ที่อยู่บนเกาะส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในดินเพิ่มขึ้นจาก 7.27 เป็น 7.6 และจากผลการเฉลี่ยค่าความเป็นกรด-ด่างนั้นมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Hasegawa et al. (2005) ที่ได้ทำการศึกษาการใช้ปุ๋ยหมักมูลไก่ร่วมกับมูลวัวและฟางข้าว การใช้ปุ๋ยมูลวัวร่วมกับฟางข้าว และปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว ซึ่งทำการทดลองกับข้าวในทางตอนเหนือของประเทศญี่ปุ่น พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักมูลไก่ร่วมกับมูลวัวและฟางข้าว การใช้ปุ๋ยมูลวัวร่วมกับฟางข้าว ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินต่ำลง ขณะที่การใช้ปุ๋ยหมัก หรือการใช้ปุ๋ยคอกที่มีวัสดุในการผลิตที่แตกต่างกัน เช่น ฟางข้าว หรือ ดอซัง จะพบว่าเมื่อใส่ลงไปในดินแล้วจะส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างที่อยู่ในดินไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ รวมไปถึงการใช้มูลสัตว์ที่ทำเป็นปุ๋ยมูลสัตว์ เช่น มูลไก่ มูลควาย มูลวัว และมูลสุกรเป็นต้น ก็จะพบว่าระดับค่าความเป็นกรด-ด่างไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (Mader et al., 2002)

ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินที่เป็นประโยชน์ต่อข้าว พบว่าตำรับการทดลองทั้ง 8 ตำรับ มีส่วนทำให้ดินมีการสะสมธาตุอาหารในดินแตกต่างกันตามแต่ละชนิดปุ๋ยอินทรียวัตถุที่นำมาใช้ส่งผลต่อปริมาณของอินทรียวัตถุที่ใส่ลงไปในดิน กล่าวคือตำรับ AM 1,000 กิโลกรัมต่อไร่, CM 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และ AZ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมงกานีส สังกะสี และทองแดงในดินเพิ่มขึ้น และเมื่อมีการใช้ AM+AZ ในอัตรา 500+2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ได้ส่งผลให้ดินมีธาตุเหล็กที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อมีการปลูกข้าวในพื้นที่ดังกล่าวในระยะเวลาติดต่อกัน 2 ปีนั้นทำให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดลง จากผลการศึกษาพบว่า มีความสอดคล้องกับผลการทดลองของประเสริฐ (2543) โดยได้ศึกษาผลจากการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวติดต่อกัน 12 ปี พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ฟอสฟอรัสทั้งหมด ฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ และกำมะถันเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ส่วนแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยจะมีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 1.11 % แปลงที่ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีอินทรียวัตถุในดินเท่ากับ 1.34 % ส่วนแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว 2,000 กิโลกรัมต่อ

ไร่ มีอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นเป็น 2.24 % นอกจากนี้ยังพบว่าแปลงที่ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวอย่างเดียวทำให้โพแทสเซียมที่สกัดได้เพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณเหล็กและกำมะถันที่สกัดได้เพิ่มขึ้น แต่การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของดิน ส่วนการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวติดต่อกันมีผลทำให้อินทรียวัตถุในดิน ฟอสฟอรัสทั้งหมด ฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ และกำมะถันที่สกัดได้เพิ่มขึ้น ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดและเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Magdoff and Amadon (1980) พบว่าการใส่ปุ๋ยคอกทำให้อินทรียวัตถุ ความเป็นกรด-ด่าง ธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมในดินเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใส่ปุ๋ยคอกจะช่วยรักษาระดับของอินทรียวัตถุให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช และปุ๋ยคอกที่เกษตรกรใช้ส่วนใหญ่ได้มาจากมูลวัว มูลควายที่ใช้ฟางข้าวแห้งเป็นอาหาร (C/N ratio ประมาณ 80:1) จึงมีผลให้ได้ปุ๋ยคอกที่มี C/N ratio กว้าง การปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติจะใช้เวลานานราว 3 เดือน ซึ่งอาจจะทำให้ธาตุอาหารบางอย่าง เช่น ไนโตรเจนเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียระเหยหรือละลายน้ำไปได้ ดังนั้นการนำเอามูลสัตว์เหล่านี้ไปทำเป็นปุ๋ยคอกควรจะใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมด้วย และจากรายงานของ Lund et al. (1980) ได้กล่าวว่าการใส่ปุ๋ยคอกทำให้ความเป็นกรด-ด่างของดินสูงขึ้น โดยสอดคล้องกับการทดลองของ Yong-Hwan et al. (2004) ซึ่งได้ทำการทดลองการปลูกข้าวโดยใช้ระบบเกษตรอินทรีย์โดยการใช้ปุ๋ยหมักอินทรีย์ในประเทศเกาหลี พบว่าในการใช้ปุ๋ยหมักมีผลทำให้ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้มีปริมาณสูง และการใช้ฟางข้าวจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการปรับปรุงคุณสมบัติของดินให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งเห็นได้จากผลผลิตและปริมาณธาตุอาหารในดินที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองของ Bhattacharyya et al. (2007) ได้ทำการทดลองการใช้ปุ๋ยหมักจากเศษขยะ และปุ๋ยมูลสัตว์สำหรับเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมในการปลูกข้าว พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักจากเศษขยะและปุ๋ยมูลสัตว์ ส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมและเหล็กในดินเพิ่มขึ้นทุกๆ ปีตลอดระยะเวลา 3 ปีที่ทำการทดลอง แต่การใช้ปุ๋ยหมักจากเศษขยะจะมีปริมาณโพแทสเซียมและเหล็กมากกว่าการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์ โดยมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการทดลองของ Ming-gang et al. (2008) ที่ทำการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีต่อปริมาณธาตุอาหารและผลผลิตของข้าวในประเทศจีน พบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ส่งผลให้ปริมาณของอินทรียวัตถุในดินมีปริมาณสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี แต่การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าวนั้นส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีค่าสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวด้วยเช่นกัน แต่อาจไม่เท่ากับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามการที่ปริมาณของอินทรียวัตถุอยู่ในระดับสูงนั้นต้องมีการใส่วัสดุอินทรีย์อย่างสม่ำเสมอด้วย (Xi et al., 2004) จึงสอดคล้องกับการรายงานของ Wang et al. (2000) ; Sui et al. (2005) ที่กล่าวว่า ปริมาณอินทรียวัตถุในดินจะมีอยู่ในดินในระดับสมดุลไปนานๆนั้นขึ้นอยู่กับการใช้ปุ๋ยเคมี การเพิ่มการใช้

ปุ๋ยอินทรีย์ หรือการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ควบคู่ไปกับการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียวและการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ควบคู่ไปกับการใช้ปุ๋ยเคมีจะส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าสมดุลดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการทดลองของ Yadav et al. (1999) ได้ทำการทดลองกับข้าวและข้าวสาสี โดยใช้ปุ๋ยหมักจากฟางข้าว ปุ๋ยพืชสดและส่วนที่เหลือของข้าวสาลีที่ตกค้างอยู่ในแปลง พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในปุ๋ยพืชสดมีปริมาณโพแทสเซียมที่สูงที่สุด รองลงมาก็เป็นส่วนที่เหลือของข้าวสาลีที่ตกค้างอยู่ในแปลง และปุ๋ยหมักจากฟางข้าว พบว่าการที่ปริมาณโพแทสเซียมที่ต่ำลงในดินก่อนการทดลองในปี 2555 เป็นผลมาจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตจึงอาจทำให้ปริมาณโพแทสเซียมนั้นอาจติดไปกับผลผลิตได้ และการที่ปริมาณโพแทสเซียมมีปริมาณที่สูงขึ้นอาจเป็นเพราะมีการเติมปุ๋ยอินทรีย์ลงไปจึงทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในดินกลับมามีปริมาณสูงขึ้นอีกครั้ง โดยสอดคล้องกับรายงานของ Nambiar (1994) กล่าวว่าโดยทั่วไปแล้วในดินจะมีระดับความสมดุลของปริมาณโพแทสเซียมในดินอยู่แล้ว แต่ต้องมีการแนะนำในการเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมลงไปในดิน เนื่องจากในดินจะไม่มีทางขาดธาตุโพแทสเซียมถ้ามีการเติมหรือใส่สิ่งที่มีปริมาณโพแทสเซียมผสมอยู่อย่างต่อเนื่อง และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Iimura (1982) พบว่าปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในดิน จะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่ทำการปลูกข้าวด้วยเช่นกัน และการใส่ปุ๋ยมูลสัตว์อย่างต่อเนื่องในทุกๆปีไม่ได้ส่งผลให้ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด แต่อย่างไรก็ตามการใช้แหนแดงยังคงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ส่งผลให้มีปริมาณเหล็ก แมงกานีส สังกะสีและทองแดงเพิ่มขึ้นเห็นได้การวิเคราะห์แหนแดงที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 711, 998, 86 และ 34 ppm ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Pascal et al. (2009) พบว่ามีปริมาณเหล็ก แมงกานีส สังกะสีและทองแดงที่วิเคราะห์ได้เท่ากับ 1,721, 1,429,29 และ13 mg/kg ตามลำดับ และจากการทดลองของ Saha et al. (1982) พบว่าการใช้แหนแดงในอัตรา 20 ตันต่อเฮกเตอร์ เพียงพอต่อการปลดปล่อยให้ปริมาณฟอสฟอรัสในนาข้าวได้อย่างสมบูรณ์ และพบว่าหลังจากถูกนำไปใช้ในนาข้าวเพียง 21 วันหลังจากการใส่ ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นอย่างไรก็ตามโดยรวมแล้วธาตุอาหารที่ได้จากแหนแดงนั้นจะอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช แต่จะสามารถเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืชได้ซึ่งต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนรูป และโดยทั่วไปในปีแรกของการใส่จะทำให้พบปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินมีประมาณ 70-80% (Jodie et al., 2012)

สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบข้าวพบว่าการสะสมไนโตรเจนที่สกัดได้ในใบข้าวซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทุกตำรับการทดลอง โดยการสะสมปริมาณไนโตรเจนในปี 2554 พบว่าตำรับ AZ สูงที่สุด และในปี 2555 คือตำรับ AM+CM และ AM+AZ ส่วนในตำรับที่มีการใช้ CM เพียงอย่างเดียวมีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสและธาตุสังกะสีในใบข้าวสูงที่สุด คือ

0.61 %P และ 21 mgZn/kg ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าตำรับ CM เพียงอย่างเดียวก็ส่งผลทำให้มีปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียมในใบข้าวเพิ่มขึ้นจากปีแรก คือ 1.17 %Ca และ 0.10 %Mg และจากผลการวิเคราะห์ยังพบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มากกว่าหนึ่งชนิด คือตำรับ AM+CM และ CM+AZ ส่งผลทำให้ใบข้าวได้รับปริมาณโพแทสเซียมมากที่สุด คือ 1.25 %K และ 1.17 %K ในปี 2554 และ 2555 ตามลำดับ รวมถึงการใช้ปุ๋ย 3 ชนิดร่วมกันส่งผลทำให้ใบข้าวมีธาตุทองแดงสูงที่สุดด้วย คือ 3.2 mgCu/kg ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Myint et al. (2010) พบว่าปริมาณธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ในใบข้าวมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากการใช้ปุ๋ยมูลวัวและปุ๋ยมูลไก่ซึ่งมีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมเท่ากับ 3.22 kgCa/ha และ 9.46 kgMg/ha ตามลำดับ ส่วนในตำรับควบคุมมีค่าเท่ากับ 2.81 kgCa/ha และ 7.69 kgMg/ha จะเห็นได้ว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์หรือการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์ก็แล้วแต่นั้นสามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารที่ข้าวต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพได้เช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Dobermann and Fairhurst (2000); Tanka and Yoshida (1975) พบว่าปริมาณเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงในใบข้าวที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 75-150 ppm, 40-700 ppm, 25-50 ppm และ 7-15 ppm ตามลำดับที่กล่าวมา แสดงให้เห็นว่าในการวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงในใบข้าวพบว่า ปริมาณสังกะสี และทองแดงไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม จึงมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Shah et al. (2008) ที่ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของธาตุอาหารที่สำคัญในการผลิตข้าวได้กล่าวไว้ว่า ธาตุสังกะสีนั้นโดยทั่วไปแล้วจะไม่เพียงพอต่อความต้องการของข้าวดังนั้นจึงต้องมีการเติมปุ๋ยเคมีลงไปเพื่อให้ในข้าวมีธาตุสังกะสีให้อยู่ในระดับที่เพียงพอต่อผลผลิตข้าวซึ่งจากการทดลองพบว่า ปริมาณของสังกะสีนั้นไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับใบข้าวมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 20.46 mg/kg ดังนั้นควรมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ควบคู่กับปุ๋ยเคมีน่าจะเป็นทางออกที่อาจจะมีผลทำให้มีปริมาณสังกะสีในใบข้าวอยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้เช่นกัน และจากรายงานของ Tuladhar (2003) ได้ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของการใช้แหนแดงและการใช้ปุ๋ยยูเรียในการปลูกข้าวและข้าวสาลีในประเทศเนปาลพบว่า การใช้แหนแดงในอัตรา 5 ตันต่อเฮกเตอร์ ส่งผลให้มีไนโตรเจนสะสมอยู่ในใบและเมล็ดข้าวสูงเมื่อเทียบเท่าใช้ปุ๋ยยูเรียอย่างไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ

ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดข้าว พบว่าตำรับ CM+AZ มีผลทำให้ปริมาณการสะสมไนโตรเจนสูงสุด คือ 2.25 %N และ 2.05 %N หรือมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.46 %N นอกจากนี้จากผลการวิเคราะห์ยังพบว่าตำรับ AM เพียงอย่างเดียวมีผลทำให้เมล็ดข้าวได้รับธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมมากที่สุด คือ 0.19 %P, 0.48 %K, 1.75 %Ca และ 0.10 %Mg ตามลำดับ ส่วนตำรับ AZ ทำให้มีปริมาณการสะสมธาตุทองแดงและแมงกานีสในเมล็ดข้าวมากที่สุด คือ 2.0 mgCu/kg, 10 mgMu/kg ตามลำดับ และ

จากการทดลองยังพบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกันมากกว่าหนึ่งชนิดก็ส่งผลให้เมล็ดข้าวได้รับธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์มากขึ้นกว่าเดิม คือตำรับ AM+CM และตำรับ AM+AZ มีผลทำให้ปริมาณการสะสมธาตุเหล็กและสังกะสีในเมล็ดข้าวมากที่สุด คือ 17 mgFe/kg และ 26.6 mgZn/kg จากผลการศึกษาพบว่ามีความสอดคล้องกับผลการทดลองของ Surekha et al. (2011) ได้ทำการศึกษาการทำเกษตรอินทรีย์และการวิจัยในการปลูกข้าว พบว่าระบบการปลูกข้าวแบบอินทรีย์มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวมีค่าที่สูงว่าการทำการเกษตรแบบใช้สารเคมี ซึ่งปริมาณธาตุอาหารไม่ว่าจะเป็น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่มีการสะสมอยู่ในเมล็ดข้าวนั้นจะมีระดับที่มากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับการใช้ปุ๋ยและระดับของการใส่ปุ๋ยด้วยเช่นกัน แต่จากการวิเคราะห์ส่วนใหญ่จะพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับระดับการใช้ปุ๋ยที่แตกต่างกันไป (Tejada and Gonzalez, 2004) และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการทดลองของ Tejada and Gonzalez (2006) พบว่าในการใช้ปุ๋ยหมักที่ได้จากฝ้ายบดที่มีการใช้ในอัตราการที่แตกต่างกัน และการใช้ปุ๋ยหมักจากฝ้ายบดร่วมกับปุ๋ยยูเรีย โดยการใช้ปุ๋ยในอัตรา 10 ,15 และ 20 ตันต่อเฮกเตอร์ แสดงให้เห็นว่าในระดับของการใช้ปุ๋ยหมักที่ได้จากฝ้ายบด และการใช้ปุ๋ยหมักจากฝ้ายบดร่วมกับปุ๋ยยูเรียในระดับที่แตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดข้าวได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ทองแดง แมงกานีส และสังกะสี ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเปลือกข้าว พบว่าตำรับ CM+AM+AZ มีผลทำให้การสะสมปริมาณไนโตรเจนในเปลือกข้าวมากที่สุด คือ 2.10 %N และ 1.74 %N ตามลำดับ ส่วนตำรับ CM มีแนวโน้มทำให้ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสมากที่สุด คือ 0.31 %P หรือมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.29 % ส่วนตำรับ AM+AZ และ CM+AZ มีผลทำให้ปริมาณการสะสมโพแทสเซียมในเปลือกข้าวสูงสุด คือ 0.41 %K และ 0.06 %K ตามลำดับ นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเปลือกข้าวยังพบว่า ตำรับ CM เพียงอย่างเดียวทำให้มีการสะสมปริมาณแคลเซียมในเปลือกข้าวสูงที่สุด เท่ากับ 2.12 %Ca เช่นเดียวกับตำรับ AM เพียงอย่างเดียวก็มีผลทำให้ปริมาณการสะสมแมกนีเซียมและธาตุเหล็กในเปลือกข้าวสูงที่สุดด้วยเช่นกัน คือ 0.32 %Mg และ 46 MgFe/kg ในขณะที่การใช้ปุ๋ยร่วมกันทั้ง 3 ชนิด คือ AM+CM+AZ ทำให้ปริมาณการสะสมธาตุสังกะสีและทองแดงในเปลือกข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 15.4 mgZn/kg และ 2.8 mgCu/kg ตามลำดับ ส่วนตำรับ Control มีผลทำให้การสะสมปริมาณไนโตรเจน โพแทสเซียม และแคลเซียมในเปลือกข้าวต่ำสุด คือ 0.75 %N, 0.49 %K และ 1.82 %Ca ตามลำดับ จากการศึกษาดังกล่าวเป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาของ Javahery et al. (2013) ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมในเปลือกข้าว พบว่า มีปริมาณเท่ากับ 0.87 %N, 0.13 %P, 0.52 %K

และ0.19 %Mg ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารในเปลือกข้าวที่ต่ำกว่าการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น เนื่องจากอาจเป็นผลมาจากสายพันธุ์ข้าว หรือปัจจัยหลายๆด้านที่ส่งผลให้ปริมาณธาตุอาหารนั้นไม่มีความใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Hashim et al. (1996) โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในเปลือกข้าวในพันธุ์ข้าวต่างสายพันธุ์ของประเทศมาเลเซีย พบว่าปริมาณแคลเซียมที่พบในข้าวทั้งหมด 9 สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกัน จะเห็นได้ว่าข้าวที่มีความแตกต่างกันทางสายพันธุ์ยังคงมีความต้องการธาตุอาหารที่ไม่แตกต่างกันและต้องการในระดับที่เหมาะสมด้วย

ส่วนผลการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว พบว่าความต้องการธาตุอาหารของข้าวในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโต มีความแตกต่างกันมาก กล่าวคือ ช่วงที่มีการเจริญเติบโตสูงความต้องการธาตุอาหารก็สูงขึ้นไปด้วย ในระยะการเจริญเติบโตโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้นข้าวเริ่มแตกกอ เพิ่มความสูงและขนาดใบจนก่อนถึงระยะเจริญพันธุ์แต่เมื่อเริ่มเจริญพันธุ์ข้าวก็จะมีการเจริญเติบโตด้านพัฒนาช่อดอกและเมล็ดในรวง (Yoshida, 1981; Dobermann and Fairhurst, 2000) จากผลการทดลองพบว่าการใช้ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิดไม่ว่าจะเป็นการใช้เพียงอย่างเดียวหรือการใช้ร่วมกันส่งผลให้ต้นข้าวมีความสูงมากกว่าการไม่เติมปุ๋ยทั้งระยะ 30DAT, 37DAT, 44DAT และ 51 DAT แต่ที่ให้ผลดีที่สุดคือตำรับ AM+CM เช่นเดียวกับการเจริญเติบโตด้านการแตกกอพบว่า การใช้ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิดไม่ว่าจะเป็นการใช้เพียงชนิดเดียวหรือการใช้ร่วมกันนั้นส่งผลให้ข้าวมีการแตกกอที่สูงกว่าการไม่เติมปุ๋ย ซึ่งในตำรับที่มีการแตกกอของข้าวสูงที่สุดคือในตำรับ AM และ AM + CM โดยมีความสอดคล้องกับการศึกษาของธานี ชื่นบาน (2551) ที่ได้ศึกษาชนิดและอัตราของปุ๋ยอินทรีย์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต พบว่าการใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยหมักชีวภาพทำให้ข้าวมะลิ 105 เพิ่มความสูงและแตกกอสูงที่สุด ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดมีผลทำให้การเจริญเติบโตและการแตกกอต่างกัน เช่น ปุ๋ยมูลไก่จะมีประสิทธิภาพดีกว่าปุ๋ยมูลวัว เนื่องจากปุ๋ยมูลไก่มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตและการแตกกอที่มากกว่าปุ๋ยมูลวัว ในขณะที่ผลการทดลองของ ศราวุฒิ (2555) พบว่า ความสูงของข้าวเมื่อมีการให้ปุ๋ยหมักและให้น้ำที่ระยะเก็บเกี่ยวพบว่าทำให้ความสูงของต้นข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อไม่ใส่ปุ๋ยหมักพบว่า การให้น้ำที่ระดับความจุความชื้นสนามทำให้ต้นข้าวมีความสูงมากที่สุด คือ 93.0 การให้ปุ๋ยที่ระดับ 4.76 และ 6.98 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักดินทำให้ความสูงของต้นข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกตำรับการทดลอง ยกเว้นการให้น้ำที่ระดับความจุชื้นสนามทำให้ข้าวมีความสูงน้อยกว่าการให้น้ำระดับอื่นๆ และยังทำให้ความสูงของข้าวแตกต่างจากการให้น้ำในระดับอื่นๆ อีกด้วย การให้แต่น้ำในแต่ละระดับไม่ทำให้ค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวแตกต่างกันทางสถิติแต่มีแนวโน้มว่าการให้น้ำที่ระดับความจุความชื้นสนามทำให้ค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวน้อยกว่าการให้น้ำในระดับอื่นๆ ส่วนการใช้ปุ๋ยหมักนั้นทำให้ความสูงของข้าวแตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย

นั้นทำให้ข้าวมีความสูงเฉลี่ย 80.83 เซนติเมตรและแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยหมัก แต่การเพิ่มขึ้นของปุ๋ยแต่ละระดับนั้นไม่ทำให้ความสูงของข้าวแตกต่างกัน

สำหรับผลผลิตของข้าว พบว่าปริมาณผลผลิตข้าวในปี 2554 มีเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 744.38 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อพิจารณาการใส่ปุ๋ยในแต่ละตำรับ จะเห็นว่าตำรับ CM มีปริมาณผลผลิตข้าวสูงที่สุด คือ 835 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นในตำรับ Control ที่มีปริมาณผลผลิตข้าวต่ำสุดคือ 627 กิโลกรัมต่อไร่ และผลการศึกษาปริมาณผลผลิตข้าวในปี 2555 พบว่ามีปริมาณผลผลิตข้าวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากปีแรกคือ 791.56 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อพิจารณาการใส่ปุ๋ยในแต่ละตำรับ จะเห็นว่าในตำรับ AM มีปริมาณผลผลิตข้าวสูงสุดคือ 887 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตำรับการทดลองยกเว้นในตำรับ Control มีปริมาณผลผลิตข้าวต่ำสุดคือ 700 กิโลกรัมต่อไร่ จากปริมาณผลผลิตข้าวเมื่อนำผลผลิตมาวิเคราะห์คุณค่าทางเศรษฐกิจพบว่าตำรับ CM ให้ปริมาณผลผลิตสูงสุดเมื่อเทียบกับตำรับอื่นๆ โดยตำรับปุ๋ยหมักมีปริมาณผลผลิตสูงกว่าตำรับ Control อยู่ที่ 20.8 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนตำรับ AM มีปริมาณผลผลิตสูงกว่าตำรับ Control อยู่ที่ 18.7 กิโลกรัมต่อไร่ แต่อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองของ Sudha and Chandini (2002) พบว่าระดับของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่แตกต่างกันส่งผลให้ผลผลิตของข้าวไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับการใช้ปุ๋ยในอัตราที่สูงเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยในอัตราที่ต่ำกว่าแต่อย่างใด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Changming et al. (2004) พบว่าในการใช้ปุ๋ยหมักจากฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวส่งต่อผลผลิตของข้าวคือการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวทำให้ผลผลิตของข้าวดีกว่าการใช้ปุ๋ยหมักจากฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ในขณะที่การทดลองของ Tananka et al. (1964) พบว่าอัตราปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่างๆ มีผลต่อผลผลิตของข้าว คือ จำนวนรวงต่อพื้นที่ จำนวนเมล็ดต่อรวง และเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้ปุ๋ยในระดับที่เพิ่มขึ้น

เห็นได้ว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆในการทดลองและการใช้ปุ๋ยเคมีในการทำการเกษตรนั้นพบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวในการปลูกข้าวเพื่อเพิ่มผลผลิตให้กับข้าวแสดงให้เห็นว่าผลผลิตของข้าวไม่มีความแตกต่างกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในเชิงสถิติแต่ถ้าคำนึงไปถึงต้นทุนและความสะดวกในการใช้พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีมีความสะดวกมากกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว เนื่องจากมีการปลดปล่อยธาตุอาหารได้เร็วกว่าปุ๋ยอินทรีย์และในทางต้นทุนนั้นการใช้ปุ๋ยเคมีมีต้นทุนในการผลิตที่ไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในเชิงสถิติ แต่อย่างไรก็ตามถ้ามองกลับมาดูความอุดมสมบูรณ์ของดินจะพบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีในการทำการเกษตรเป็นระยะเวลานานส่งผลให้ดินเกิดความเสื่อมโทรมทางด้านกายภาพ และด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำลงอีกด้วย ดังนั้นการทำปลูกข้าวโดยใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักและแหนแดงนั้นยังคงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะส่งผลให้ดิน

มีความอุดมสมบูรณ์ เห็นได้จากการทดลองของ Yadav et al. (1999) ที่ทำการศึกษาผลตอบสนองและการเปลี่ยนแปลงอินทรียวัตถุกับการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกในการปลูกข้าวสาลี พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวสาลีนั้นส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลงเมื่อมีการใช้ปุ๋ยเคมีในระยะยาว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Liu et al. (2010) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับผลกระทบระยะยาวของการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยคอกต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินและผลผลิตของข้าวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศจีน พบว่าในการทดสอบในระยะ 30 ปีของการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยคอกนั้นมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณโพแทสเซียม ในดินลดลงอย่างรวดในดินที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีเมื่อเทียบกับดินที่มีการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวและปุ๋ยคอก สำหรับผลผลิตของข้าวการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวและปุ๋ยคอก ส่งผลให้ผลผลิตของข้าวสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี และจากรายงายของ Singh et al. (1991) ได้วิจัยเกี่ยวกับการจัดการปุ๋ยพืชสดในการปลูกข้าว พบว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดในการปลูกข้าวส่งผลให้ คุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติทางชีวภาพ ปริมาณธาตุอาหารของพืชในดินมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนและปริมาณอินทรียวัตถุที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยพืชสด อย่างไรก็ตามการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และแหนแดงในการปลูกข้าวนั้นยังคงส่งผลดีต่อปริมาณธาตุอาหารในดินในระยะยาวเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมี

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆและแหนแดงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเหนียวสายพันธุ์สันป่าตอง 1 โดยทำการทดลองตั้งแต่เดือน สิงหาคม ปี 2554-พฤศจิกายน 2555 สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1.ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินระดับบนพบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในดินสูงที่สุด และการใช้ปุ๋ยคอกส่งผลให้มีปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้สูงที่สุด ส่วนการใช้แหนแดงมีผลทำให้ปริมาณเหล็กในดินมีค่าสูงที่สุด สำหรับในดินระดับล่างพบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยหมัก ทำให้มีปริมาณความเป็นกรด-ด่างที่สูงที่สุด ส่วนในตำรับที่ใส่แหนแดง และการใช้ปุ๋ยหมักส่งผลให้มีปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้สูงที่สุด ส่วนการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับแหนแดงทำให้ปริมาณเหล็กในดินมีค่าสูงที่สุด และการใช้ปุ๋ยคอก พบว่ามีปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้สูงที่สุด

2.คุณสมบัติทางเคมีในใบข้าวพบว่า ตำรับแหนแดงทำให้มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด ส่วนการใช้ปุ๋ยหมักส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็กและสังกะสีสูงที่สุด และการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับแหนแดงหรือการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยหมักพบว่ามีปริมาณโพแทสเซียม และทองแดงสูงที่สุด

3.ปริมาณการสะสมธาตุอาหารในเมล็ดข้าวพบว่า การใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับแหนแดงทำให้ปริมาณไนโตรเจน และสังกะสีสูงที่สุด ส่วนการใช้ปุ๋ยคอกส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็กและแมงกานีสได้สูงที่สุด และการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับแหนแดงหรือการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยหมักส่งผลให้มีปริมาณทองแดงสูงที่สุด

4.การสะสมธาตุอาหารในเปลือกข้าวพบว่า การใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยหมักและแหนแดงส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจน แมกนีเซียม สังกะสี แมงกานีส และทองแดงสูงที่สุด ส่วนการใช้ปุ๋ยหมักทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในเปลือกข้าวสูงที่สุด สำหรับการใช้ปุ๋ยคอกพบว่า มีปริมาณแคลเซียมและเหล็กที่สะสมในเปลือกข้าวสูงที่สุด และการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับแหนแดงส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียมสูงที่สุด

5.การเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นข้าว พบว่าในปี 2555 ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตด้านความสูงสม่ำเสมอมากกว่าปี 2554 เมื่อพิจารณาถึงการเจริญเติบโตของต้นข้าวในแต่ละปี พบว่าในปี 2554 ตำรับปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยหมักให้ความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวสูงที่สุดคือ 89.6 เซนติเมตร ส่วนในปี 2555 พบว่าตำรับปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยคอกและแหนแดงให้ความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวสูงที่สุดคือ 93.6 เซนติเมตร และไม่ได้ใส่ปุ๋ยให้ความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวต่ำสุด

6.การเจริญด้านการแตกกอพบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ไม่ว่าจะเป็นการใช้เพียงอย่างเดียวหรือการใช้ร่วมกันส่งผลให้มีการแตกกอของข้าวที่ดีกว่าการไม่เติมปุ๋ยอินทรีย์ในปี 2554 และในปี 2555 ตำรับปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยหมักส่งผลให้การแตกกอของข้าวสูงที่สุดคือ 15.63 และ 16.83 ต้น ตามลำดับ

7.ตำรับปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวส่งผลให้ในปี 2554 ให้ผลผลิตสูงถึง 835 กิโลกรัมต่อไร่ และในปี 2555 ให้ผลผลิตสูงสุดคือการใช้ปุ๋ยคอกถึง 887 กิโลกรัมต่อไร่

บรรณานุกรม

กรมการข้าว. 2551. **องค์ความรู้เรื่องข้าว.**[ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา http://www.brrd.in.th/rkb/varieties/index.php-file=content.php&id=74.htm. (23 สิงหาคม 2555)

_____. 2556. **การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.ricethailand.go.th/brrd/rice_tech.htm. (16 ธันวาคม 2556).

กองบรรณาธิการ. 2553. แหนแดง. **น.ส.พ. กสิกร.** 83(3): 4-8.

เกษมศรี ซับซ้อน. 2541. **ปฐพีวิทยา.** กรุงเทพฯ: ศูนย์ฝึกอบรมวิสวกรรมเกษตร บางพูน. กระทรวงศึกษาธิการ. 286 น.

เครือมาส สมัครการ. 2554. แนวโน้มการสะสมคาร์บอนในดินที่ใช้ปลูกข้าวจากการใส่ฟางข้าวและฟางข้าวเผา. **Veridian E-Journal SU.** 4(1): 931-941.

จีราภรณ์ อินทสาร. 2554. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน.** เชียงใหม่: คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 288 น.

ธงชัย มาลา. 2546. **ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ: เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 300 น.

ธานี ชื่นบาน. 2551. **ผลของชนิดและอัตราปุ๋ยอินทรีย์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตผลผลิต และคุณภาพเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ภายใต้สภาพอาศัยน้ำฝนในเขตจังหวัดสุรินทร์.** ขอนแก่น: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 123 น.

นงลักษณ์ ปูระณะพงษ์. 2548. **คู่มือวิเคราะห์ดินและพืช.** เชียงใหม่: ภาคทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 284 น.

บัญชา รัตนีทู. 2552. ปุ๋ยอินทรีย์ฟื้นฟูสภาพดิน. **วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.** 1(2) : 14-18.

บุญหงส์ จงคิด. 2547. **ข้าวและเทคโนโลยีการผลิต.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 184 น.

ปริญญา จันทรศรี. 2550. การผลิตปุ๋ยหมักชีวภาพจากวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ทางการเกษตร. น. 6-9. <u>ใน</u> **รายงานการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ.** วันที่ 2-4 มิถุนายน 2550 ณ ศูนย์ฝึกอบรมเยาวชน ชนพื้นเมืองบ้านป่าฝางและโรงเรียนอินทนนท์วิทยา ตำบลช่างเคิ่ง อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่. เชียงใหม่: สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์ และจิรวรรณ โรจนพรทิพย์. 2553. **เคล็ดลับการผลิต ปุ๋ยอินทรีย์-ชีวภาพ แบบมืออาชีพ**. กรุงเทพฯ: เพชรกะรัต จำกัด. 120 น.

ประยูร สวัสดี, สมจิต คันธสุวรรณ, ลัดดาวัลย์ เลาหประสิทธิพร, นันทรัศน์ ศุภกำเนิด, สุรจิตร ฤทธิ์ภักดี, ทรงชัย วัฒนพายัพกุล, ธีรพันธุ์ แพทยารักษ์, สมศักดิ์ โตจันทึก, ชัยศักดิ์ แผ้วพลสง และไชยยันต์ เสถียร. 2526. การใช้แหนแดงเป็นปุ๋ยพืชสด เปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี. น. 99-107. ใน **รายงานการวิจัย: ผลการทดลองปุ๋ยข้าว 2526 งานสถานีทดลองและขยายพันธุ์ข้าว งานทดลองปุ๋ยข้าว กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร**. กรุงเทพฯ: สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประเสริฐ สองเมือง. 2543. **การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว**. กรุงเทพฯ: กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. 84 น.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2553. **สารปรับปรุงดิน Soil Conditioners**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 256 น.

พงษ์ พฤกษา. 2547. **เกษตรอินทรีย์ ชุดปุ๋ยและน้ำสกัดชีวภาพ**. นนทบุรี : นีออน บุ๊ค มีเดีย. 94 น.

พิทยากร ลิ่มทอง. 2535. การปรับปรุงบำรุงดินด้วยปุ๋ยหมักและปุ๋ยพืชสด. น.75-88. ใน **คู่มือการปรับปรุงและการใช้ปุ๋ย**. กรุงเทพฯ : ศูนย์การพิมพ์พลชัย.

มงคล ตั๊ะอุ่น, สมพงษ์ นาสูงชน, พัชรี แสนจันทร์ และชรัตน์ มงคลสวัสดิ์. 2535. **การบริการทดสอบและวิเคราะห์ดินเพื่อพัฒนาการเกษตรในพื้นที่ลุ่มน้ำพองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. ขอนแก่น: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 252 น.

มณเฑียร จินดา, กรรณิกา นากลาง, แพรวพรรณ กุลนทีทิพย์, เสรีดาหาญ สว่าง โรจนกุศล และประเสริฐ สองเมือง. 2546. ผลการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวปรับปรุงดินและผลผลิตข้าว. น. 343-344. ใน **รายงานการประชุมวิชาการ ข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2546** วันที่ 7-8 มีนาคม 2547 ณ โรงแรมแอมบาสเดอร์ซิตี้ จอมเทียน จังหวัดชลบุรี. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 730 น.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. **ธาตุอาหารพืช**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 424 น.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2554. **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 519 น.

รจนา ตั้งกุลบริบูรณ์, สุริยา ศาสนรักกิจ, ปรีชา รุ่งแกร, ประสิทธิ์ บำรุงสุข และรัตนา ตันติศิริวิทย์. 2555. การใช้ปุ๋ยอย่างเหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวแบบยั่งยืน. น. 392-395 . ใน **การประชุมวิชาการข้าวแห่งชาติ ครั้งที่ 2 มิติใหม่วิจัยข้าวไทย พร้อมรับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ และการเปิดตลาดเสรีอาเซียน** วันที่ 21-23 ธันวาคม 2555 ณ โรงแรม Swissotel Le Concorde กรุงเทพมหานคร. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. กรมการข้าว.

วาสนา ผลารักษ์. 2540. **การผลิตข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และการผลิตข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์ในประเทศไทย.** ขอนแก่น: ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 118 น.

วิเชียร ฝอยพิกุล. 2548. **เทคนิคและการใช้ดิน-ปุ๋ย-น้ำ.** สุรินทร์: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. 406 น.

วิภา หอมหวล, นฤมล กฤษดี, สุดารัตน์ เขียวคำ และเกียรติศักดิ์ ลุงคะ. 2555. การใช้แหนแดงร่วมกับปุ๋ยสั่งตัดในการปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ด้วยระบบน้ำน้อย. น. 414-417 ใน **การประชุมวิชาการข้าวแห่งชาติ ครั้งที่ 2 มิติใหม่วิจัยข้าวไทย พร้อมรับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ และการเปิดตลาดเสรีอาเซียน** วันที่ 21-23 ธันวาคม 2555 ณ โรงแรม Swissotel Le Concorde กรุงเทพมหานคร. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. กรมการข้าว.

แววตา วาสนากุล อภิรดี โกมลศิริ และปรัชญา ธัญญาดี. 2534. ปุ๋ยคอก. **วารสารพัฒนาที่ดิน.** 29(319): 51-60.

ศราวุฒิ เกลี้ยงพร้อม. 2555. **อิทธิพลของการให้น้ำและปุ๋ยหมักต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว.** ขอนแก่น: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 89 น.

สมชาย ชดตระการ. 2548. **ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 343 น.

สมพร ชุนห์ลือชานนท์. 2549. **การผลิตปุ๋ยอินทรีย์-ชีวภาพเพื่อเพิ่มธาตุอาหารพืช.** เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 151 น.

สารานุกรมภูมิปัญญาท้องถิ่นไทย. 2556. **การใช้ปุ๋ยในนาข้าว.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://app1.bedo.or.th/rice/CultivateInfo.aspx?id=5 (17 มิถุนายน 2556).

สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าว. 2555. การใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1. **เอกสารคำแนะนำฉบับที่ 16/2555**: 1.

สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์. 2554. **ปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่ชุมชนควรรู้.** กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร. 31 น.

สุวพันธ์ รัตนะรัต, นงลักษณ์ วิบูลสุ, พิชิต พงษ์สกุล, จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร, มณเฑียร จินดา และสุรสิทธิ์ อรรถจารุสิทธิ์. 2543. **เอกสารวิชาการประกอบภาพ ลักษณะอาการขาดธาตุอาหารของพืช**. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร. 119 น.

หรรษา คุณาไท, สมศักดิ์ โตจันทึก, สมจิต คันธสุวรรณ และลัดดาวัลย์ เลาหประสิทธิศร. 2540. การทดสอบการใช้แหนแดงในปุ๋ยพืชสดในนาราษฎร์จังหวัดอุบลราชธานี. น. 146-150. ใน **รายงานผลการค้นคว้าวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2536-2539** กรุงเทพฯ: กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร.

หยาดฝน ธัญโชติกานต์. 2546. **ข้าวอินทรีย์**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์บริษัท ทีซีจี พริ้นติ้ง จำกัด.72 น.

อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น. 2526. **เรื่องของข้าว**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 310 น.

อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง. 2551. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. เชียงใหม่: ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 253 น.

Barry, D.A. J. and M.H. Miller. 1989. Phosphorus nutrition requirement of maize seedlings for maximum yield. **Agron. J**. 81: 95-99.

Bhattacharyya, P., K. chakrabarti, A. Chakraborty, D.C. Nayak, S. Tripathy and M.A. Powell. 2007. Municipal waste compost as an alternative to cattle manure for supplying potassium to lowland rice. **Chemoshere**. 66: 1789-1793.

Changming, Y. and Y. Linzhang, Y. Yongxing and O. Zhu. 2004. Rice root growth and nutrient uptake as influenced by organic manure in continuously and alternately flooded paddy soils. **Agricultural water management**. 70: 67-81.

Dobermann, A. and T.H. Fairhurst. 2000. **Rice nutrient disorders and nutrient management**. Pte, Ltd. Oxford graphic. USA: Potash and Phosphat Institute of Canada. 146-172 p.

Golabi, M.H., P. Denney and C. lyekar. 2005. **Mamagement solution for improving soil organic matter for crop productivity and environmental quality in the tropical island of Guam.** Management of Tropical Sandy Soils for Sustainable Agriculture. Kyoto: Graduate School of Global Environmental Studies, Kyoto University. 87 p.

Grusak, M. A and D. Dellapenna. 1999. Improving the nutrient composition of plants to enhance human nutrition and health. **Annual Review of Plant Biology**. 50: 133-161.

Hanson, J.B. 1984. The function of calcium in plant nutrition. pp. 149-207. In Tinker, P.B. and A. Louchlieds. 2006. **Advances in Plant Nutrition**. New York. Praeger Publishers.

Hartz, T.K. Mitchell and C.Giannini. 2000. Nitrogen and carbon mineralization mineralization dynamics of manures and Composts. **HortScierce**. 35(2): 209-212.

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

Hashim, A.B., H. Aminuddin and K.B. Siva. 1996. Nutrient content in rice husk ash of some Malaysian rice varieties. **ISSN. Agric. Sci**. 19(1): 77-80.

Hussain, N.G. Hassan., M. Arshadullah and F. Mujeeb. 2001. Evaluation of amendment for the improvement of phyperties of sodic soil. **Int. J. Agric. Biology**, 3: 319-322.

Iimura, K. 1982. Chemistry of paddy soils. pp. 181-232. In **The Science of paddy soils**. Tokyo: Nobunkyo

International Zinc Association. 2556.**ข้อเท็จจริงของธาตุสังกะสีต่อข้าว**.[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.zincinfothailand.com/images/column_1302157304/Zinc %20Fact %20Sheets %20-Rice %20TH.pdf (20 มิถุนายน 2556).

International Rice Research Institute. 1997. **Rice area by type of culture: South, Southeast, and East Asia; a revised and updated data base**. Manila: Philippines. 66 p.

Inoue, T. 1991. Soil improvement in corn cropping by long-term application of organic matter in Ultisol soils of Thailand. In Soil constrains on sustainable plant production in the tropics. **Tropical Agricultural Research Series.** 24: 174-185.

Jackson, M.L. 1967. Nitrogen Determinations for and plant tissue.**Soil Chemical Analysis**. 10(9): 186.

Javahery, S., H. Zarei, S.A.R. MovahediNaeini, G. Roshani and M. Eftekhari. 2013. Effect of fertilizer and soil compactness interaction on N P and K in the culture of Lawn. **Journal of Ornamental and Horticultural Plants**. 3(2): 73-80.

Khaleel, R., K.R.Reddy and M.R. Overcash. 1981. Changes in soil physical properties due to organic waste applications: **A review. J. Environ**. 10: 133-141.

Khamis, S., S. Chaillou and T.Lamare.1990. CO_2 assimilation and partitioning of carbon in maize plants deprived of orthophosphate. **J.Exp**. 41: 1619-1625.

Liu, E., C. Yan, X. Mei, W. He, S.H. Bing, L. Ding, Q. Liu, S. Liu and T. Fan. 2010. Long-term effect of chemical fertilizer, straw and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. **Journal Geoderma**. 158: 173-180.

Lund, Z.F. and B.D. Doss. 1980. Residual effects of dairy cattle manure on plant growth and soil properties. **Agronomy Journal**. 72: 123-130.

Mader, P., A. Fliebach, D. Dubois, L. Gunst, P. Fried and U. Niggli. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. **Science**. 296: 1694-1697.

Magdoff F.R. and J.F.Amadon. 1980. Yield Trends and Soil Chemical Changes Resulting from N and Manure Application to Continuous Cron. **Agronomy Journal** .72: 161-164.

Mamarik, C.P., U.A. Pangerang., I. Manawan. and C.J.S. Momnat. 1979. Sulfur response of lowland rice in South Sulawesi, Indonesia. **Cent. Res. Inst. Agric**. 71: 201-312 pp.

Marschner, H. 1995. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2nd edition, New York. Academic Press. 645 p.

Ming-gang, X.U., L.I. Dong-chu, L.I. Ju-mei, Q.I.N. Dao-zhu, K. Yagi and Y. Hosen. 2008. Effects of organic manure application with chemical fertilizers on nutrient absorption and yield of rice in Hunan of Southern China. **Agricultural sciences in China**. 7(10): 1245-1252.

Myint, A.K., T. Yamakawa, Y. Kajhara and T. Zenmyo. 2010. Application of different organic and mineral fertilizers on the growth yield and nutrient accumulation of rice in a Japanese ordinary paddy field. **Science World Journal**. 5: 1597-6343.

Nambiar, K.K.M. 1994. **Soil Fertility and Crop Production under Long-term Fertility Use in India**. New Delhi, India: Indian Agricultural Research Institute. 185 p.

Olsen, R.A., R.B. Clark and J.H. Bennett. 1981. The enhancenment of soil fertility by plant roots. **Am.Sci**.69: 378-384.

Parfitt, R.L., A.R.Praser and V.C. Farmer. 1977. Adsorption on hydrous oxides. III. Fulvic and humic acid on goethite, gibbsite and imogolite. **J. Soil Sci**. 28: 289-296.

Parham, J.A., S.P.Deng., W.R. Raun and G.V.Johnson. 2002. Long-termcattle manure application in soil phosphorus levels, microbial biomass c. and dehydrogenase and phosphate activities. Original peper. **BioFertill Soils**. 35: 330-334.

Pascal, L., M.L. Angela, E.M. Jaime, S. Jeimmy, A.B. Carlos, B.S. Wolfgang and B. Andre. 2009. Nutritional value of aquatic ferns (Azollafiliculoides Lam. and Salviniamolesta Mitchell) in pigs. **Animal Feed Science and Technology**. 149: 135-148.

Pintukanok, A. 1989. **Production Disposal and Treatment of Organic Materials for Utilization of Organic Waste in Thailand**. Tokyo: Ph.D. Thesis. University of Tokyo. 213 p.

Qian, P. and J.J. Schoenau. 2002. Availability of nitrogen in solid manure amendments with different C:N ratio. **Canadian Journal of Soil Scince**. 82(2): 219-225.

Sarwar, G., N. Hussain, H. Schmeisky and S. Muhammad. 2007. Use of compost an environment friendly technology for enhancing rice-wheat production in Pakistan. **Pak. J. Bot.** 39(5): 1553-1558.

Sarwar, G., H. Schmeisky, N. Hussain and S. Muhammad. 2008. Improvement of soil physical and chemical properties with compost application in rice-wheat cropping system. **Pak. J. Bot.** 40(1). 275-282.

Shah, A.L., M.R. Islam, M.M. Haque, M. Ishaque and M.A.M. Miah. 2008. Efficacy of major nutrients in rice production. **ISSN**. 33(3): 639-645.

Schnug, E. 1993. Physiological functions and environmental relevance of sulfur containing secondary metabolites. pp.1-38. In **Sulfur Nutrition and Assimilation in Higher Plants**. Netherlands: SPB Academic Publishing.

Sequi, P. and M. Calcinai. 1978. Influence of long-term application of organic fertilizers on partition of exchangeable cations in soil. **Agrochimica.** 22: 486-491.

Singh, Y., C.S. Khind and B. Singh. 1991. Efficient management of leguminous green manures in Wetland rice. **Advances in Agronomy**. 45: 135-189.

Sudha, B. and S. Chandini. 2002. Nutrient management in rice (Oryza sativa L.). **Journal of Tropical Agriculture**. 40: 63-64.

Sui Y.Y., X.Y. Zhang, X.G. Jiao, Q.C. Wang and J. Zhao. 2005. Effect of long-term different fertilizer applications on organic matter and nitrogen of black farmland. **Journal of soil and water conservation**. 19: 190-194.

Surekha, K., V. Jhansilakshmi, N. Somasekhar, P.C. Latha, R.M. Kumar, N. Shobha, K.V. Rao and B.C. Viraktamath. 2011. Status of organic farming and research experiences in rice. **Journal of Rice research**. 3(1): 23-35.

Tanaka, A., S. A. Nevasero, C. V. Garcia, F. T. Parao and E. Ramirez. 1964. **Growth habit of the rice p;ant in the tropical and its effect on nitrogen response.** Los Banos: Int. Rice Res. Inst. 540 p.

Tanaka, A., and S. Yoshida. 1975. **Nutritional disorders of the rice plant in Asia.** Los Banos Laguna, Philippines. International Rice Research Institute. 52 p.

Tejada, M. and J.L. Gonzalez. 2004. Effect of foliar application of a byproduct of the two-step olive oil mill process on rice yield. **European journal of Agronomy**. 21: 31-40.

_____.2006. Crushed cotton gin compost on soil biological properties and rice yield. **European journal of Agronomy**. 25: 22-29.

Tisdall, J.M. and J.M. Oades. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science.** 33: 141-163.

Tuladhar, J.K. 2003. The Effect of Azolla on Nitrogen Use Efficency in rice-wheat Rotations of Nepal. **Ecology and Development Seres**. 13: 90.

Wang X.D., Y.P. Zhang, J.L. Lu and X.L. Fang. 2000. Effect of long-term different fertilization on operties of soil organic matter and humic acids. **Sciectia Agricnltura sinica**. 33: 75-81.

Watanabe, F.S. and Olsen, S.R. 1962. Calorimetric determination of phosphorus in water extracts of soil. **Soil Sci.** 93: 183-188.

Wayne E.S. 1980. **Handbook on reference methods for soil testing.** Athens: University of Georgia, 285 p.

Wu, W., J. Peter and G.A. Berkowitz. 1991. Surface charge-mediated effects of Mg^{2+} and K^{+} flux across the chloroplast envelope are associated with regulation of stromal pH and photosynthesis. **Plant Physiol**. 97 : 580-587.

Xi, Z.B., Y.Q. Wang and P.Z. Yang. 2004. The issue on organic manure in developing modern agriculture in China. **Scientia Agricultura sinica**. 37: 1874-1878.

Yadav, R.L., B.S. Dwivedi, K. Prasad, O.K. Tomar, N.J. Shurpali and P.S. Pandey. 1999. Yield trends and changes in soil organic-C and available NPK in a long-term rice-wheat system under integrated use of manures and fertilisers. **Field crops research** 68: 219-246.

Yadav, R.L., B.S. Dwivedi and P.S. Pandey. 2000. Rice-wheat cropping system: assessment of sustainability under green manuring and chemical fertilizer input. **Fiend Crops Research**. 65: 15-30.

Yong-Hwan, L., L. Sang-Min, L. Yun-Jeong and C. Du-Hoi. 2004. **Rice cultivation using organic farming system with organic input materials in Korea**. Crop Science. National Institute of Agricultural Science and Technology. 1534: 441-707 p.

Yoshida, S. 1981. **Fundamentals of rice crop science**. Manila, Philippines: The International Rice Research Institute. 269 p.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการและสารเคมี

การวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดิน

ความเป็นกรดเป็นด่าง ในอัตราส่วนดิน: น้ำ (1:1) โดยชั่งดิน 10 กรัมต่อน้ำ 10 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ 5 นาที คนอีกครั้งแล้วทิ้งไว้ 5 นาทีและคนอีกครั้งแล้วทิ้งไว้ 15 นาที จึงทำการวัดโดยใช้เครื่องมือ pH meter (นงลักษณ์, 2548)

วิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (soil organic mater) โดยวิธีของ Walkley and Black Method เป็นวิธี wet oxidation วิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งทำได้โดยปฏิกิริยา oxidation ด้วย potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$) ในกรด H_2SO_4เข้มข้น โดยวิธีการคือชั่งดินที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 0.5 มิลลิเมตร 1 กรัม เทลงในขวดชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ 10 มิลลิลิตรและ H_2SO_4 20 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 30 นาที (ในตู้ดูดควัน) เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร หยดน้ำยาอินดิเคเตอร์ 3-4 หยด โดยมี O-phenantholinเป็น indicator แล้วไตเตรทด้วย 0.5 N Ferrous suplphateจนเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลปนแดง บันทึกค่าปริมาตร Ferrous suplphateที่ใช้ไป เพื่อนำมาคำนวณหาค่าที่แท้จริง (Wayne, 1980)

วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (extractable phosphorous) โดยวิธี Bray II ชั่งตัวอย่างดินหนัก 2.5 กรัม ใส่ในหลอดเซนติฟิวส์ เติมน้ำยาสกัด Bray II จำนวน 25 มิลลิลิตร ปิดฝาให้มิดชิด เขย่านาน 1 นาที นำเข้าเครื่องเซนติฟิวส์ให้ดินตกตะกอน แล้วกรองสารละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารละลายที่ได้ไปพัฒนาสีน้ำเงิน แกรมฟ้าด้วย ascorbic acid ตามวิธีการของ Watanabe and Olsen ซึ่งการพัฒนาสีโดยวิธี Molybdenum blue เพื่อตรวจวัดปริมาณวิธีการที่นิยมใช้โดยทั่วไปคือวิธีของ Murphy-Riley โดยทำปฏิกิริยากับ ammonium molybdateในสารละลายตัวกลางที่มีฤทธิ์เป็นกรดเกิดเป็น molybdophosphoric acid ซึ่งจะถูก reduce โดย ascorbic acid ได้สารละลายสีฟ้า ความเข้มข้นของสีจะแปรผันตามปริมาณฟอสฟอรัสที่มีในอยู่ในสารละลายตัวอย่าง แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Watanabe and Olsen, 1962)

วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ สกัดตัวอย่างดิน 5 กรัม สกัดด้วยสารละลาย 1 N NH_4OAc pH 7 จำนวน 25 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปปั่นเหวี่ยง ประมาณ 3 นาที ให้ดินตกตะกอน กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง เก็บใส่ขวดสต๊อก ขณะที่การวิเคราะห์แคลเซียม และแมกนีเซียม ทำได้โดยดูดตัวอย่างจากขวดสต๊อกโพแทสซี

ยม 5 มิลลิลิตร เติม Lanthanum Oxide 5% 2.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตร นำเอาสารละลายไปอ่านค่าด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) (นงลักษณ์, 2548)

วิเคราะห์ปริมาณเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง สามารถทำได้โดยใช้น้ำยาสกัดที่มีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อน เกลือที่เป็นกลาง และสาร chelate ซึ่งวิธีการในการสกัดที่ใช้กันทั่วไปส่วนใหญ่ได้แก่วิธี DTPA (diethylenetriaminepenta acetic acid) เป็นวิธีที่ได้รับการเลือกใช้มากที่สุด เนื่องจากน้ำยาสกัด DTPA ช่วยทำให้เกิดการรวมกันอย่างมีเสถียรภาพในเวลาเดียวกันของสารประกอบเชิงซ้อน ขั้นตอนการสกัดใช้ดิน 10 กรัม น้ำยาสกัด DTPA 25 มิลลิลิตร เขย่านาน 2 ชั่วโมง แล้วกรองสารละลายที่สกัดได้ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 จากนั้นนำสารละลายที่สกัดได้ไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) (นงลักษณ์, 2548)

การวิเคราะห์พืช

เผาตัวอย่างใบพืช (Dry Ashing) ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส ประมาณ 6-8 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารผสม (HCl 2 N : น้ำกลั่นในอัตราส่วน 15:15 มิลลิลิตร) กรองด้วยกระดาษกรองเก็บสารละลายไว้ในขวดสต๊อก เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หา P, K, Ca, Mg และ Trace element ได้แก่ Fe, Cu, Mn and Zn (นงลักษณ์, 2548)

วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในพืช โดยวิธี Kjedahl Method ชั่งตัวอย่างพืช 0.2 กรัม ใส่ในหลอดย่อย เติม catalyst 1 กรัม เติม HSO_4 7 มิลลิลิตร นำไปย่อยจนได้สารสีขาวใส นำมากลั่นด้วยเครื่องกลั่นไนโตรเจน เติม Boric acid 2% 15 มิลลิลิตร ลงในขวดชมพู่เพื่อรองรับสารที่ได้จากการกลั่น ละลายสารที่ได้จากการย่อยและเติม NaOH 40% จนสารมีสีน้ำตาลหรือสีน้ำเงิน แล้วนำไปไตเตรทด้วย HCl 0.05 N(นงลักษณ์, 2548; Jackson, 1967)

วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในพืชโดยวิธีYellow Molybdovanadophosphoric Acid ดูดสารละลายจากขวดสต๊อก 5 มิลลิลิตร เติมสาร Mixed Reagent 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตร รอให้ครบ 20 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer (นงลักษณ์, 2548)

วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม นำสารละลายที่ได้จากขั้นตอนการเผาตัวอย่างพืช ไปใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียม ทำได้โดยดูดสารละลายที่อยู่ในขวด สต๊อกโพแทสเซียม เติม Lanthanum Oxide 5% 2.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตร นำไปวัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) (นงลักษณ์, 2548)

วิเคราะห์ปริมาณเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง นำสารละลายที่ได้จากขั้นตอนการเผาตัวอย่างพืช หากมีปริมาณความเข้มข้นในตัวอย่างพืชที่มากเกินไปให้ทำการ Dilution และนำไปอ่านค่าด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) (นงลักษณ์, 2548)

ภาคผนวก ข

ภาพการทดลอง

ภาพผนวก 1 การตรวจดูศัตรูพืช โรคและแมลงต่างๆ

ภาพผนวก 2 การกำจัดวัชพืชในแปลงนาข้าว

ภาพผนวก 3 การวัดความสูงของต้นข้าว

ภาพผนวก 4 การเก็บตัวอย่างใบข้าวในระยะตั้งท้อง

ภาพผนวก 5 การนวดข้าวหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตในนาข้าว

ภาคผนวก ค

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวนภาพร จำปี
เกิดเมื่อ	26 กุมภาพันธ์ 2532
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2549 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนนครไทย จังหวัดพิษณุโลก
	พ.ศ. 2553 ปริญญาตรี สาขาเกษตรเคมี คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่