ผลงานเรื่องที่ 1

ผลงานฉบับเต็ม

เรื่อง

อิทธิพลของปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105

Influence of Inorganic and Organic Fertilizer on Yield and Grain Quality of KDML 105 Rice Variety

ของ

นายปราโมทย์ แย้มคลี่

ตำแหน่งนักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ตำแหน่งเลขที่ 1224
สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

ขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิชาการเกษตรเชี่ยวชาญ ตำแหน่งเลขที่ 1224
ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการความเสื่อมโทรมของที่ดิน
สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน
กรมพัฒนาที่ดิน
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(ข)
สารบัญตารางภาคผนวก	(ค)
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วิธีดำเนินการ	7
อุปกรณ์	7
วิธีการ	7
ผลการทดลองและวิจารณ์	10
สรุปผลการทดลอง	32
ข้อเสนอแนะ	33
ประโยชน์ที่ได้รับ	33
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	38

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติทางเคมีของปุ๋ยคอก (ปุ๋ยอินทรีย์) ในปีที่ 1 และปีที่ 2	10
2	สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง	11
3	ค่าความเป็นกรดด่างของดิน (pH) ปีที่ 1 และปีที่ 2	12
4	ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ของดินปีที่ 1 และปีที่ 2	13
5	ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ปีที่ 1 และปีที่ 2	14
6	ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ปีที่ 1 และปีที่ 2	15
7	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ปีที่ 1 และปีที่ 2	16
8	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินปีที่ 1 และปีที่ 2	17
9	ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินปีที่ 1 และปีที่ 2	18
10	ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินปีที่ 1 และ 2	21
11	ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินปีที่ 1 และปีที่ 2	22
12	ความสูงต้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในปีที่ 1 และปีที่ 2	22
13	เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปีที่ 1 และปีที่ 2	23
14	น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปีที่ 1 และปีที่ 2	24
15	ผลผลิตต่อไร่ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปีที่ 1 และปีที่ 2	25
16	ปริมาณอมิโลสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปีที่ 1 และปีที่ 2	26
17	ค่าความคงตัวของแป้งสุก(gel consistency) ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปีที่ 1 และปีที่ 2	28
18	ค่าการสลายเมล็ดในด่างของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของปีที่ 1 และปีที่ 2	29
19	การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปีที่ 1 และปีที่ 2	30
20	ความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปีที่ 1 และปีที่ 2	32

สารบัญตาราง

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	ชุดดินที่พบในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้	39
2	สภาพอากาศรายเดือนจังหวัดร้อยเอ็ด ประจำปี 2550-2552	40
3	ระดับการประเมินสภาพความเป็นกรดด่างของดิน	41
4	ระดับการประเมินอินทรียวัตถุในดิน	41
5	ระดับการประเมินธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในดิน	42
6	ลักษณะและสมบัติของกลุ่มชุดดินที่ 17	42

อิทธิพลของปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105

ปราโมทย์ แย้มคลี่ ไพรัช พงษ์วิเชียร

สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน การเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพและความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทำการศึกษาในกลุ่มชุดดินที่ 17 ชุดดินเรณู (Rn) ใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ และปุ๋ยอินทรีย์ที่มีในท้องถิ่น ในแปลงนาเกษตรกร บ้านดอนพิมาน ตำบลสระคู อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ฤดูนาปี 2550 และฤดูนาปี 2551 วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (RCBD) ทำ 4 ซ้ำ 7 ตำรับการทดลอง ประกอบด้วยวิธีควบคุม การใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ซึ่งเป็นปุ๋ยเคมีเกรด 16-16-8 อัตรา 30 20 และ 40 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยอินทรีย์ใช้ปุ๋ยคอก อัตรา 3 2 และ 4 ตันต่อไร่ พบว่า การใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ และวิธีควบคุม ไม่มีผลทำให้การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินบางประการ คือ ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ปริมาณแคลเซียม และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่สมบัติทางเคมีของดังกล่าวในกลุ่มตำรับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีแนวโน้มดีกว่า กลุ่มตำรับการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทั้งนี้ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ความสูง น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตต่อไร่สูงกว่าการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ แต่คุณภาพผลผลิต ได้แก่ ปริมาณอมิโลส ความคงตัวของแป้งสุก อุณหภูมิของแป้งสุก อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก และความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ : ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปุ๋ยอนินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ คุณภาพข้าว

เลขที่ทะเบียนวิจัย 50-53-04-08-30001-010-126-11

Effect of Inorganic and Organic Fertilizers on Yield and Grain Qualities of KDML 105 Rice Variety

Pramote Yamclee Pirach Pongwichian

Office of Research and Development for Land Management Land Development Department

Abstract

The effect of inorganic and organic fertilizers on growth, yield, and grain qualities of KDML 105 rice variety was conducted at farmer's field in Ban Donpimaan, Sraku Subdistrict, Suwanaphum District, Roi-Et province in 2007 and 2008. This field represented the Renu Soil Series in Soil Group No. 17. The experiment aimed to compare among the rates of inorganic and organic fertilizers on KDML 105 rice production. A randomized complete block design (RCBD) of 7 treatments and 4 replications were set up which 3 rates of chemical fertilizer grade 16-16-8 at 30, 20 and 40 kg per rai and 3 rates of cow manure at 3, 2 and 4 tons per rai compared with the control practice. The results showed that there were not significantly different among the treatments such as electrical conductivity, organic matter, total Nitrogen, available Phosphorus, available Potassium, Calcium and Magnesium. These properties due to organic fertilizer showed slightly better than inorganic fertilizer at the end of experiment. The results also showed that the height, 100 seed weight and yield of KDML 105 in organic fertilizer treatments were higher than inorganic fertilizer treatments. However, 5 qualities as amylose content, gel consistency, gelatinization temperature, elongation ratio and rice aroma showed not significantly different among the treatments.

คำนำ

พื้นที่ปลูกข้าวหอมมะลิของประเทศไทยทั้งหมดประมาณ 18.39 ล้านไร่ ส่วนใหญ่จะอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 15.03 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 82 ของพื้นที่ปลูกข้าวหอมมะลิทั้งหมด โดยเฉพาะพื้นที่ในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ ซึ่งอยู่ในเขตจังหวัดร้อยเอ็ด สุรินทร์ ศรีสะเกษ มหาสารคาม และยโสธร เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตข้าวหอมมะลิได้ประมาณ 1.27 ล้านไร่ แยกเป็นพื้นที่ที่ดำเนินการปรับปรุงพื้นที่นา (Land Remodeling) หรือพื้นที่ที่ได้ดำเนินการขุดคูคลองเพื่อช่วยระบายน้ำส่วนเกินในฤดูฝนและกักเก็บน้ำไว้ในระยะฝนทิ้งช่วง ก่อสร้างถนนลำเลียงในไร่นาเพื่อขนส่งผลผลิตและปัจจัยการผลิต ก่อสร้างท่อควบคุมน้ำและฝายเพื่อควบคุมระดับน้ำในคูคลองเพื่อให้เกษตรกรสามารถนำน้ำมาใช้ในพื้นที่เพาะปลูก ฟื้นฟูสภาพแวดล้อมของทุ่งกุลาร้องไห้ให้เหมาะสมแก่การทำนาข้าวขาวดอกมะลิ 105 การทำเกษตรผสมผสานและไร่นาสวนผสมแบบทฤษฎีใหม่ เป็นต้น ประมาณ 0.92 ล้านไร่ และพื้นที่ยังไม่ปรับปรุงอีกประมาณ 0.35 ล้านไร่ (สถานีพัฒนาที่ดินร้อยเอ็ด, 2555) จังหวัดร้อยเอ็ดถือว่าเป็นแหล่งผลิตข้าวหอมมะลิที่มีชื่อเสียงที่สุดของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกทั้งหมด 2,301,870 ไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยว 2,265,147 ไร่ ผลผลิตรวม 1,045,803 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 462 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเกษตรจังหวัดร้อยเอ็ด, 2555) โดยเขตทุ่งกุลาร้องไห้ที่อยู่ในจังหวัดร้อยเอ็ดมีพื้นที่ปลูกจำนวน 821,554 ไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยว 755,033 ไร่ผลผลิตรวม 376,058 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 468 กิโลกรัมต่อไร่ (สถานีพัฒนาที่ดินร้อยเอ็ด, 2555)

วาสนา (2540) กล่าวว่า สาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลผลิตข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่ำ ได้แก่ คุณภาพดินไม่ดี การใช้เทคโนโลยีไม่เหมาะสมกับพื้นที่ ขาดแคลนน้ำ รวมถึงการใช้พื้นที่ไม่เหมาะสมมาทำนา และโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาคุณภาพดินเสื่อมโทรม ได้แก่ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ และดินมีปัญหา อาทิ ดินเค็ม และดินกรดจัด ทำให้มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำ หรือมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว (สำนักงานการตรวจเงินแผ่นดิน, 2551) ซึ่งดินในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ประกอบด้วย 10 กลุ่มชุดดิน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 4, 7, 17, 20, 24, 35, 44, 49 และ 60 โดยร้อยละ 29.39 ของกลุ่มชุดดินที่ 7 มีพื้นที่ 619,450 ไร่ รองลงมาคือ กลุ่มชุดดินที่ 17 มีพื้นที่ 436,713 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 20.72 ของพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ ปัจจุบันพื้นที่ส่วนใหญ่ปลูกข้าวหอมมะลิ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2515)

กลุ่มชุดดินที่ 17 นับว่าเป็นพื้นที่ที่ใช้ปลูกข้าวจำนวนมาก เนื่องจากอยู่ในที่ลุ่ม มีเนื้อที่จำนวน 436,713 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 20.72 ของพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ กลุ่มชุดดินนี้มีต้นกำเนิดจากหินตะกอนเนื้อหยาบดินบนมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย หรือดินร่วนเหนียว บางพื้นที่อาจพบศิลาแลงอ่อนหรือก้อนสารเคมีพวกเหล็กและแมงกานีส ดินชั้นล่างเกิดจากพวกตะกอนลำน้ำ พบในพื้นที่ราบเรียบหรือค่อนข้างราบเรียบ บริเวณลานตะพักลำน้ำระดับต่ำ น้ำแช่ขังลึก 30-50 เซนติเมตรเป็นระยะเวลานาน 2-4 เดือน ดินมีการระบายน้ำค่อนข้างเลว ความอุดมสมบูรณ์ของดินตามธรรมชาติต่ำ ปฏิกิริยาดินเป็นกรดแก่ถึงกรดจัด (pH 4.5-5.5) กลุ่มชุดดินที่ 17 ประกอบด้วย ชุดดินหล่มเก่า ร้อยเอ็ด เรณู สายบุรี สุไหงปาดี โคกเคียน วิสัย สงขลา และบุณฑริก

ชุดดินเรณู (Renu series: Rn) เป็นชุดดินที่ใช้สำหรับการปลูกข้าว มีลักษณะของดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทรายปนดินร่วน ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0) ดินล่างเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนปนดินเหนียว เป็นกรดจัดมาก (pH 4.5-5.0) ในดินล่าง (สำนักสำรวจดินและวาง

แผนการใช้ที่ดิน, 2548) ชุดดินเรณูมีศักยภาพในการใช้ทำนาในฤดูฝน และสามารถปลูกพืชไร่หรือพืชผักที่มีอายุสั้นได้ในช่วงแล้งโดยเฉพาะบริเวณที่มีแหล่งน้ำธรรมชาติหรือมีระบบชลประทาน ข้อจำกัดของชุดดินเรณูในการปลูกข้าวหอมมะลิ คือ ดินบนมีเนื้อดินค่อนข้างเป็นทราย ขาดความอุดมสมบูรณ์ ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก ปริมาณธาตุอาหารหลักไม่เพียงพอทำให้ได้รับผลผลิตข้าวต่ำ อีกทั้งเกษตรกรยังใช้ปุ๋ยเคมีในการเพิ่มธาตุอาหารให้กับดินโดยไม่ได้คำนึงถึงความเสื่อมโทรมของดินที่จะตามมาในระยะยาว

จากผลการสำรวจดินและศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของชุดดินเรณู โดยสำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน (2553) พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างดินบนเท่ากับ 5.0-6.5 อยู่ในเกณฑ์เป็นกรดเล็กน้อย สามารถปรับปรุงดินด้วยการใส่ปูนโดโลไมท์อัตรา 276 กิโลกรัมต่อไร่หรือปูนมาร์ล อัตรา 375 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินบนต่ำเท่ากับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากเท่ากับ 2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลางเท่ากับ 62.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากค่าวิเคราะห์ดินดังกล่าวสามารถคำนวณปริมาณธาตุอาหารที่ต้องการเพิ่มเติมได้โดยใช้โปรแกรมปุ๋ยรายแปลงของกรมพัฒนาที่ดินนั้นพบว่า ในกรณีของการปลูกข้าวควรเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้เพียงพอโดยใส่ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุไนโตรเจน (N) ในอัตรา 9 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส (P_2O_5) อัตรา 6 กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเมื่อนำสูตรปุ๋ยดังกล่าวไปปฏิบัติจริงในแปลงข้าวต้องใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-8 อัตรา 28 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยสูตร 0-46-0 อัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อข้าวสร้างรวงอ่อนใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 0-0-60 อัตรา 6 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ ควรมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ควบคู่กับปุ๋ยเคมีเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยเคมี ดรุณีและคณะ (2552) อ้างตาม Pazhanivelan *et al*. (2006) รายงานว่าการใช้ Mussoorie rock phosphate (MRP) ร่วมกับปุ๋ยคอก 9,600 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน การรักษาฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินตลอดระยะเวลาการปลูกข้าวสูงกว่าตำรับอื่นๆ นอกเหนือจาก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแตสเซียม แล้ว ปุ๋ยมูลเป็ดไก่จะมีปริมาณจุลธาตุอาหารสูงซึ่งเป็นธาตุหารที่สำคัญในการผลิตข้าว Begum *et al*. (2001) พบว่าการใช้ปุ๋ยมูลเป็ดไก่ ในอัตรา 1,200 กิโลกรัมต่อไร่ทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวและฟางข้าวเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยให้ผลผลิต 906 กิโลกรัมต่อไร่

ค่าการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดินของชุดดินเรณูซึ่งมีค่าต่ำมาก คือ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ดังกล่าวนี้จึงได้คัดเลือกชุดดินเรณูเป็นตัวแทนศึกษาวิธีการจัดการดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จัดได้ว่าเป็นดินที่มีสภาพความเสื่อมโทรม ซึ่งผลการศึกษาที่สามารถปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำได้สำเร็จ จะสามารถนำไปปรับใช้กับดินอุดมสมบูรณ์ต่ำ หรือดินที่มีสภาพความเสื่อมโทรม ในพื้นที่อื่นๆ เพื่อแก้ไขหรือฟื้นฟูดินที่เสื่อมโทรมดังกล่าวให้กลับมาใช้ประโยชน์เพื่อการเพาะปลูกได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังข้อเท็จจริงจากผลการศึกษาต่างๆ ที่พบว่า อินทรียวัตถุในดินเป็นปัจจัยตัวบ่งชี้ถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน และถูกนำมาใช้เพื่อการพัฒนาและปรับปรุงดินอย่างต่อเนื่องในระบบการปลูกข้าวโดยมีบทบาทในการรักษาปริมาณอินทรียวัตถุ และจุลธาตุอาหารที่สำคัญ ปัจจุบันเกษตรกรได้ใช้ภูมิปัญญาปรับวิธีการเพิ่มความเป็นประโยชน์ในกองปุ๋ยหมักโดยใช้วัสดุผลิตปุ๋ยหมักที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ประเภทต่างๆ และมีปริมาณเหลือทิ้งในแต่ละปีสูงมาก ซึ่งประเทศไทยนั้นเป็นประเทศกสิกรรมมีการปลูกข้าวออกสู่ตลาดโลกเป็นอันดับหนึ่ง ซึ่งจะมีเศษเหลือที่เกิดจากการผลิตข้าวทั้งในนาข้าว และในโรงสีข้าวของประเทศจำนวนมากประมาณปีละ 73 ล้านตันต่อปี โดยแบ่งเป็น 1)

ผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นในไร่นา 64 ล้านตัน ได้แก่ ฟางข้าว 63 ล้านตัน และข้าวลีบ 1 ล้านตัน 2) ผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากการสีข้าว 9.3 ล้านตัน ได้แก่ แกลบ 5 ล้านตัน รำข้าว 2 ล้านตัน และ ปลายข้าว 2.3 ล้านตัน (มงคลและคณะ, 2550) นอกจากนั้นแล้วการเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยเป็นภาคเกษตรกรรมที่สำคัญ แต่ละปีมีมูลสัตว์ซึ่งได้แก่ มูลโคเนื้อ กระบือ โคนม ไก่ เป็ด และสุกร รวมกันคิดเป็นน้ำหนักสดประมาณ 35 ล้านตัน ส่วนมากนำไปใช้เป็นปุ๋ยคอกในท้องถิ่นซึ่งช่วยเพิ่มผลิตภาพของดินให้สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปุ๋ยคอกหรือมูลสัตว์มีทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุ โดยปกติส่วนที่เหลือออกมาจากการขับถ่ายของสัตว์ โดยมีประมาณร้อยละ 75 ของไนโตรเจน ร้อยละ 80 ของฟอสฟอรัส และร้อยละ 90 ของโพแทสเซียมในอาหารจะตกค้างอยู่ในมูลที่ขับถ่าย ดังนั้นปุ๋ยคอกจึงเป็นแหล่งของธาตุอาหารพืช (ยงยุทธ และคณะ, 2554)

สถาบันวิจัยข้าว (2543) แนะนำว่าการใช้ปุ๋ยเคมีในนาข้าวก็มีความสำคัญเช่นกัน เนื่องจากปุ๋ยเคมีสามารถสลายตัวและปลดปล่อยให้ธาตุอาหารพืชได้อย่างรวดเร็วทันต่อความต้องการของพืช โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เมื่อพิจารณาถึงปริมาณหรือความเข้มข้นของธาตุอาหารแต่ละชนิดที่มีความเพียงพอต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว ข้าวจะมีความต้องการธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเฉลี่ย 3.55 0.22 และ 1.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ปริมาณธาตุอาหารของแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน 0.20 0.20 และ 0.11 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีความต้องการทองแดง สังกะสี แมงกานีส เหล็ก โบรอน และโมลิบดินั่ม ในปริมาณ 6.5 30 45 10.5 และ 0.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ (พิชิตและปรีดา 2532) ซึ่งพันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกและมีการตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีแตกต่างกันมีอยู่ 2 กลุ่ม ได้แก่ พันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง และพันธุ์ข้าวไวต่อช่วงแสง ข้าวพันธุ์ไม่ไวต่อช่วงแสง จะตอบสนองต่อปุ๋ยโดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนได้ดี ปุ๋ยที่แนะนำคืออัตรา 12-12-12 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ (สำหรับนาดินร่วนหรือดินทราย) และอัตรา 12-12-0 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ (สำหรับนาดินเหนียว) อย่างไรก็ตาม ปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งจะสูญเสียได้ง่ายในดินนา ทำให้อัตราที่แนะนำนั้นอาจจะสูงได้ถึง 18-24 กก.N/ไร่ และยังขึ้นอยู่กับลักษณะของพันธุ์ข้าวที่ตอบสนองต่อปุ๋ยมากน้อยต่างกันด้วย สำหรับพันธุ์ไวต่อช่วงแสง ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมือง จะตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนต่ำ ปุ๋ยที่แนะนำคืออัตรา 6-6-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ (สำหรับนาดินร่วนหรือดินทราย) และอัตรา 6-6-0 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ (สำหรับนาดินเหนียว) และสามารถเพิ่มปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนได้จนถึง 8-12 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ กรมส่งเสริมการเกษตร (2542) ได้แนะนำให้ใส่ปุ๋ยข้าวตามระยะเวลาต่างๆ คือระยะปลูกข้าวเป็นการใส่ปุ๋ยครั้งแรกเมื่อเริ่มปลูกข้าวเรียกว่าการใส่ปุ๋ยรองพื้นที่ นาดำใส่หลังปักดำประมาณ 7 วัน โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำ ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมใส่ทั้งหมดของอัตราแนะนำ นาหว่านใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม หลังจากหว่านข้าวและข้าวงอกแล้วประมาณ 1 เดือน

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวนาน้ำฝน ไวต่อช่วงแสง จะออกรวงในช่วงวันที่ 20-25 ตุลาคม ผลผลิตของข้าวพันธุ์นี้ที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีความแปรปรวนของน้ำฝนมาก (สำลี, 2538) หากสามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ จะทำให้สามารถเพิ่มผลผลิตขึ้นได้ (บริบูรณ์, 2538 และ 2541) ข้าวหอมมะลิที่ปลูกในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ มีคุณภาพที่เป็นเอกลักษณ์แตกต่างจากข้าวหอมมะลิที่ผลิตจากแหล่งอื่น ๆ จนเป็นที่ยอมรับของผู้ค้าและผู้บริโภคทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งได้มีการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI : Geographical indication) ข้าวหอมมะลิทุ่งกุลาร้องไห้ (Thung Kula Rong - Hai Thai Hom Mali Rice : TKR) ทะเบียนเลขที่ สช 50100022 ตั้งแต่ปี 2550 (กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2550) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้ให้

ความสำคัญในการผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ โดยได้ดำเนินโครงการผลิตข้าวหอมมะลิมาตรฐานเพื่อการส่งออกในทุ่งกุลาร้องไห้ ระยะที่ 2 (2552-2556) ต่อจากระยะที่ 1 (2547-2551) โดยมีเป้าหมายเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตจาก 389 กิโลกรัมต่อไร่ในปี 2551 เป็น 520 กิโลกรัมต่อไร่ในปี 2556 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) การผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์ทุ่งกุลาร้องไห้ในจังหวัดร้อยเอ็ด ปัจจุบันมีเกษตรกรได้ผ่านการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (มกท.) และสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) จาก Bioagricert จำนวน 9 ราย พื้นที่ดำเนินการที่บ้านแจ่มอารมณ์ ตำบลดงครั่งใหญ่ อำเภอเกษตรวิสัย พื้นที่รวม 417 ไร่ ได้ผลผลิตรวม 128.6 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 308 กิโลกรัมต่อไร่ โดยสหกรณ์การเกษตรเกษตรวิสัยเป็นผู้รับซื้อรวบรวมผลผลิตจากเกษตรกรซึ่งเป็นสมาชิกในราคากิโลกรัมละ 22 บาท (สหกรณ์การเกษตรเกษตรวิสัย, 2555) การปรับปรุงบำรุงดินโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี สามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้ ทำให้ข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตทางลำต้นดี ผลผลิตสูง ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจดี และเป็นการจัดการดินที่ถูกต้องเหมาะสม (ปิ่นเพชร และทองอยู่, 2554)

ปัจจัยที่มีผลต่อความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 นั้น ได้แก่ ปัจจัยทางด้านพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม (ประเทศ, 2529) ในส่วนของสภาพแวดล้อมจะมีหลายปัจจัย เช่น ชนิดและสภาพดิน ความชื้นในดิน อุณหภูมิ แสง ในส่วนของดินที่เหมาะสมต่อข้าวหอมมีอยู่ 3 ชุด คือ ดินชุดรังสิต ดินชุดมหาโพธิ์ และดินชุดดอนเมือง ซึ่งเป็นดินที่เกิดจากตะกอนน้ำกร่อยทั้งสิ้น ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวหอมมะลิน่าจะเป็นดินกรด เพราะเมื่อมีการทดลองใส่ปูนมาร์ลเพื่อลดความเป็นกรดของดิน และช่วยปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงออกมา ปรากฏว่าความหอมของข้าวลดลง มีผู้สันนิษฐานว่าความเป็นกรดของดินและธาตุโซเดียมอาจช่วยให้เพิ่มความหอมของข้าวพันธุ์นี้ได้ ซึ่งความหอมนี้มาจากสาร 2-acetyl-pyrroline (2AP) จากการศึกษาในภาคอีสานพบว่าความหอมของข้าวเกิดจากดินมีเกลือสินเธาว์อยู่ด้วย และดินที่เหมาะสมกับการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้แก่ ชุดดินร้อยเอ็ด กุลาร้องไห้ ท่าตูม และ นครพนม ให้ความหอมมากกว่าชุดดินอื่นๆ (สุขสันต์, 2541) โดยที่ค่าความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ค่าโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้และค่าโซเดียมที่ละลายน้ำได้ (ชัยนาม และคณะ, 2552) สำหรับข้าวที่ปลูกในดินร่วนปนทรายจะได้ข้าวกล้องละข้าวสารที่ใสเป็นเงา เมื่อนำไปหุงข้าวสุกจะไม่ค่อยมียาง และมีรสชาติดีกว่าปลูกในดินเหนียว ซึ่งให้ข้าวสารขุ่นกว่า และข้าวสุกมียางมากกว่า

กรมพัฒนาที่ดินได้ส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาทำเกษตรอินทรีย์มากขึ้น จึงมีเกษตรกรในหลายพื้นที่นำวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นที่หลากหลายมาใช้ในการปรับปรุงบำรุงดิน เช่น มูลวัว มูลไก่ รำข้าว แกลบดำ หินฟอสเฟต ร่วมกับปุ๋ยเคมี เป็นต้น ดังนั้นจึงมีแนวคิดว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ น่าจะเป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้ปรับปรุงดินเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีทางการเกษตร ส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 อีกทั้งยังเป็นวิธีการที่นำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้อีกทางหนึ่งด้วย

วัตถุประสงค์ของการทดลองครั้งนี้ เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ ต่อสมบัติทางเคมีของดิน การเจริญเติบโต ผลผลิต ความหอม และคุณภาพของเมล็ดข้าว รวมทั้งศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในกลุ่มชุดดินที่ 17 ชุดดินเรณู มีการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์เปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งเป็นชีวมวลที่หาได้ในท้องถิ่น เกษตรกรสามารถดำเนินการเองได้

วิธีดำเนินการ

1. อุปกรณ์

1. สว่านเก็บตัวอย่างดิน
2. กล้องถ่ายรูป
3. มูลโค
4. ปุ๋ยเคมี สูตร 16-16-8
5. เมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105
6. ถุงพลาสติกเก็บตัวอย่างดิน
7. ปูนโดโลไมท์ (Dolomite lime: 25% Ca, 25% Mg)

2. วิธีการ

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) ปั้นคันดินล้อมรอบพื้นที่ และจัดทำแปลงย่อยขนาดกว้าง 5x5 เมตร จำนวน 28 แปลง ตามแผนการทดลองที่กำหนดไว้ จำนวน 7 ตำรับ 4 ซ้ำ ได้แก่

ตำรับที่ 1 = แปลงควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอก)
ตำรับที่ 2 = ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่
ตำรับที่ 3 = ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่
ตำรับที่ 4 = ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่
ตำรับที่ 5 = ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตันต่อไร่
ตำรับที่ 6 = ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตันต่อไร่
ตำรับที่ 7 = ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตันต่อไร่

2. วิธีปลูกและการปฏิบัติในแปลงทดลอง

2.1 คัดเลือกพื้นที่ และจัดทำรายละเอียดสภาพพื้นที่ โดยเลือกชุดดินเรณูเป็นพื้นที่ทดลอง เนื่องจาก ดินมีสภาพความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำ (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2553)

2.2 เก็บตัวอย่างดิน ก่อนการทดลองที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตรจากผิวดิน แล้วนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีดินเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการ

2.3 การเตรียมดิน ไถเตรียมดินแล้วปล่อยทิ้งไว้เพื่อกำจัดโรค แมลง วัชพืช แล้วไถย่อยดินเตรียมแปลงทดลอง ขนาดกว้าง 5x5 เมตร จำนวน 28 แปลง เว้นระหว่างแปลง 1.5 เมตร และเว้นระหว่างซ้ำ 2 เมตร เติมปูนโดโลไมท์ตามปริมาณความต้องการปูนในแปลงทดลอง

2.4 การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ใช้ปุ๋ยคอกมูลวัว ที่สามารถหาได้ในพื้นที่บ้านดอนพิมาน ตำบลสระคู อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ใส่ปุ๋ยคอกอัตราแนะนำ 3 ตันต่อไร่ อัตราต่ำ 2 ตันต่อไร่ และอัตราสูง 4 ตันต่อไร่ ตามตำรับการทดลอง ใส่ครั้งเดียวช่วงเตรียมดิน

2.5 การใส่ปุ๋ยอนินทรีย์ ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว ใช้สูตร 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ อัตราต่ำ 20 กิโลกรัมต่อไร่ และอัตราสูง 40 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 3 ครั้งเท่าๆกัน ดังนี้ ครั้งที่ 1 ใส่หลังปักดำ 15 วัน ครั้งที่ 2 ใส่ที่ระยะกำเนิดช่อดอกหรือ 30 วันก่อนข้าวออกดอก ครั้งที่ 3 ใส่หลังระยะกำเนิดช่อดอก

2.6 การปลูกและการเก็บเกี่ยวข้าวตามวิธีปักดำ

1) การตกกล้า เตรียมแปลงตกกล้าโดยไถดะ ไถแปร เอาน้ำเข้า แช่ขี้ไถคราด ปรับระดับผิวดินแล้วทำเทือก แปลงย่อยกว้างประมาณ 1-2 เมตร ทำร่องน้ำระหว่างแปลงกว้างประมาณ 30 เซนติเมตร แล้วระบายน้ำออก หว่านเมล็ดข้าวที่เตรียมไว้ใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ 8-10 กิโลกรัมต่อไร่

2) การปักดำ เตรียมแปลงปักดำโดยไถดะทิ้งไว้ 7-10 วัน ไถแปร เอาน้ำเข้า แช่ขี้ไถคราด ปรับระดับผิวดินแล้วทำเทือก รักษาระดับน้ำในแปลง 5 เซนติเมตรจากผิวดิน แล้วปักดำโดยใช้กล้าอายุ 30 วัน ระยะปักดำ 20 x 20 เซนติเมตร จำนวน 3 ต้นต่อจับ เมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2550 ดูแลแปลงไม่ให้ต้นข้าวขาดน้ำโดยเฉพาะในช่วงกำเนิดช่อดอกถึงออกรวง หลังข้าวออกรวงแล้ว 80 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 20 วันระบายน้ำออกจากแปลง

3) การเก็บเกี่ยว หลังจากระบายน้ำออกจากแปลงแล้วดำเนินการเก็บเกี่ยวข้าว เมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550 โดยเก็บในพื้นที่ 2.00 x 2.00 ตารางเมตร

4) ในฤดูนาปี 2551 เตรียมแปลงปรับระดับผิวดินแล้วทำเทือก พร้อมปักดำข้าวเมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม พ.ศ. 2551 และเก็บเกี่ยวข้าวเมื่อวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

3. การบันทึกข้อมูล

3.1 เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ก่อนและหลังการทดลองเพื่อ วิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (Soil pH) อินทรียวัตถุ (Organic matter – เปอร์เซ็นต์) ปริมาณความต้องการปูน (Lime requirement กิโลกรัมต่อไร่) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus – มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available potassium – มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Extractable calcium – มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Extractable magnesium- มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และ ค่าการนำไฟฟ้าของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Electrical conductivity – เดซิซีเมนต์ต่อเมตร)

3.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ ประกอบด้วย ปริมาณคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ในรูปเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน

3.3 วัดความสูงและเก็บเกี่ยวผลผลิต พร้อมทั้งสุ่มเก็บรวงข้าวจำนวน 10 รวงต่อแปลงย่อย เพื่อหาจำนวนเมล็ดดีต่อรวงและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี ปรับน้ำหนักเมล็ดข้าวที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ และวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดข้าว ได้แก่ ปริมาณอมิโลส ความต้องการของแป้งสุก อุณหภูมิของแป้งสุก อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก และความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์ความแปรปรวนทาง ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลอง และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่ศึกษาทั้งดินและพืชในแต่ละตำรับทดลองและแต่ละปีโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IRRI STAT และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test และทดสอบความแปรปรวนเพื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตำรับการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์และวิธีการควบคุม

3. เวลาและสถานที่

เวลา เริ่มต้นเดือน พฤษภาคม 2550 สิ้นสุดเดือน ธันวาคม 2552

สถานที่ ในแปลงนาเกษตรกร บ้านดอนพิมาน ตำบลสระคู อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด พื้นที่ทำการทดลองจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 17 ชุดดินเรณู (Renu series: Rn) พื้นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ ดินบนเป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาล ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0) เกษตรกรใช้ประโยชน์พื้นที่โดยการทำนาในช่วงฤดูฝน พิกัด 371152E 1718243N (WGS84)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติทางเคมีของปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยคอก (ปุ๋ยอินทรีย์) พบว่า มีค่าความเป็นกรดด่าง 7.5 ค่าการนำไฟฟ้า 2.82 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.48 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 1.15 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ 1.46 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณอินทรียวัตถุ 36.24 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สมบัติของปุ๋ยคอกในปีที่ 2 พบว่า มีค่าความเป็นกรดด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณธาตุอาหารหลักที่ไม่แตกต่างจากปีที่ 1 ยกเว้นปริมาณอินทรียวัตถุที่มีปริมาณต่ำกว่า (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 **สมบัติทางเคมีของปุ๋ยคอก (ปุ๋ยอินทรีย์) ในปีที่ 1 และปีที่ 2**

วัสดุปรับปรุงดิน	OM (%)	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	pH 1:1	EC (dS/m)
ปีที่ 1						
1. ปุ๋ยเคมี	-	16	16	8	6.3	0.29
2. ปุ๋ยคอก	36.24	0.48	1.15	1.46	7.5	2.82
ปีที่ 2						
1. ปุ๋ยเคมี	-	16	16	8	6.3	0.26
2. ปุ๋ยคอก	14.81	0.61	0.92	0.96	8.7	2.30

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

2. สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง

การวิเคราะห์สมบัติดินก่อนการทดลองได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้ ความเป็นกรดด่างของดิน มีค่า 5.1 ค่าการนำไฟฟ้า 0.47 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำมาก 0.56 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ค่อนข้างต่ำมาก ได้แก่ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 4.60 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ 10.98 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ 21.66 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 126.51 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 12.62 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม (ตารางที่ 2)

ซึ่งสมบัติดินที่วิเคราะห์ได้ดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า สภาพดินก่อนดำเนินการทดลองมีความเป็นกรดจัดมาก (ค่าpH น้อยกว่า 4.5) ระดับความเค็มของดินอยู่ในระดับต่ำมาก (ค่าการนำไฟฟ้า มีค่า 0.47 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร) จึงไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชปลูก ตลอดจนมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินซึ่งต่ำมาก การปรับปรุงบำรุงดินเพื่อเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน จะทำให้การทำหน้าที่ของดินเอื้อประโยชน์ต่อการปลูกพืชได้ดีขึ้น กล่าวคือ ทำให้ดินมีการหมุนเวียนธาตุอาหาร ทั้งการกักเก็บและปลดปล่อยออกมาได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้

ปริมาณธาตุอาหารชนิดต่างๆ ที่วิเคราะห์ได้ทั้งปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ จำเป็นต้องเพิ่มด้วยการใส่ปุ๋ย

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง

สมบัติทางเคมี	ปริมาณ
ความเป็นกรดด่าง (pH)	5.1
ปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	0.56
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (เซนติโมลต่อดิน 1 กิโลกรัม)	0.05
ไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.02
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม)	4.60
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม)	10.98
ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (เดซิซีเมนต์ต่อเมตร)	0.47
แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม)	126.51
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม)	12.62
โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม)	21.66
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม)	18.37
แคลเซียมที่ละลายได้ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	37.30
แมกนีเซียมที่ละลายได้ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	7.15
โซเดียมที่ละลายได้ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	26.05

3. การเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน

สมบัติทางเคมีของดินซึ่งเป็นผลจากการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ แสดงการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินที่มีความแตกต่างทางสถิติ ดังนี้

3.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

ผลจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของดินมีค่ามากกว่าการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ โดยค่าความเป็นกรดด่างของดินเมื่อใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ และปุ๋ยอินทรีย์ปีที่ 1 เท่ากับ 5.22 และ 5.56 ตามลำดับ ในขณะที่ผลการทดลองปีที่ 2 เท่ากับ 5.05 และ 5.26 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ซึ่งค่าความเป็นกรดด่างของดินดังกล่าวอยู่ในระดับกรดจัด คือ มีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.1- 5.5 แต่พบว่า ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีค่าน้อยกว่าการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ ด้วยค่าเฉลี่ยความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน ปีที่ 1 เท่ากับ 0.32 และ 0.43 เซนติโมลต่อดิน 1 กิโลกรัม ตามลำดับ และปีที่ 2 เท่ากับ 0.44 และ 0.47 เซนติโมลต่อดิน 1 กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ทั้งนี้ ค่าดังกล่าวอยู่ในระดับต่ำมาก คือมีค่าที่วิเคราะห์ได้น้อยกว่า 3.0 เซนติโมลต่อดิน 1 กิโลกรัม ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Qui and Caicinai (1978) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกจะช่วยส่งเสริมการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน (CEC) เพิ่มมากขึ้น ส่งผลดีต่อการลดการสูญเสียธาตุอาหารในรูปแคตไอออนไปกับการชะล้าง อีกทั้งดินมีความจุความต้านทานการเปลี่ยนแปลง (buffering capacity) สูงขึ้น จึงต้านทานต่อการเปลี่ยนค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินได้ดีขึ้น (Qui and Caicinai, 1978)

และสอดคล้องกับรายงานของ Parfitt *et al*. (1977) พบว่า ในดินที่มีสภาพเป็นกรดเมื่อมีการใส่อินทรียวัตถุ โดยอินทรียวัตถุดังกล่าวจะเข้าทำปฏิกิริยากับอะลูมินัมในดินกรด ทำให้มีการปลดปล่อยไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) มาทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนไอออน (H^+) จึงลดความเป็นกรดในดิน และทำให้ดินมีความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ปุ๋ยอินทรีย์ยังช่วยลดค่าความหนาแน่นของดิน และค่อยๆ ลดสภาพความเป็นกรดด่างของดินเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ทำให้ปริมาณอินทรียคาร์บอนในดินและอินทรียวัตถุในดินมากกว่าปุ๋ยอนินทรีย์ การช่วยลดความหนาแน่นของดินส่งผลให้ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำดีขึ้น ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณกำมะถันในดินเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นข้อดีของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (Azim *et al*., 1999; Sharma *et al*., 2000; Islam *et al*., 2012)

ทั้งนี้ ค่าความเป็นกรดด่างของดินเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดการดินด้วยการใส่ปูนโดโลไมท์ ซึ่งให้ธาตุอาหารพืช คือ แคลเซียม และแมกนีเซียม ทำให้สมบัติดินเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชมากขึ้น เนื่องจากสภาพดินในช่วงความเป็นกรดด่างดังกล่าว แร่ธาตุอาหารพืชอยู่ในรูปที่มีความเป็นประโยชน์ต่อพืช ส่งผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารเพื่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของข้าวได้

แม้ว่า การทดลองนี้ สมบัติทางเคมีของดินอื่นๆ ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity; EC) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโซเดียม ปริมาณแคลเซียม และปริมาณแมกนีเซียม ผลการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ไม่มีผลทำให้สมบัติทางเคมีของดินดังกล่าวแสดงความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 3 ค่าความเป็นกรดด่างของดิน (pH) ปีที่ 1 และปีที่ 2

ตำรับ	**ค่า** pH **(1:1)**	
ก่อนการทดลอง	**5.1**	
หลังการทดลอง	**ปีที่ 1**	**ปีที่ 2**
1. แปลงควบคุม	6.21a	5.15b
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	4.90c	5.05b
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	5.38abc	4.78b
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	5.40abc	5.95a
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**5.22**	**5.26**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	6.05ab	5.18b
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	5.79abc	5.05b
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	5.22bc	4.92b
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**5.69**	**5.05**
ค่าเฉลี่ยรวม	**5.56**	**5.15**
F-test	**2.77***	**3.01***
CV (%)	**10.2**	**8.5**

* หมายถึง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตัวอักษรที่เหมือนกันของค่าเฉลี่ย หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3 ค่าความเป็นกรดด่างของดิน (pH) ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมระหว่าง ปี พ.ศ. 2550 ถึง 2552

ตำรับ	ค่า pH (1:1)
ก่อนการทดลอง	**5.1**
1. แปลงควบคุม	5.68
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	4.98
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	5.08
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	5.68
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**5.24**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	5.62
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	5.42
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	5.07
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	5.37
ค่าเฉลี่ยรวม	**5.36**
F-test (สิ่งทดลอง)	*
F-test (สิ่งทดลองXปีทดลอง)	*
LSD (0.05)	0.51
CV (%)	9.4

* หมายถึง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4 ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ของดินปีที่ 1 และปีที่ 2

ตำรับ	ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (เซนติโมลต่อดิน 1 กิโลกรัม)	
ก่อนการทดลอง	**0.05**	
หลังการทดลอง	**ปีที่ 1**	**ปีที่ 2**
1. แปลงควบคุม	0.31b	0.50
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	0.31b	0.49
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	0.35b	0.58
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	0.62a	0.35
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**0.43**	**0.47**
ตำรับที่ 5 ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	0.34 b	0.54
ตำรับที่ 6 ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	0.27 b	0.40
ตำรับที่ 7 ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	0.36 b	0.40
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**0.32**	**0.44**
ค่าเฉลี่ยรวม	**0.36**	**0.46**
F-test	**2.98***	**0.94 ns**
CV (%)	**37.2**	**38.0**

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตัวอักษรที่เหมือนกันของค่าเฉลี่ย หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4 ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมระหว่าง ปี พ.ศ. 2550 ถึง 2552

ตำรับ	ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (เซนติโมลต่อดิน 1 กิโลกรัม)
ก่อนการทดลอง	**0.05**
1. แปลงควบคุม	0.41
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	0.40
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	0.47
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	0.49
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**0.45**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	0.44
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	0.34
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	0.38
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**0.38**
ค่าเฉลี่ยรวม	**0.41**
F-test (ตำรับ)	ns
F-test (ตำรับXปีทดลอง)	*
LSD (0.05)	0.159
CV (%)	37.9

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

3.2 ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity; EC)

ผลของปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ไม่มีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าแสดงความแตกต่างทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม คือ การใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ และปุ๋ยอินทรีย์พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยในปีที่ 1 เท่ากับ 0.0183 และ 0.0214 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ตามลำดับ และปีที่ 2 เท่ากับ 0.0458 และ 0.0418 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้ ค่าการนำไฟฟ้าดังกล่าวแม้จะพบว่า มีค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการจัดการธาตุอาหารด้วยการใส่ปุ๋ย จึงทำให้ดินเปลี่ยนแปลงสมบัติดินมีค่าการนำไฟฟ้าลดต่ำลงมาอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษอันเนื่องมาจากความเค็ม ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อพืชปลูก คือ มีค่าน้อยกว่า 0.7 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (ตารางที่ 5)

ทั้งนี้ การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของการทดลองปีที่ 1 และปีที่ 2 พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ

3.3 ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter; OM)

ผลการศึกษา แม้ว่า จะไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ ของผลการทดลองในปีที่ 1 ปีที่ 2 และการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของการทดลองปีที่ 1 และปีที่ 2 แต่แสดงแนวโน้มให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรียวัตถุในดินซึ่งเป็นผล

มาจากการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ มีค่าน้อยกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินปีที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.83 และ 0.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปีที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.90 และ 0.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในปีที่ 2 และมีปริมาณเพิ่มขึ้นสูงถึง 2 เท่าเมื่อเทียบกับดินก่อนการทดลองในแต่ละปี ทำให้เห็นถึงอิทธิพลจากปัจจัยศึกษาในแต่ละตำรับที่มีต่อปริมาณอินทรียวัตถุในดินทั้งในปีที่ 1 และปีที่ 2 ซึ่งการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณของอินทรียคาร์บอน องค์ประกอบของวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก และปริมาณของมูลสัตว์ที่นำมาเป็นส่วนผสม ซึ่งเริ่มต้นการทดลองพบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุในดินจัดอยู่ในระดับต่ำ (มีค่าระหว่าง 0.5-1.0) จึงอาจกล่าวได้ว่า ดินชุดเรณูที่ใช้เป็นพื้นที่ทำการทดลองดังกล่าวเป็นดินที่ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และสามารถใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาเพื่อนำผลที่ได้ไปปรับใช้พื้นที่อื่นๆ ซึ่งเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำได้เช่นกัน ทั้งนี้ ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเป็นสภาพดินที่พบได้ทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ

อย่างไรก็ตาม แม้พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ยคอกที่มีอยู่สูง แต่เมื่อใส่ลงไปในดินกลับมีปริมาณสะสมไม่มากนัก ทั้งในปีที่ 1 และ ปีที่ 2 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใส่ปุ๋ยคอกในอัตราต่ำเพียง 2 - 4 ตันต่อไร่ ไม่มากพอที่จะเพิ่มค่าปริมาณอินทรียวัตถุให้สูงขึ้นในช่วงเวลาอันสั้น ประกอบกับดินที่ใช้ศึกษามีลักษณะเนื้อดินเป็น ดินร่วนปนทรายหรือดินเนื้อหยาบที่มีการถ่ายเทอากาศดีและไม่แน่นทึบซึ่งอาจส่งเสริมต่อการสลายอินทรียวัตถุได้ง่าย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) และสูญหายไปได้ในรูปคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (Puttaso *et al*., 2011) สอดคล้องกับรายงานของปัทมา และอรรณพ (2552) ซึ่งพบว่า ปริมาณการสะสมของอินทรียวัตถุทั้งในรูปคาร์บอนและไนโตรเจนขึ้นอยู่กับปริมาณของคาร์บอนที่สูญเสียไปในรูปของ CO_2 โดยหากมีปริมาณการสูญเสียในรูป CO_2 สูงส่งผลให้มีปริมาณอินทรียวัตถุที่สะสมในดินต่ำ และสอดคล้องกับหลายรายงานที่ได้ข้อสรุปว่า ปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่ต่ำ (น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์) ก่อให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร การเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินจะสามารถปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เช่น ความหนาแน่นดิน การอุ้มน้ำของดินดีขึ้น สมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณกำมะถันในดินเพิ่มสูงขึ้น และสมบัติทางชีวภาพที่สามารถเพิ่มจำนวนและความหลากหลายของประชากรจุลินทรีย์ ซึ่งช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และความสามารถในการให้ผลผลิตของดิน มีการผลิตทางการเกษตรที่ยั่งยืน (BARC, 2005; Azim *et al*., 1999; Sharma *et al*., 2000; Islam *et al*., 2012; Romero, 2014) อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การจัดการดินโดยการใส่ปุ๋ยคอกซึ่งเป็นปุ๋ยอินทรีย์ ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น ช่วยพัฒนาโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น เพิ่มฮิวมัสที่เป็นสารเชื่อมระหว่างอนุภาคดินให้เกาะกลุ่มเป็นเม็ดดินจนได้โครงสร้างดินที่มีเสถียรภาพ (Tisdall and Oades, 1982) การพัฒนาโครงสร้างดินต้องอาศัยเวลาและการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อย่างต่อเนื่อง อินทรียวัตถุในดินทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมในการรวมตัวของอนุภาคดิน โดยผ่านพันธะไฮโดรเจนและเกี่ยวข้องในการเชื่อมของอนุภาคดินเหนียว การรวมตัวของอินทรียวัตถุกับดินเหนียว ซึ่งถือว่ามีความสำคัญในการสร้างเม็ดดินที่มีเสถียรภาพสูง ซึ่งค่าเสถียรภาพของเม็ดดินเป็นตัวชี้วัดถึงความคงทนของโครงสร้างดิน (Six *et al*., 2000) ซึ่งส่งผลดีต่อการเจริญเติบโตของข้าว

ตารางที่ 5 ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ปีที่ 1 และปีที่ 2

ตำรับ	ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนต์ต่อเมตร)	
ก่อนการทดลอง	**0.47**	
หลังการทดลอง	**ปีที่ 1**	**ปีที่ 2**
1. แปลงควบคุม	0.02	0.05
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	0.02	0.04
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	0.02	0.06
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	0.02	0.04
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**0.02**	**0.05**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	0.02	0.05
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	0.02	0.04
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	0.03	0.04
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยคอก	**0.02**	**0.04**
ค่าเฉลี่ยรวม	**0.02**	**0.04**
F-test	**0.49^{ns}**	**1.28 ^{ns}**
CV (%)	**63.2**	**29.5**

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 5 ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมระหว่างปี พ.ศ. 2550 ถึง 2552

ตำรับ	ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนต์ต่อเมตร)
ก่อนการทดลอง	**0.47**
หลังการทดลอง	**เฉลี่ย**
1. แปลงควบคุม	0.03
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	0.03
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	0.04
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	0.03
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**0.03**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	0.03
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	0.03
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	0.03
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**0.03**
ค่าเฉลี่ยรวม	**0.03**
F-test (ตำรับ)	ns
F-test (ตำรับXปีทดลอง)	ns
LSD (0.05)	0.0128
CV (%)	39.7

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 6 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ปีที่ 1 และปีที่ 2

ตำรับ	ปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	
ก่อนการทดลอง	**0.56**	
หลังการทดลอง	**ปีที่ 1**	**ปีที่ 2**
ตำรับที่ 1 แปลงควบคุม	0.72	0.70
ตำรับที่ 2 ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	0.98	0.86
ตำรับที่ 3 ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	0.81	0.91
ตำรับที่ 4 ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	0.71	0.92
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**0.83**	**0.90**
ตำรับที่ 5 ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	0.93	0.98
ตำรับที่ 6 ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	0.79	0.90
ตำรับที่ 7 ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	0.97	0.92
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**0.90**	**0.93**
ค่าเฉลี่ยรวม	**0.84**	**0.89**
F-test	0.72 ^{ns}	0.86 ^{ns}
CV (%)	**32.1**	**22.0**

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 6 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมระหว่างปี พ.ศ. 2550 ถึง 2552

ตำรับ	ปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)
ก่อนการทดลอง	**0.56**
หลังการทดลอง	**เฉลี่ย**
1. แปลงควบคุม	0.71
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	0.92
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	0.86
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	0.82
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**0.87**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	0.96
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	0.85
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	0.95
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**0.92**
ค่าเฉลี่ยรวม	**0.87**
F-test (ตำรับ)	**ns**
F-test (ตำรับX**ปี**ทดลอง)	**ns**
LSD (0.05)	0.239
CV (%)	27.3

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

3.4 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ผลการศึกษา ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ของผลการทดลองในปีที่ 1 ปีที่ 2 และการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของการทดลองปีที่ 1 และปีที่ 2 โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ดินที่มีการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ แสดงแนวโน้มให้ค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินน้อยกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ โดยพบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปีที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.04 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปีที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.04 และ 0.05 ตามลำดับ (ตารางที่ 7) ซึ่งค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินที่วิเคราะห์ได้ดังกล่าวจัดอยู่ในระดับต่ำมาก คือ มีค่าที่วิเคราะห์ได้น้อยกว่า 0.1 เปอร์เซ็นต์ แต่สูงกว่าค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้ว ดินจะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินน้อยกว่า 0.02 เปอร์เซ็นต์ (Bremner, 1965) ซึ่งจากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า การปฏิบัติของเกษตรกรจะส่งผลต่อสมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ การใช้ปุ๋ยอย่างต่อเนื่อง รูปของปุ๋ยที่ใช้ (ปุ๋ยอนินทรีย์ หรือปุ๋ยอินทรีย์) ซึ่งค่าต่างๆ จะแสดงความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน ดังเช่น ค่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่วิเคราะห์ได้จากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งมีค่ามากกว่าการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ ซึ่งกิจกรรมการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ จึงส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูงตามไปด้วย รวมทั้งปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินที่สูงด้วยเช่นกัน ซึ่งแสดงค่าที่วิเคราะห์ได้มีความสอดคล้องกัน

ตารางที่ 7 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ปีที่ 1 และปีที่ 2

ตำรับ	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	
ก่อนการทดลอง	**0.**02	
หลังการทดลอง	**ปีที่ 1**	**ปีที่ 2**
1. แปลงควบคุม	0.04	0.04
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	0.05	0.04
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	0.04	0.05
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	0.04	0.05
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**0.04**	**0.04**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	0.05	0.05
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	0.04	0.05
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	0.05	0.05
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**0.04**	**0.05**
ค่าเฉลี่ยรวม	**0.04**	**0.05**
F-test	**0.72**^{ns}	**0.41**^{ns}
CV (%)	**32.1**	**14.6**

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 7 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินของการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมระหว่าง ปี พ.ศ. 2550 ถึง 2552

ตำรับ	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)
ก่อนการทดลอง	**0.02**
หลังการทดลอง	**เฉลี่ย**
1. แปลงควบคุม	0.04
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	0.05
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	0.04
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	0.04
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**0.04**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	0.05
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	0.04
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	0.05
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	0.05
ค่าเฉลี่ยรวม	0.04
F-test (ตำรับ)	ns
F-test (ตำรับX**ปี**ทดลอง)	ns
LSD (0.05)	**0.0108**
CV **(%)**	**24.3**

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

3.5 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ผลการศึกษา ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ของผลการทดลองในปีที่ 1 ปีที่ 2 และการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของการทดลองปีที่ 1 และปีที่ 2 โดยพบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ และปุ๋ยอินทรีย์มีค่าใกล้เคียงกันมาก กล่าวคือ ในปีที่ 1 มีค่าเท่ากับ 4.88 และ 4.89 (มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม) ตามลำดับ และปีที่ 2 มีค่าเท่ากับ 13.21 และ 13.89 (มิลลิกรัมต่อต่อดิน 1 กิโลกรัม) ตามลำดับ (ตารางที่ 8) ซึ่งเทียบเคียงได้ว่า อัตราของปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้เทียบเท่ากับอัตราของปุ๋ยอนินทรีย์ที่ใช้ได้เช่นกัน จึงส่งผลให้ค่าที่วิเคราะห์ได้ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่วิเคราะห์ได้จากดินดังกล่าวจัดอยู่ในระดับต่ำในปีที่ 1 (ค่าระหว่าง 3-6 มิลลิกรัมต่อต่อดิน 1 กิโลกรัม) และเพิ่มสูงขึ้นมาเป็นระดับปานกลางเมื่อสิ้นสุดปีที่ 2 (ค่าระหว่าง 10-15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งรูปของปุ๋ยที่ใช้ไม่มีผลทำให้ค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์แตกต่างกัน

ซึ่งผลการศึกษา แสดงให้เห็นว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นในดินเป็นผลมาจากการใส่ปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราสูง ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งของฟอสฟอรัสที่สำคัญในฤดูกาลแรก (ปีที่ 1) อาจจะ

ทำให้พืชดูดใช้ได้ในระดับน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณทั้งหมด ในขณะที่ปริมาณการปลดปล่อยฟอสฟอรัสยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในดิน ซึ่งเป็นแหล่งธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สำหรับฤดูเพาะปลูกต่อไป (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551) นอกจากนี้ การจัดดินด้วยการใส่ปูนยังทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้นอีกด้วย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

3.6 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

ผลการศึกษา ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ของผลการทดลองในปีที่ 1 และการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของการทดลองปีที่ 1 และปีที่ 2 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน ปีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ และปุ๋ยอินทรีย์ มีค่าเท่ากับ 23.76 และ 26.52 มิลลิกรัมต่อต่อดิน 1กิโลกรัม ตามลำดับ แต่พบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ในปีที่ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 16.34 และ 19.33 มิลลิกรัมต่อดิน1กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 9) ซึ่งปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ที่วิเคราะห์ได้ดังกล่าวจัดอยู่ในระดับต่ำมาก กล่าวคือ มีค่าน้อยกว่า 30 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม

ทั้งนี้ ผลการทดลองในปีที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบความแปรปรวนระหว่าง 3 กลุ่ม คือ วิธีควบคุม (วิธีเกษตรกร) กลุ่มวิธีใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ และกลุ่มวิธีใช้ปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า วิธีควบคุมให้ค่าเฉลี่ยปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์แตกต่างทางสถิติจากกลุ่มวิธีอื่นๆ ซึ่งมีค่าปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงสุด 21.56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สูงกว่าการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ และปุ๋ยอินทรีย์ มีค่าเท่ากับ 16.34 และ 19.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่มีค่าสูงเนื่องจากการใส่ปุ๋ยหมักตามวิธีเกษตรกร อาจเป็นผลมาจากวัตถุดิบที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก ได้แก่ มูลไก่ รำละเอียด ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งที่มีธาตุโพแทสเซียมสูง จึงแสดงปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการปลดปล่อยของธาตุอาหารโพแทสเซียมจากวัสดุสู่ดิน หรือเป็นการปลดปล่อยธาตุอาหารจากส่วนของซากตอซังหรือฟางข้าวซึ่งพืชดูดใช้แล้วก็สลายตัวกลับสู่ดินอีกครั้ง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Naklang *et al.* (1999) พบว่า การไถกลบฟางข้าวลงดินจะช่วยเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมในดิน และธาตุอาหารในดินยังถูกปลดปล่อยเพิ่มมากขึ้นจากมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งจุลินทรีย์ในดินมีทั้งการดูดใช้เพื่อดำรงชีพเพิ่มจำนวนประชากรในดินและปลดปล่อยกลับลงสู่ดิน (re-mineralization) เมื่อจุลินทรีย์นั้นตายลง ซึ่งปริมาณดังกล่าวถือได้ว่า เป็นแหล่งสำรองธาตุอาหารเพื่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวในปีถัดไป

ตารางที่ 8 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินปีที่ 1 และปีที่ 2

ตำรับ	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
ก่อนการทดลอง	**4.60**	
หลังการทดลอง	**ปีที่ 1**	**ปีที่ 2**
1. แปลงควบคุม	4.21	13.89
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	3.46	14.31
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	5.69	13.24
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	5.50	12.07
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยเคมี	**4.88**	**13.21**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	5.13	14.68
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	3.69	12.12
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	5.85	14.88
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยคอก	**4.89**	**13.89**
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.79**	**13.60**
F-test	**1.18** ^{ns}	**0.40** ^{ns}
CV (%)	**38.0**	**27.0**

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 8 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินของการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมระหว่างปี พ.ศ. 2550 ถึง 2552

ตำรับ	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ก่อนการทดลอง	**4.67**
หลังการทดลอง	**เฉลี่ย**
1. แปลงควบคุม	9.05
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	8.86
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	9.47
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	8.79
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**9.05**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	9.91
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	7.91
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	10.37
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**9.39**
ค่าเฉลี่ยรวม	**9.20**
F-test (ตำรับ)	ns
F-test (ตำรับX**ปี**ทดลอง)	ns
LSD (0.05)	**2.935**
CV **(%)**	**31.5**

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 9 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินปีที่ 1 และปีที่ 2

ตำรับ	ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
ก่อนการทดลอง	**10.98**	
หลังการทดลอง	**ปีที่ 1**	**ปีที่ 2**
1. แปลงควบคุม	24.24	21.56a
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	19.29	16.61bc
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	20.69	17.04bc
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	31.29	15.35c
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**23.76**	**16.34**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	28.06	18.42abc
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	17.77	18.89abc
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	33.73	20.70ab
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**26.52**	**19.33**
ค่าเฉลี่ยรวม	**25.01**	**18.37**
F-test	**2.27^{ns}**	**2.70***
CV (%)	**32.8**	**14.8**

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตัวอักษรที่เหมือนกันของค่าเฉลี่ย หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 9 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินของการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมระหว่างปีพ.ศ. 2550 ถึง 2552

ตำรับ	ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ก่อนการทดลอง	**10.98**
หลังการทดลอง	**เฉลี่ย**
1. แปลงควบคุม	22.9
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	17.95
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	18.87
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	23.32
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**20.05**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	23.24
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	18.33
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	27.22
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**22.93**
ค่าเฉลี่ยรวม	**21.69**
F-test (ตำรับ)	*
F-test (ตำรับX**ปี**ทดลอง)	ns
LSD (0.05)	**6.197**
CV **(%)**	**28.2**

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

3.7 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

ผลการศึกษา ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ของผลการทดลองในปีที่ 1 และการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของการทดลองปีที่ 1 และปีที่ 2 ปริมาณแคลเซียมในดินก่อนการทดลอง พบว่า มีค่าเท่ากับ 126.51 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ซึ่งเทียบได้กับค่ามาตรฐานสมบัติทางเคมีดินในระดับต่ำมาก (ค่าน้อยกว่า 400 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม) ซึ่งผลการทดลองในปีที่ 1 พบว่า ปริมาณแคลเซียมไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ โดยทุกตำรับการทดลองแสดงปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินลดต่ำลงจากก่อนดำเนินการทดลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 63.78 -114.11 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม โดยตำรับที่ 3 การใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ในอัตราสูงสุด 40 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงสุดเท่ากับ 114.11 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม เช่นเดียวกับผลการทดลองในปีที่ 2 ซึ่งไม่พบความแตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ระหว่าง 81.43- 97.42 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม

ทั้งนี้ เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบผลระหว่างกลุ่มการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ และกลุ่มการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ แต่การใช้ปุ๋ยอนินทรีย์แสดงแนวโน้มให้ค่าปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ด้วยค่าเฉลี่ย 88.21 และ 81.95 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ตามลำดับในปีที่ 1 และค่าเฉลี่ย 86.08 และ 85.38 มิลลิกรัมต่อดิน1กิโลกรัม ตามลำดับในปีที่ 2 (ตารางที่ 10) ทั้งนี้ ส่วนหนึ่งเป็นผลเนื่องมาจาก วัตถุดิบที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก ได้แก่ หินฟอสเฟต ซึ่งเป็นแหล่งของธาตุแคลเซียม และผลของการจัดการดินด้วยการไถกลบตอซังข้าวซึ่งเป็นแหล่งสะสมธาตุแคลเซียมด้วยเช่นกัน รวมทั้งผลของการจัดการดินด้วยการใส่ปูนโดโลไมท์ ซึ่งมีแร่ธาตุแคลเซียมเป็นองค์ประกอบด้วยเช่นกัน จึงแสดงแนวโน้มให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินของปีที่ 2 สูงกว่าปีที่ 1 คือ 87.40 และ 83.16 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ตามลำดับ

กล่าวได้ว่า วิธีการจัดการดินที่ศึกษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแคลเซียมในทิศทางที่เพิ่มขึ้น การผลิตแบบเกษตรอินทรีย์มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม และปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น แต่ข้าวซึ่งเป็นพืชที่มีความต้องการธาตุไนโตรเจนสูง จึงทำให้ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินไม่เพิ่มสูงขึ้นได้ (**Reganold, 1989**) ประกอบกับที่ได้กล่าวมาแล้ว การบ่งชี้ได้ว่า ในดินมีปริมาณธาตุอาหารที่พืชสามารถดูดไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตในแต่ละช่วงฤดูปลูกได้ นอกจากนี้ การปรับสภาพความเป็นกรดด่างของดินให้เหมาะสมยังส่งผลช่วยทำให้มีการปลดปล่อยแคลเซียมที่อยู่ในดินให้ออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อการดูดใช้ของข้าวได้ แต่อย่างไรก็ตาม การปรับสภาพความเป็นกรดด่างของดินที่สูงมากเกินไป (มากกว่า pH 7) อาจเป็นผลทำให้ธาตุฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้เปลี่ยนเป็นสารพวกแคลเซียมฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ยาก จึงมีผลทำให้พืชใช้ได้ในปริมาณที่ลดลง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

3.8 ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินก่อนการทดลองมีค่าเท่ากับ 12.62 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานสมบัติทางเคมีดิน ถือว่า มีอยู่ในดินที่ระดับต่ำมาก คือมีค่าน้อยกว่า 36 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม จากผลการทดลองพบว่า ผลของการจัดการดินด้วยการใช้ปุ๋ยต่างๆ ไม่มีผลทำให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินของการทดลองปีที่ 1 แสดงความแตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินระหว่าง 8.31 – 13.74 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม (ตารางที่ 11) โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราสูงสุด 4 ตันต่อไร่ มีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงสุด 13.74 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ในขณะที่ผลการทดลองในปีที่ 2 แม้ว่า ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินจะไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของการทดลองปีที่ 1 และปีที่ 2 แต่การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราสูงสุดยังคงให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงใกล้เคียงกับวิธีการควบคุม ซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติของเกษตรกร

ทั้งนี้ การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ และกลุ่มการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า ผลของปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเนื่องจากการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์แสดงแนวโน้มให้ค่าน้อยกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ด้วยค่าเฉลี่ย 9.43 และ 11.58 มิลลิกรัมต่อดิน1กิโลกรัม ตามลำดับ ของผลการทดลองในปีที่ 1 และสอดคล้องกับผลการทดลองในปี 2 ซึ่งให้ผลไปในแนวทางเดียวกัน คือ ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินของการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ ด้วยค่าเฉลี่ย 14.41 และ15.63 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ตามลำดับ แม้ว่า ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินจะไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ แต่เป็นที่สังเกตได้ว่า ในทุก

ตำรับการทดลองแสดงค่าปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินที่เพิ่มสูงขึ้นในปีที่ 2 แต่ปริมาณที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวยังจัดอยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำมาก กล่าวคือ ค่าที่เพิ่มสูงขึ้นมา ยังมีค่าต่ำกว่า 36 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ตามเกณฑ์มาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งอาจอธิบายผลการทดลองดังกล่าวได้ว่า ส่วนหนึ่งเป็นผลเนื่องมาจากลักษณะของเนื้อดินที่เป็นดินทราย ซึ่ง ยงยุทธ (2552) ได้กล่าวว่า ปริมาณแมกนีเซียมในดินส่วนมากอยู่ในรูปของหินและแร่ ซึ่งมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้น ที่อยู่ในรูปที่เป็นองค์ประกอบของอินทรียวัตถุ ดังนั้น เมื่อหินและแร่เกิดการสลายตัว จึงปลดปล่อยธาตุนี้ออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ในปริมาณที่แตกต่างตามเนื้อดิน ซึ่งในดินทรายชั้นดินบนจะพบแมกนีเซียมอยู่ในปริมาณที่น้อยมาก คือประมาณ 0.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นดินในพื้นที่ทำการทดลอง จึงมีค่าน้อยกว่าดินที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวที่พบแมกนีเซียมประมาณ 0.50 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณของแมกนีเซียมที่สะสมอยู่ในดินในระดับต่ำ ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจาก การมีปริมาณการดูดใช้เพื่อการเจริญเติบโตของข้าวสูงจึงทำให้มีปริมาณแมกนีเซียมคงเหลืออยู่ในดินน้อย สภาพของดินที่ถูกปรับสภาพให้มีความเป็นกรดเป็นด่างใกล้ค่ากลางหรือมีความเป็นด่างมากขึ้น ทำให้ธาตุแมกนีเซียมมีความเป็นประโยชน์มากขึ้น และขณะเดียวกันหากดินมีไอออน Ca^{2+}, K^{+}, NH_4^{+}, Mn^{2+} และ H^{+} สูงจะทำให้การดูดแมกนีเซียมของพืชลดลง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ในขณะที่ดินที่ไม่มีการจัดการ อาจมีปริมาณการดูดใช้ธาตุแมกนีเซียมต่ำ จึงทำให้มีปริมาณของแมกนีเซียมเหลือมากกว่าได้ นอกจากนี้ การไถกลบฟางข้าวลงดินในปีที่ 1 แสดงปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นในปีที่ 2 ในทุกตำรับทดลอง ซึ่งผลของการจัดการดิน ส่วนหนึ่งมาจากการใช้ปูนโดโลไมท์ และค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่เหมาะสมในช่วงค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.2 จึงทำให้มีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้น แต่ถ้าค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงจนมีสภาพเป็นด่าง จะส่งผลให้ความเป็นประโยชน์ของแมกนีเซียมในดินลดลง และอยู่ในรูปที่ข้าวไม่สามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

4. การเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105

ผลของการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 แสดงดังนี้

4.1 การเจริญเติบโตด้านความสูงต้น

ความสูงของต้นข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เป็นผลจากการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโตด้านความสูง ที่อายุการเก็บเกี่ยวข้าว 120 วัน แสดงความแตกต่างทางสถิติ โดยพบว่า ความสูงต้นเฉลี่ยระหว่าง 120.4 – 129.7 เซนติเมตรของผลการทดลองในปีที่ 1 และความสูงต้นเฉลี่ยระหว่าง 134.0 – 150.2 เซนติเมตรของผลการทดลองในปีที่ 2 ซึ่งทั้ง 2 ปี แสดงผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 12) ทั้งนี้ การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของการทดลองปีที่ 1 และปีที่ 2 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของความสูงแสดงความสัมพันธ์กับปีแต่อย่างใด

เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ และกลุ่มการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ ต้นข้าวแสดงการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นน้อยกว่าตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ด้วยค่าเฉลี่ยความสูงต้นที่อายุการเก็บเกี่ยว 120 วันของผลการทดลองในปีที่ 1 เท่ากับ 121.2 และ 128.5 เซนติเมตร ตามลำดับ และความสูงต้นของผลการทดลองในปีที่ 2 เท่ากับ 139.5 และ 146.8 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 12) ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจาก การจัดการดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ดินมีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ

ข้าวได้ดีขึ้น ทั้งในเรื่องของโครงสร้างของดิน การหมุนเวียนธาตุอาหารพืช ประกอบกับการจัดการดินด้วยปูนโดโลไมท์ ทำให้สภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินเหมาะสมมากขึ้น ธาตุอาหารพืชหลายชนิดถูกปลดปล่อยมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์มากขึ้น ส่งผลให้พืชดูดไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตได้มากขึ้น

ตารางที่ 10 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินปีที่ 1 และ 2

ตำรับ	**ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม)**	
ก่อนการทดลอง	126.56	
หลังการทดลอง	**ปีที่ 1**	**ปีที่ 2**
1. แปลงควบคุม	71.65	97.42
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	76.24	89.35
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	74.28	87.46
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	114.11	81.43
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**88.21**	**86.08**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	95.30	85.46
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	63.78	82.86
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	86.77	87.83
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**81.95**	**85.38**
ค่าเฉลี่ยรวม	**83.16**	**87.40**
F-test	**0.54^{ns}**	**038^{ns}**
CV (%)	**56.0**	**19.5**

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 10 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินของการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมระหว่าง ปี พ.ศ. 2550 ถึง 2552

ตำรับ	ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม)
ก่อนการทดลอง	**126.56**
หลังการทดลอง	**เฉลี่ย**
1. แปลงควบคุม	84.54
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	82.80
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	80.87
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	97.77
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**87.15**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	90.38
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	73.32
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	87.30
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**83.67**
ค่าเฉลี่ยรวม	**85.28**
F-test (ตำรับ)	ns
F-test (ตำรับX**ปี**ทดลอง)	ns
LSD (0.05)	**35.55**
CV **(%)**	**41.1**

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 11 ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินปีที่ 1 และปีที่ 2

ตำรับ	ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม)	
ก่อนการทดลอง	**12.62**	
หลังการทดลอง	**ปีที่ 1**	**ปีที่ 2**
1. แปลงควบคุม	9.97	19.16
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	9.71	14.12
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	10.29	15.70
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	8.31	13.41
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**9.43**	**14.41**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	12.61	14.60
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	8.38	14.72
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	13.74	17.59
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**11.58**	**15.63**
ค่าเฉลี่ยรวม	**10.43**	**15.61**
F-test	**2.24^{ns}**	**2.02^{ns}**
CV (%)	**26.3**	**18.5**

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 11 ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินของการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมระหว่างปี พ.ศ. 2550 ถึง 2552

ตำรับ	ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม)
ก่อนการทดลอง	**12.62**
หลังการทดลอง	**เฉลี่ย**
1. แปลงควบคุม	14.57
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	11.92
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	12.99
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	10.86
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**11.92**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	13.61
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	11.55
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	15.67
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**13.61**
ค่าเฉลี่ยรวม	**13.02**
F-test (ตำรับ)	*
F-test (ตำรับX**ปี**ทดลอง)	ns
LSD (0.05)	**2.855**
CV **(%)**	**21.6**

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 12 ความสูงต้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในปีที่ 1 และปีที่ 2

ตำรับ	ความสูงต้น (เซนติเมตร)	
	ปีที่ 1	ปีที่ 2
1. แปลงควบคุม	120.4c	134.0d
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	120.7c	135.0c
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	120.4c	144.5ab
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	122.5bc	139.1c
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**121.2**	**139.5**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	128.4a	141.8bc
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	129.7a	148.4a
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	127.4ab	150.2a
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**128.5**	**146.8**
ค่าเฉลี่ยรวม	**124.2**	**141.9**
F-test	**	**
CV (%)	2.57	2.79

** คือ แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ตัวอักษรที่เหมือนกันของค่าเฉลี่ย หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 12 ความสูงต้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมระหว่างปี พ.ศ. 2550 ถึง 2552

ตำรับ	ความสูงต้น (เซนติเมตร)
1. แปลงควบคุม	127.20ab
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	127.85ab
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	132.45 b
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	130.80ab
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**130.35**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	135.10a
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	139.05 b
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	138.8ab
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**137.65**
ค่าเฉลี่ยรวม	**133.05**
F-test (ตำรับ)	**
F-test (ตำรับXปีทดลอง)	ns
LSD (0.05)	9.09
CV (%)	4.16

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
** หมายถึง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

4.2 ผลผลิต และคุณภาพผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105

4.2.1 เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี

เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดการดินด้วยปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ นำมาใช้ในการประเมินผลของการใช้ปุ๋ย ชนิดและอัตราต่างๆ พบว่า ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีแสดงความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลองทั้ง 2 ปี รวมทั้ง การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของการทดลองปีที่ 1 และปีที่ 2 ทั้งนี้ ข้าวแต่ละตำรับการทดลองมีค่าเฉลี่ยเมล็ดดีอยู่ระหว่าง 93.48-95.61 เปอร์เซ็นต์ ของผลการทดลองในปีที่ 1 และแสดงแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีที่ดีขึ้นในปีที่ 2 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 95.77 – 97.66 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 13)

สอดคล้องกับการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของชนิดปุ๋ยที่ใช้ คือ เมื่อพิจารณาระหว่างกลุ่มการใช้ปุ๋ย อนินทรีย์ และกลุ่มการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ แม้จะไม่พบความแตกต่างทางสถิตระหว่างกลุ่มของตำรับการทดลองดังกล่าว แต่แสดงให้เห็นแนวโน้มได้ว่า การใช้ปุ๋ยอนินทรีย์มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่ำกว่ากลุ่มการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ด้วยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี เท่ากับ 94.20 และ 94.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ของผลการทดลองในปีที่ 1 และเท่ากับ 96.59 และ 97.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ของผลการทดลองในปีที่ 2 จึงอาจกล่าวได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยทำ

ให้ดินมีความเหมาะสม ส่งผลให้ข้าวมีการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์มีการสะสมน้ำหนักในเมล็ดดี ซึ่งแสดงในลักษณะของเมล็ดดีในเปอร์เซ็นต์ที่สูง

ตารางที่ 13 เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปีที่ 1 และปีที่ 2

ตำรับ	เมล็ดดี (เปอร์เซ็นต์)	
	ปีที่ 1	ปีที่ 2
1. แปลงควบคุม	95.61	97.01
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	93.48	96.97
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	94.77	97.02
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	94.36	95.77
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**94.20**	**96.59**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	94.25	96.97
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	95.23	97.66
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	95.15	96.96
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**94.88**	**97.20**
ค่าเฉลี่ยรวม	**94.69**	**96.91**
F-test	0.31^{ns}	0.95^{ns}
CV (%)	2.7	1.2

ns หมายถึง ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 13 เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมระหว่างปี พ.ศ. 2550 ถึง 2552

ตำรับ	เมล็ดดี (เปอร์เซ็นต์)
1. แปลงควบคุม	96.31
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	95.23
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	95.90
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	95.07
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**95.40**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	95.62
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	96.45
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	96.06
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**96.04**
ค่าเฉลี่ยรวม	**95.80**
F-test (ตำรับ)	ns
F-test (ตำรับX**ปี**ทดลอง)	ns
CV **(%)**	2.09

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.2.2 น้ำหนัก 100 เมล็ด

การประเมินน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดการดินด้วยปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า ผลการทดลองในปี 1 น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 แสดงความแตกต่างทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของน้ำหนัก 100 เมล็ดของผลการทดลองในปีที่ 2 ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปีที่ 1 มีค่าระหว่าง 2.65 – 2.86 กรัม และมีค่าระหว่าง 2.73- 2.86 กรัม ของผลการทดลองปีที่ 2 ปี ทั้งนี้ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แสดงแนวโน้มมีน้ำหนัก 100 เมล็ดเพิ่มสูงขึ้นในปีที่ 2 ด้วยค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวในปีที่ 1 และปีที่ 2 เท่ากับ 2.75 และ 2.79 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 14) สอดคล้องกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของการทดลองปีที่ 1 และปีที่ 2 ที่พบความแตกต่างทางสถิติของน้ำหนัก 100 เมล็ดแสดงค่าปฏิสัมพันธ์กับปี ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า ผลการทดลองในปีที่ 2 ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน สอดคล้องกับรายงานของ **Ebaid and El-Refaee, 2007)** พบว่า ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวเพิ่มสูงขึ้นเมื่อใช้แกลบ (**rice husk)** เป็นปุ๋ยอินทรีย์

ผลการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตำรับการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ และกลุ่มการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตำรับการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์มีน้ำหนัก 100 เมล็ดน้อยกว่ากลุ่มตำรับการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ด้วยค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 100 เมล็ด เท่ากับ 2.69 และ 2.81 กรัม ตามลำดับ ของผลการ

ทดลองปีที่ 1 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.76 และ 2.84 กรัม ตามลำดับของผลการทดลองปีที่ 2 จึงอาจกล่าวได้ว่าสภาพแปลงนาข้าวมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้น ด้วยวิธีการจัดการดินต่างๆ ได้แก่ การใช้ปูนโดโลไมท์เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้เพิ่มสูงขึ้น การไถกลบฟางข้าวลงดิน และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งการปฏิบัติดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้ดินมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าว มีการหมุนเวียนธาตุอาหารที่จำเป็นและอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อข้าวเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 14 น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปีที่ 1 และปีที่ 2

ตำรับ	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	
	ปีที่ 1	ปีที่ 2
1. แปลงควบคุม	2.74	2.73
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	2.72	2.77
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	2.70	2.73
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	2.65	2.79
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**2.69**	**2.76**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	2.76	2.84
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	2.81	2.83
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	2.86	2.86
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**2.81**	**2.84**
ค่าเฉลี่ยรวม	**2.75**	**2.79**
F-test	5.32**	0.89ns
CV (%)	2.00	3.4

ns หมายถึง ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ

** คือ แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ตารางที่ 14 น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมระหว่างปี พ.ศ. 2550 ถึง 2552

ตำรับ	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)
1. แปลงควบคุม	2.74
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	2.75
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	2.72
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	2.72
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**2.73**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	2.80
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	2.82
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	2.86
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**2.83**
ค่าเฉลี่ยรวม	**2.77**
F-test (ตำรับ)	ns
F-test (ตำรับX**ปี**ทดลอง)	*
LSD (0.05)	0.111
CV **(%)**	2.80

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
* หมายถึง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

4.2.3 ผลผลิตต่อไร่

ผลผลิตต่อไร่ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดการดินด้วยปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ ของผลการทดลองปีที่ 1 โดยพบว่า มีช่วงผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย ระหว่าง 237.5 – 317.5 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ผลผลิตต่อไร่ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของผลการทดลองในปีที่ 2 แสดงความแตกต่างทางสถิติ ด้วยผลผลิตต่อไร่สูงสุด 393.8 กิโลกรัมต่อไร่ ของตำรับการทดลองที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัตราสูงสุด 4 ตันต่อไร่ ซึ่งไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรารองลงไป และการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ในอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่เช่นเดียวกัน ด้วยผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 387.5 และ 382.1 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยทุกตำรับการทดลองของผลการทดลองปีที่ 2 แสดงแนวโน้มให้ผลผลิตผลิตต่อไร่ที่สูงขึ้น ด้วยค่าเฉลี่ยรวมของผลผลิตต่อไร่ปีที่ 1 และปีที่ 2 เท่ากับ 282.1 และ 353.9 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 15) ทั้งนี้ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของการทดลองปีที่ 1 และปีที่ 2 แสดงความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตำรับการทดลองกับปีที่ทำการทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในปีที่ 2 เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ผลผลิตที่สูงกว่าการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ดังเหตุผลและรายงานการทดลองต่างๆ ที่ผ่านมา ของ **BARC**, 2005**;** Azim *et al.*, 1999; Sharma *et al.*, 2000; Islam *et al.*, 2012; Romero, 2014)

เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตำรับการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ และกลุ่มการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ แม้ว่า จะไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทั้งผลการทดลองปีที่ 1 และผลการทดลองปีที่ 2 แต่แสดงแนวโน้มให้เห็นว่า กลุ่มตำรับการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์มีผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยต่ำกว่ากลุ่มตำรับการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ด้วยค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อไร่ เท่ากับ 280.8 และ 298.3 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ของผลการทดลองปีที่ 1 และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 357.8 และ 353.9 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ของผลการทดลองปีที่ 2 จึงอาจกล่าวได้ว่า การจัดการดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ดังกล่าว มีผลทำให้สภาพแปลงนาข้าวมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับการจัดการดินด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ การใช้ปูนโดโลไมท์เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้เพิ่มสูงขึ้น การไถกลบฟางข้าวลงดิน และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เป็นการเสริมให้ดินมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าว มีการหมุนเวียนธาตุอาหารที่จำเป็นและอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อข้าวเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการดูดธาตุอาหารไปใช้ได้ดีขึ้น ทำให้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 15 ผลผลิตต่อไร่ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปีที่ 1 และปีที่ 2

ตำรับ	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	
	ปีที่ 1	**ปีที่ 2**
1. แปลงควบคุม	237.5	286.5
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	280.0	382.1
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	300.0	338.5
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	262.5	351.2
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**280.8**	**357.8**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	307.5	387.5
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	270.0	337.3
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	317.5	393.8
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**298.3**	**372.9**
ค่าเฉลี่ยรวม	**282.1**	**353.9**
F-test	0.81^{ns}	1.06^{**}
CV (%)	22.2	10.7

ns หมายถึง ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ

** คือ แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ตารางที่ 15 ผลผลิตต่อไร่ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมระหว่างปี พ.ศ. 2550 ถึง 2552

ตำรับ	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)
1. แปลงควบคุม	262.0
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	331.1
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	319.3
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	306.9
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**319.3**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	347.5
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	303.7
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	355.7
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**335.6**
ค่าเฉลี่ยรวม	**318.0**
F-test (ตำรับ)	*
F-test (ตำรับX**ปี**ทดลอง)	ns
LSD (0.05)	80.72
CV **(%)**	16.27

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
* หมายถึง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

4.2.4 ปริมาณอมิโลส (amylose content)

คุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดการดินด้วยปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ ประเมินจากคุณภาพของข้าว ดังนี้ ปริมาณอมิโลสเป็นลักษณะที่สำคัญลักษณะหนึ่งที่ใช้บ่งชี้คุณภาพข้าว โดยปริมาณอมิโลสที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวจะส่งผลต่อความร่วนแข็ง มีความเหนียวนุ่มน้อย และแข็งตัวเมื่อข้าวสุกเย็นลง หรือยังคงความอ่อนนุ่มเหนียวติดกันของเมล็ดข้าวสุกเมื่อเย็นลงได้ และส่งผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการหุงต้มได้ (Juliano, 1985) ทั้งนี้ ข้าวที่มีลักษณะอ่อนนุ่มจะมีเปอร์เซ็นต์แป้งอมิโลสในเมล็ดน้อย คือ จัดอยู่ในกลุ่มข้าวที่มีปริมาณอมิโลสต่ำ หรือต่ำกว่าค่าปริมาณอมิโลส ระหว่าง 10-20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งข้าวสุกจะมีลักษณะเหนียวนุ่ม ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ปริมาณอมิโลสในทุกตำรับการทดลอง ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณอมิโลสอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และแสดงค่าปริมาณอมิโลสอยู่ระหว่าง 15.85 – 16.06 เปอร์เซ็นต์ ของผลการทดลองในปีที่ 1 และค่าเฉลี่ยปริมาณอมิโลส อยู่ระหว่าง 16.22 – 16.50 เปอร์เซ็นต์ ของผลการทดลองในปีที่ 2 (ตารางที่ 16) และสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของการทดลองในปีที่ 1 และปีที่ 2 ที่ให้ผลเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ทั้งนี้ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปฏิสัมพันธ์ระหว่างตำรับการทดลองและปีที่ทำการทดลอง

สอดคล้องกับการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของชนิดปุ๋ยที่ใช้ คือ เมื่อพิจารณาระหว่างกลุ่มการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ และกลุ่มการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ แม้จะไม่พบความแตกต่างทางสถิตระหว่างกลุ่มของตำรับการทดลองดังกล่าว แต่แสดงให้เห็นแนวโน้มได้ว่า การใช้ปุ๋ยอนินทรีย์มีเปอร์เซ็นต์ปริมาณอมิโลสในข้าวสูงกว่ากลุ่มการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ คือ มีค่าเฉลี่ยปริมาณอมิโลสของกลุ่มการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ และกลุ่มการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เท่ากับ15.92 และ 15.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ของผลการทดลองในปีที่ 1 และเท่ากับ 16.35 และ 16.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับของผลการทดลองในปีที่ 2 จึงอาจกล่าวได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยทำให้ดินมีความเหมาะสมต่อการคงคุณลักษณะคุณภาพของปริมาณอมิโลสที่ส่งผลต่อคุณภาพในการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทำให้ข้าวสุกยังคงคุณภาพความอ่อนเหนียวนุ่มของข้าวสุกไว้ได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์

ตารางที่ 16 ปริมาณอมิโลสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปีที่ 1 และปีที่ 2

ตำรับ	ปริมาณอมิโลส (เปอร์เซ็นต์)	
	ปีที่ 1	ปีที่ 2
1. แปลงควบคุม	15.98	16.28
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	15.85	16.32
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	16.06	16.50
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	15.85	16.22
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**15.92**	**16.35**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	15.86	16.26
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	15.96	16.39
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	15.87	16.27
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**15.89**	**16.30**
ค่าเฉลี่ยรวม	**15.91**	**16.32**
F-test	0.24^{ns}	0.94^{ns}
CV (%)	2.0	1.3

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 16 ปริมาณอมิโลสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมระหว่าง ปี พ.ศ. 2550 ถึง 2552

ตำรับ	ปริมาณอมิโลส (เปอร์เซ็นต์)
1. แปลงควบคุม	16.13
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	16.09
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	16.28
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	16.04
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**16.14**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	16.06
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	16.18
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	16.07
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**16.10**
ค่าเฉลี่ยรวม	**16.22**
F-test (ตำรับ)	ns
F-test (ตำรับX**ปี**ทดลอง)	ns
LSD (0.05)	-
CV **(%)**	1.72

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.2.5 ค่าความคงตัวของแป้งสุก (gel consistancy)

ค่าความคงตัวของแป้งสุก เป็นผลจากปริมาณอมิโลสในเมล็ดที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณภาพที่แตกต่างกัน เมื่อข้าวสุกเย็นตัวจะมีความแข็ง หรือความคงตัวแตกต่างกัน ข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน จะนุ่มกว่าข้าวพันธุ์ที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็ง (งามชื่น, 2531) โดยการต้มแป้งในสารละลายเบสแล้วทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้องและวัดระยะทางที่แป้งไหลไปเมื่อวางบนพื้นราบ (สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ, 1972) ข้าวที่มีค่าความคงตัวของแป้งสุกสูง คือ มีระยะทางที่น้ำแป้งไหลไปในแนวนอนระหว่าง 61 -100 มิลลิเมตร จะจัดว่า เป็นข้าวอ่อนนุ่ม ซึ่งคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะจัดอยู่ในกลุ่มข้าวที่มีค่าความคงตัวของแป้งสุกอ่อน

ผลการทดลอง พบว่า ตำรับการทดลองด้วยวิธีการจัดการดินด้วยปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์อัตราต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพทางเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในด้านความคงตัวของแป้งสุกไม่แตกต่างทางสถิติ ของผลการทดลองในปีที่ 1 และปีที่ 2 โดยมีค่าเฉลี่ยความคงทนของแป้งสุกอยู่ในช่วง 81.00- 87.00 มิลลิเมตร ของผลการทดลองในปีที่ 1 และค่าเฉลี่ยความคงทนของแป้งสุกอยู่ในช่วง 80.00- 81.50 มิลลิเมตร ของผลการทดลองในปีที่ 2 (ตารางที่ 17) และสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของการทดลองในปีที่ 1 และปีที่ 2 ที่ให้ผลเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ทั้งนี้ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปฏิสัมพันธ์ระหว่างตำรับการทดลองและปีที่ทำการทดลอง

สอดคล้องกับการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของชนิดปุ๋ยที่ใช้ คือ เมื่อพิจารณาระหว่างกลุ่มการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ และกลุ่มการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า ระหว่างกลุ่มตำรับการทดลองการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีผลทำให้ค่าความคงทนของแป้งสุกแตกต่างกันทางสถิติของการทดลองในปีที่ 1 กล่าวคือ การใช้ปุ๋ย อนินทรีย์ให้ค่าความคงทนของแป้งสุกที่มีความอ่อนนุ่มมากกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ด้วยค่าเฉลี่ย 85.00 และ 81.58 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ผลการทดลองในปีที่ 2 ค่าความคงทนของแป้งสุก ระหว่างกลุ่มตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ ด้วยค่าเฉลี่ยความคงทนของแป้งสุก 80.75 และ 81.00 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารให้แก่พืชมีผลต่อสมบัติทางเคมีของเมล็ดข้าวที่แสดงความผันแปรของสมบัติในด้านค่าความคงทนของแป้งสุกที่น้อยกว่ากลุ่มตำรับการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ ดังเช่นผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ หรือปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีส่วนช่วยให้ดินมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน จึงส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดินหลายชนิดและส่งผลต่อการที่พืชสามารถดูดธาตอาหารดังกล่าวไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตได้ จึงอาจกล่าวได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยทำให้ดินมีความเหมาะสมต่อการคงคุณลักษณะทางเคมีของค่าความคงทนของแป้งสุกที่ส่งผลต่อคุณภาพในการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทำให้ข้าวสุกยังคงคุณภาพความอ่อนนุ่มของข้าวสุกไว้ได้ดี เช่นเดียวกับลักษณะปริมาณอมิโลสในเมล็ดข้าว

ตารางที่ 17 ค่าความคงตัวของแป้งสุก(gel consistency) ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปีที่ 1 และปีที่ 2

ตำรับ	ค่าความคงตัวของแป้งสุก (มิลลิเมตร)	
หลังการทดลอง	**ปีที่ 1**	**ปีที่ 2**
1. แปลงควบคุม	83.50	81.00
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	84.25	81.50
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	87.00	80.75
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	83.75	80.00
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**85.00**	**80.75**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	81.75	80.50
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	82.00	81.50
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	81.00	81.00
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**81.58**	**81.00**
ค่าเฉลี่ยรวม	**83.32**	**80.89**
F-test	**1.15^{ns}**	**0.58^{ns}**
CV (%)	**4.5**	**1.7**

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 17 ค่าความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม ระหว่างปี พ.ศ. 2550 ถึง 2552

ตำรับ	ค่าความคงตัวของแป้งสุก (มิลลิเมตร)
1. แปลงควบคุม	82.250
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	82.875
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	83.875
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	81.875
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**82.875**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	81.125
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	81.750
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	81.000
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**81.290**
ค่าเฉลี่ยรวม	**82.105**
F-test (ตำรับ)	ns
F-test (ตำรับX**ปี**ทดลอง)	ns
LSD (0.05)	-
CV **(%)**	3.44

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.2.6 ค่าการสลายของเมล็ดในด่าง (alkali test)

ใช้ในการประเมินลักษณะทางเคมีของเมล็ดข้าว เป็นการประเมินอุณหภูมิของแป้งสุก (gelatinization temperature) หมายถึง อุณหภูมิที่ทำให้แป้งในเมล็ดข้าวสาร กลายสภาพเป็นเจล ซึ่งอุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ในการหุงต้ม ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูงจะใช้เวลาในการหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำกว่า (งามชื่น, 2531) ทั้งนี้ การประเมินระดับอุณหภูมิแป้งสุกสามารถใช้วิธีการสลายเมล็ดข้าวในด่าง (alkali test) ซึ่งการทดลองในครั้งนี้ ใช้วิธีการแช่เมล็ดข้าวสารในสารละลายด่างโพแทสเซียม-ไฮดรอกไซด์ 1.7 % เป็นเวลา 23 ชั่วโมง แล้วใช้ค่าการสลายของเมล็ดที่ปรากฏ ในการประเมินระดับอุณหภูมิแป้งสุก ซึ่งผลการทดลอง พบว่า ทุกตำรับการทดลองของวิธีการจัดการดินด้วยปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์อัตราต่างๆ ต่อคุณภาพทางเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในด้านอุณหภูมิของแป้งสุกที่มีการประเมินจากค่าการสลายของเมล็ดในด่าง ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ ทั้งผลการทดลองในปีที่ 1 และปีที่ 2 โดยมีค่าเฉลี่ยของค่าการสลายของเมล็ดในด่างที่ไม่แสดงความผันแปร คือ มีค่าการประเมินเท่ากับ 7.00 ทั้งผลการทดลองปีที่ 1 และผลการทดลองปีที่ 2 (ตารางที่ 18) และสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของการทดลองในปีที่ 1 และปีที่ 2 ที่ให้ผลเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ทั้งนี้ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปฏิสัมพันธ์ระหว่างตำรับการทดลองและปีที่ทำการทดลอง

ซึ่งผลการทดลองที่ได้ สอดคล้องกับการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตำรับการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์และกลุ่มการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า ความแตกต่างของปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ไม่มีผลทำให้ค่าการสลายของเมล็ดในด่างแสดงความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งผลที่ได้ดังกล่าว ส่วนหนึ่งเป็นผลเนื่องมาจาก วิธีการประเมินค่าการสลายของเมล็ดในด่าง ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญในการใช้สายตาเพื่อประเมินความแตกต่างที่เกิดขึ้น และอีกส่วนหนึ่งเป็นผลเนื่องมาจากลักษณะดังกล่าว มีความผันแปรน้อย และมีความสัมพันธ์กับปริมาณอมิโลสในเมล็ดข้าว ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญและส่งผลต่อคุณลักษณะการสลายของเมล็ดในด่าง ตลอดจนคุณลักษณะอื่นๆ ที่เป็นคุณภาพการหุงต้มของข้าว เช่นกัน (ละมุล, 2555) ซึ่งพบว่า ปริมาณ อมิโลสที่วิเคราะห์ได้มีค่าใกล้เคียงกันมาก และไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติดังที่ได้รายงานมาแล้ว

ระยะเวลาที่ใช้ในการหุงต้มข้าวเป็นลักษณะหนึ่งที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของข้าว การประเมินค่าการสลายเมล็ดในด่าง ใช้ในการประเมินค่าอุณหภูมิแป้งสุก ซึ่งสภาพแวดล้อมในช่วงที่ข้าวสุกแก่ใกล้จะเก็บเกี่ยวจะส่งผลต่อการสะสมแป้งในเมล็ดข้าว ทำให้แป้งที่สะสมในเมล็ดข้าวมีอุณหภูมิแป้งสุกที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ โดยทั่วไปตลาดต้องการพันธุ์ข้าวที่มีค่าอุณหภูมิแป้งสุกปานกลาง คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 70-74 องศาเซลเซียส ซึ่งเท่ากับค่าการสลายของเมล็ดในด่างเท่ากับ 4-5

ตารางที่ 18 ค่าการสลายเมล็ดในด่างของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของปีที่ 1 และปีที่ 2

ตำรับ	**ค่าการสลายเมล็ดในด่าง**	
หลังการทดลอง	ปีที่ 1	ปีที่ 2
1. แปลงควบคุม	7.00	7.00
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	7.00	7.00
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	7.00	7.00
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	7.00	7.00
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**7.00**	**7.00**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	7.00	7.00
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	7.00	7.00
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	7.00	7.00
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยคอก	**7.00**	**7.00**
ค่าเฉลี่ยรวม	**7.00**	**7.00**
F-test	**ns**	**ns**
CV (%)	**0.0**	**0.0**

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 18 ค่าการสลายเมล็ดในด่างของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมระหว่างปี พ.ศ. 2550 ถึง 2552

ตำรับ	ค่าการสลายเมล็ดในด่าง
1. แปลงควบคุม	7.00
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	7.00
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	7.00
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	7.00
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**7.00**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	7.00
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	7.00
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	7.00
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**7.00**
ค่าเฉลี่ยรวม	**7.00**
F-test (ตำรับ)	ns
F-test (ตำรับX**ปี**ทดลอง)	ns
LSD (0.05)	-
CV **(%)**	-

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
** หมายถึง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

4.2.7 การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (elongation ratio)

คุณภาพของข้าวที่สำคัญอีกลักษณะ คือ การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก เป็นลักษณะของเมล็ดข้าวที่เกิดขึ้นในระหว่างการหุงต้ม ว่ามีความสามารถในการขยายตัวของเมล็ดได้มากน้อยแค่ไหน การขยายตัวของเมล็ดข้าวจะเกิดขึ้นในทุกด้านของเมล็ด โดยเฉพาะด้านยาว คุณลักษณะนี้เป็นคุณภาพพิเศษของข้าว ซึ่งจะช่วยเสริมให้เมล็ดข้าวสุกขยายมากขึ้น (งามชื่น, 2531) และหากข้าวสุกไม่เหนียวติดกัน การขยายตัวของข้าวสุกจะช่วยให้ข้าวขึ้นหม้อดีขึ้น เพราะการขยายตัวทำให้เนื้อข้าวโปร่งไม่อัดแน่น ช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้น ด้วยเหตุนี้ ข้าวบาสมาติ 370 ซึ่งเป็นข้าวอมิโลสปานกลาง แต่มีการยืดตัวดีมาก จึงเป็นที่นิยมในตะวันออกกลาง อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก คำนวณได้จากสัดส่วนของความยาวของข้าวสุกต่อความยาวของข้าวสาร หรือคำนวณจากสูตรของ Juliano and Perez (1984) โดยใช้ค่าความยาวเฉลี่ยของข้าวสุก 10 เมล็ด ต่อความยาวเฉลี่ยของข้าวสาร 10 เมล็ด

ผลการทดลอง พบว่า การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของตำรับการทดลอง ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ โดยมีอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกเฉลี่ยระหว่าง 1.65-1.71 ของผลการทดลองในปีที่ 1 และอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกเฉลี่ยระหว่าง 1.66 – 1.69 ของผลการทดลองในปีที่ 2 (ตารางที่ 19) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ลักษณะดังกล่าวมีความผันแปรน้อยและเป็นลักษณะประจำพันธุ์ข้าวที่สำคัญ เช่นเดียวกับผลการ

วิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของการทดลองในปีที่ 1 และปีที่ 2 ที่ให้ผลเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปฏิสัมพันธ์ระหว่างตำรับการทดลองและปีที่ทำการทดลองด้วยเช่นกัน

สอดคล้องกับการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการใช้ปุ๋ย กล่าวคือ กลุ่มการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ และกลุ่มการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกเช่นเดียวกัน ทั้งนี้ อัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นทั้งในปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ไม่มีผลทำให้อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกแสดงความแตกต่างทางสถิติ และพบความผันแปรในลักษณะดังกล่าวน้อย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Juliano (1985) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ข้าวที่มีปริมาณอมิโลสสูง ข้าวหุงสุกจะยิ่งแข็ง และมีการขยายปริมาตรของข้าวหุงสุกมากขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งจากผลการทดลอง ที่พบว่า อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกแสดงความผันแปรในลักษณะดังกล่าวน้อยมาก ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณอมิโลสที่มีอยู่ในเมล็ดที่ความผันแปรน้อยเช่นเดียวกัน โดยไม่พบว่า อิทธิพลของปุ๋ยที่ทำการศึกษาส่งผลให้ค่าปริมาณอมิโลสในเมล็ดแสดงความผันแปรแตกต่างทางสถิติเช่นเดียวกับอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก ซึ่งลักษณะทั้งสองมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน โดยพบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกจากกลุ่มการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ และกลุ่มการใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเท่ากับ 1.68 และ 1.69 ตามลำดับ ของผลการทดลองในปีที่ 1 และเท่ากับ 1.67 และ 1.67ตามลำดับ ของผลการทดลองในปีที่ 2 (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปีที่ 1 และปีที่ 2

ตำรับ	การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก	
	ปีที่ 1	ปีที่ 2
1. แปลงควบคุม	1.65	1.66
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	1.67	1.66
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	1.68	1.66
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	1.68	1.68
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**1.68**	**1.67**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	1.69	1.69
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	1.67	1.67
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	1.71	1.67
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**1.69**	**1.67**
ค่าเฉลี่ยรวม	**1.68**	**1.68**
F-test	1.05^{ns}	1.46^{ns}
CV (%)	2.1	1.2

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 19 การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมระหว่างปี พ.ศ. 2550 ถึง 2552

ตำรับ	การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก
1. แปลงควบคุม	1.66
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	1.66
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	1.67
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	1.68
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**1.68**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	1.69
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	1.67
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	1.69
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**1.68**
ค่าเฉลี่ยรวม	**1.68**
F-test (ตำรับ)	ns
F-test (ตำรับX**ปี**ทดลอง)	ns
LSD (0.05)	-
CV **(%)**	1.70

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.2.8 ความหอม (aroma)

ความหอมเป็นลักษณะที่สำคัญลักษณะหนึ่งของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ความหอมในข้าวเกิดจากสารระเหยหลายร้อยชนิด แต่ในข้าวหอมจะมีสาร 2-acetyl-1-pyrroline มากกว่าข้าวโดยทั่วไป กล่าวคือ ข้าวสารหอม 1 กรัม จะมีสารชนิดนี้อยู่ 0.04 – 0.09 ไมโครกรัม และข้าวกล้อง 1 กรัม มีอยู่ 0.1-0.2 ไมโครกรัม และใบเตย 1 กรัม มีสารหอมนี้อยู่ 1 ไมโครกรัม (Yajima *et. al.,* 1978) ซึ่งการประเมินความหอมของการทดลองในครั้งนี้ ใช้ประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบในการชิมข้าวและให้คะแนนความชอบต่อความหอมในระดับหอมน้อย (คะแนนเท่ากับ 1) หอมปานกลาง (คะแนนเท่ากับ 2) และหอมมาก (คะแนนเท่ากับ 3) ตามวิธีการให้คะแนนที่ดัดแปลงมาจากขนิษฐา (2540) และ Wanchana *et.al*. (2005)

ผลการทดลองพบว่า คะแนนความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดการดินด้วยปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ ทั้งผลการทดลองปีที่ 1 และผลการทดลองปีที่ 2 โดยพบว่ามีช่วงคะแนนความหอมเฉลี่ยไปทางด้านหอมปานกลางถึงหอมมากด้วยคะแนนระหว่าง 2.25 – 2.75 ของผลการทดลองในปีที่ 1 และมีช่วงความหอมเฉลี่ยไปทางด้านหอมน้อยถึงหอมปานกลางด้วยคะแนน ระหว่าง 1.25 – 1.75 ของผลการทดลองในปีที่ 2 (ตารางที่ 20) เช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของการทดลอง

ในปีที่ 1 และปีที่ 2 ที่ให้ผลเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปฏิสัมพันธ์ระหว่างตำรับการทดลองและปีที่ทำการทดลองด้วยเช่นกัน

เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตำรับการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ และกลุ่มการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ แม้ว่า จะไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทั้งผลการทดลองปีที่ 1 และผลการทดลองปีที่ 2 แต่แสดงแนวโน้มให้เห็นว่า กลุ่มตำรับการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์มีคะแนนความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ต่ำกว่ากลุ่มตำรับการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ด้วยคะแนนความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เท่ากับ 2.50 และ 2.66 คะแนน ตามลำดับ ของผลการทดลองปีที่ 1 และค่าคะแนนความหอมเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 และ 1.58 คะแนน ตามลำดับ ของผลการทดลองปีที่ 2 จึงอาจกล่าวได้ว่า การจัดการดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ดังกล่าว มีผลทำให้สภาพแปลงนาข้าวมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับการจัดการดินด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ การใช้ปูนโดโลไมท์เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้เพิ่มสูงขึ้น การไถกลบฟางข้าวลงดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ จึงเป็นการเสริมให้ดินมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าว และทำให้ข้าวแสดงความหอมได้ดีกว่าการปลูกข้าวด้วยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์

ตารางที่ 20 ความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปีที่ 1 และปีที่ 2

ตำรับ	ระดับความหอม	
หลังการทดลอง	ปีที่ 1	ปีที่ 2
1. แปลงควบคุม	2.50	1.50
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	2.50	1.50
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	2.75	1.75
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	2.25	1.25
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**2.50**	**1.50**
ตำรับที่ 5 ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	2.50	1.25
ตำรับที่ 6 ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	2.75	1.75
ตำรับที่ 7 ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	2.75	1.75
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**2.66**	**1.58**
ค่าเฉลี่ยรวม	**2.57**	**1.53**
F-test	0.35^{ns}	1.31^{ns}
CV (%)	23.7	25.6

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 20 ความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมระหว่าง ปี พ.ศ. 2550 ถึง 2552

ตำรับ	ระดับความหอม
1. แปลงควบคุม	2.00
2. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่	2.00
3. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่	2.25
4. ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่	1.75
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์	**2.00**
5. ปุ๋ยคอก อัตรา 3 ตัน/ไร่	1.87
6. ปุ๋ยคอก อัตรา 2 ตัน/ไร่	2.25
7. ปุ๋ยคอก อัตรา 4 ตัน/ไร่	2.25
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	**2.12**
ค่าเฉลี่ยรวม	**2.05**
F-test (ตำรับ)	ns
F-test (ตำรับX**ปี**ทดลอง)	ns
LSD (0.05)	-
CV **(%)**	24.90

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน ระยะเวลาดำเนินการ 2 ปี สรุปได้ ดังนี้

1. การใช้ปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน พบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ดินมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ดีขึ้น ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงขึ้นจากสภาพดินที่เป็นดินกรดจัด (pH น้อยกว่า 5.1) มาเป็นดินที่มีสภาพความเป็นกรดเป็นด่างที่มีค่าpH สูงขึ้น และดินมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนเพิ่มสูงขึ้น แต่ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินไม่แตกต่างกัน

2. การใช้ปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์มีผลทำให้การเจริญเติบโต และผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 แตกต่างกัน โดยปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ความสูงต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตต่อไร่สูงกว่าการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี

3. คุณภาพการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งประเมินจากลักษณะทางเคมีของเมล็ดข้าว ประกอบด้วย ปริมาณอมิโลส ค่าความคงตัวของแป้งสุก อุณหภูมิของแป้งสุกจากค่าการสลายของเมล็ดในด่าง อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก และความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่า ผลจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่แสดงให้เห็นแนวโน้มว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ลักษณะดังกล่าวดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. การสนับสนุนให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นแนวทางหนึ่งที่นำไปสู่กระบวนการพัฒนาการผลิตสู่ระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ ที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคด้านความปลอดภัยของอาหาร สุขอนามัยของผู้ผลิตและผู้บริโภค ซึ่งเป็นตลาดความต้องการที่มีการเติบโตเพิ่มมากขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ

2. การส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ด้วยการผลิตไว้ใช้เองโดยใช้วัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นและชุมชน ซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิต เพิ่มความสามารถในการแข่งขันของสินค้าเกษตรของประเทศได้

3. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ นอกจากใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารพืชที่ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพิ่มอินทรียวัตถุในดิน ช่วยพัฒนาโครงสร้างดิน อนุภาคดินจับตัวเป็นเม็ดดินที่มีความเสถียรเพิ่มขึ้น ดินมีการหมุนเวียนธาตุอาหารพืช มีการปลดปล่อยและกักเก็บได้อย่างเหมาะสม และทำให้ดินทำหน้าที่เอื้อต่อการปลูกพืชได้ดีขึ้น

4. การสนับสนุนให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นแนวทางการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืน ช่วยรักษาและฟื้นฟูทรัพยากรที่ดินไม่ให้เกิดความเสื่อมโทรมมากขึ้น

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ด้านวิชาการ ได้แนวทางการจัดการดินที่เหมาะสมเพื่อการปรับปรุงบำรุงดินสำหรับการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในชุดดินเรณู ซึ่งเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ สำหรับสนับสนุนแนวทางการผลิตระบบเกษตรอินทรีย์

2. ด้านนโยบายและงบประมาณ ใช้เป็นแนวทางการดำเนินนโยบายเพื่อส่งเสริมการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ด้วยการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ไว้ใช้เอง เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกรต่อการเปิดประเทศสู่ประชาคมอาเซียน

3. ด้านเศรษฐกิจสังคมและสิ่งแวดล้อม การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในพื้นที่เพาะปลูกเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยรักษาฟื้นฟูทรัพยากรที่ดินไม่ให้เกิดการเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็ว เกษตรกรมีระบบการผลิตที่ปลอดภัยทั้งต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2547. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว. เข้าถึงได้จาก URL: http://www.doa.go.th. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2555.

กรมวิชาการเกษตร. 2551. พระราชบัญญัติปุ๋ย พุทธศักราช 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2550. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 98 หน้า.

กรมทรัพย์สินทางปัญญา. 2550. เอกสารประกาศกรมทรัพย์สินทางปัญญาเรื่องการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ข้าวหอมมะลิทุ่งกุลาร้องไห้. กรุงเทพมหานคร. 6 หน้า

กรมพัฒนาที่ดิน. 2515. รายงานการสำรวจและแผนที่ดินทุ่งกุลาร้องไห้. พิมพ์โดยกองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพมหานคร. 9 หน้า.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2552. เปิดตัวปุ๋ยชีวภาพ พด. 12 ผลผลิตเพิ่ม 5-15 เปอร์เซ็นต์. เข้าถึงได้จาก URL: http://www.safetybio.agri.kps.ku.ac.th. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม 2555.

ขนิษฐา ชนะภัย. 2540. การศึกษาความเหมาะสมในการเคลือบกลิ่นหอมบนเมล็ดข้าวเจ้า. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35. กรุงเทพมหานคร. 717 หน้า

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 547 หน้า

เครือมาศ สมัครการ. 2554. แนวโน้มการสะสมคาร์บอนในดินที่ใช้ปลูกข้าวจากการใส่ฟางข้าวและฟางข้าวเผา. Veridian E-Journal SU 4: 931-941.

งามชื่น คงเสรี. 2531. คุณภาพการหุงต้มรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 8 หน้า

ชัยนาม ดิสถาพร, ปราโมทย์ แย้มคลี่, ไพรัช พงษ์วิเชียร, ละเอียด สินธุเสน และสุนันทา วงศ์ปิยะชน. 2552. การตอบสนองความหอมและผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในชุดดินบางชุดดินในทุ่งกุลาร้องไห้. รายงานวิจัยเล่มที่ 3 สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 21 หน้า

ดนัย ชุมเทพ และประสาน ยิ้มอ่อน. 2552. ประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพ พด.12 ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1. การประชุมเสนอผลงานการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 15 ระหว่างวันที่ 14-15 เดือนธันวาคม 2552 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

ดรุณี โชติษฐยางกูร, Lyda Hok, ธัญวราภรณ์ ปรุงฆ้อง สดุดี วรรณพัฒน์ และอนันต์ พลธานี. 2552. ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 อินทรีย์ภายใต้สภาพการผลิตระดับไร่นาเกษตรกร. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 74 หน้า.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์. 2550. ดินที่ใช้ปลูกข้าว. พิมพ์ครั้งที่ 4 ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 30 หน้า.

ธงชัย มาลา. 2546. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 300 หน้า

นินนาท พัฒนวงศ์สุนทร. 2548. อิทธิพลของการใส่ฟางข้าวต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินรังสิต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บริบูรณ์ สมฤทธิ์. 2538. เทคโนโลยีการผลิตข้าวอินทรีย์. กรมวิชาการเกษตร. 11 หน้า.

บริบูรณ์ สมฤทธิ์. 2541. การผลิตข้าวอินทรีย์. เอกสารประกอบการสัมมนาโต๊ะกลมเพื่อร่างข้อกำหนดและคุณภาพข้าวอินทรีย์ วันที่ 1 กันยายน 2541 ณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กรุงเทพฯ. 9 หน้า.

ประเทศ สิทธิยศ, งามชื่น คงเสรี, ธีรพร บุษยอังกูร, สิริ สุวรรณเขตนิคม และแพรวพรรณ กลุนทิพย์. 2529. การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับความแปรปรวนความหอมของข้าวปทุมธานี 1 และอิทธิพลของวันปลูกและปุ๋ยเคมีที่มีต่อความหอมข้าวขาวดอกมะลิ 105. รายงานผลการวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2529 สถาบันวิจัยข้าวใ กรมวิชาการเกษตร. 504 หน้า

ประเสริฐ สองเมือง. 2543. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว. กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ย ข้าว และธัญพืชเมืองหนาว กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ปิ่นเพชร ดีล้อม และทองอยู่ เข็มม่วง. 2554. การใช้ปุ๋ยชีวภาพ พด. 12 เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตข้าวในชุดดินจักราช จังหวัดสุรินทร์ (46-48). รายงานผลการวิจัย กรมพัฒนาที่ดิน. 151 หน้า

ปัทมา วิตยากร และอรรณพ พุทธโส. 2552. การเปลี่ยนแปลงและการสะสมอินทรียวัตถุในดินทรายเนื่องจากการสลายตัวของสารอินทรีย์ต่างคุณภาพที่ใส่อย่างต่อเนื่องในระยะยาว. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการฟื้นฟูทรัพยากรดินโดยใช้สารอินทรีย์ที่หาได้ในระบบการใช้ที่ดินเกษตรที่มีสภาพแวดล้อมต่างกัน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 43 หน้า.

ไพรสน รุจิคุณ. 2550. ผลการใส่ฟางข้าวและปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในชุดดินลพบุรีและชุดดินร้อยเอ็ด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาวดี บัวทอง. 2554. ผลของอุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง และความเค็มต่อการเปลี่ยนแปลงประชากร *Vibeio Parahaemolyticus*. เข้าถึงได้จาก URL:http://www.conference.tgo.or.th/download/2011/research/PTT/190811/j16/11_r.pdf สืบค้นเมื่อวันที่ 16 ตุลาคม 2555

ภัทรวลัญช์ สามหาดไทย. 2550. การเปลี่ยนแปลงอินทรียวัตถุและรูปไนโตรเจนในดินไร่เนื้อทรายที่ได้รับซากพืชคุณภาพต่างกันในระยะยาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศษสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 151 หน้า.

มงคล ต๊ะอุ่น, สันติภาพ ปัญจพรรค์, พัชรี ธีรจินดาขจร, กิตติชัย ไตรรัตนศิริชัย และสุทธิพงศ์ เปรื่องค้า. 2550. เทคโนโลยีการแปรรูปวัสดุเหลือใช้ของข้าวเพื่อเป็นวัสดุปลูกและการปรับปรุงดิน. ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 77 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ 529 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2554. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ 519 หน้า.

ละมุล วิเศษ. 2555. ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพด้านการหุงต้มของข้าว.วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 17 (2555) 1: 172-180.

วาสนา ผลารักษ์. 2540. การผลิตข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. เอกสารประกอบคำสอนวิชาธัญพืช. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 119 หน้า

สถานีพัฒนาที่ดินร้อยเอ็ด. 2555. รายงานการปลูกข้าวหอมมะลิ105 ในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ จังหวัดร้อยเอ็ด ปีการผลิต 2554/2555. เอกสารเข้าเล่มสถานีพัฒนาที่ดินร้อยเอ็ด. 18 หน้า.

สถาบันวิจัยข้าว. 2543 เทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยในนาข้าว. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สหกรณ์การเกษตรเกษตรวิสัย. 2555. รายงานผลส่งเสริมการปลูกข้าวหอมมะลิอินทรีย์ทุ่งกุลาร้องไห้ของสมาชิกสหกรณ์การเกษตรเกษตรวิสัย จำกัด ปีการผลิต 2554/2555. เอกสารเข้าเล่มของสหกรณ์การเกษตรเกษตรวิสัยจำกัด. 26 หน้า.

สำนักงานการตรวจเงินแผ่นดิน. 2551. รายงานการตรวจสอบการดำเนินงานโครงการผลิตข้าวหอมมะลิมาตรฐานเพื่อการส่งออกในทุ่งกุลาร้องไห้. เอกสารเย็บเล่มสำนักงานการตรวจเงินแผ่นดิน. 179 หน้า.

สำนักงานเกษตรจังหวัดร้อยเอ็ด. 2555. รายงานสถานการณ์ปลูกข้าวจังหวัดร้อยเอ็ด ปีการผลิต 2554/2555. เอกสารเข้าเล่มสำนักงานเกษตรจังหวัดร้อยเอ็ด. 36 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. โครงการผลิตข้าวหอมมะลิมาตรฐานเพื่อการส่งออกในทุ่งกุลาร้องไห้ ระยะที่ 2 (2552 - 2556). เอกสารเข้าเล่มสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กรุงเทพฯ. 21 หน้า.

สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน. 2551. คู่มือการจัดการอินทรียวัตถุเพื่อปรับปรุงบำรุงดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร. 187 หน้า

สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. 2548. ลักษณะและสมบัติของชุดดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 67 หน้า.

สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. 2550. รายงานการสำรวจดินเพื่อการเกษตรจังหวัดร้อยเอ็ด. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 237 หน้า.

สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. 2553. โปรแกรมคำแนะนำการจัดการดินและปุ๋ยรายแปลง เวอร์ชั่น 3 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำลี บุญญาวิวัฒน์. 2538. ข้าวขาวดอกมะลิ 105. ฝ่ายฝึกอบรม สถาบันวิจัยข้าว. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อนนท์ สุขสวัสดิ์, พนัส สุวรรณธาดา และดิเรก อินตาพรม. 2537. อิทธิพลของปริมาณ และระยะเวลาในการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตข้าว. วารสารการเกษตร 12 (2): 94-101.

อัจฉราวดี เครือภักดี, พัชรี แสนจันทร์, ดวงสมร ตุลาพิทักษ์ และสุรศักดิ์ เสรีพงศ์. 2552. อิทธิพลของการเตรียมดินและปุ๋ยหมักฟางข้าวต่อความหนาแน่นรวมของดิน ผลผลิตข้าวและการปลดปล่อยก๊าซมีเทน. วารสารวิจัย มข. 14 (1): 89-99.

Begum, S., M.M. Rahman, M.J.A. Main, M.R. Islam and M. Uddin. 2001. Effect of nitrogen supplied from manure and fertilizer on the growth, yield and nutrient uptake of rice. Journal of Biological Sciences 1(8): 708-710.

Bremner, J.M. 1965. Nitrogen, pp. 699-799. In C.A. Black (ed.) Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties. Amer. Soc. Of Agron. Inc., Madison, USA.

Juliano, B.O. 1985. Rice : Chemistry and Technology, 2nd ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

Juliano, B.O. and C.M. Perez, 1984. Result of a collaborative test on the measurement of grain elongation of milled rice during cooking. J. Cereal Sci., 2: 281–92

Naklang, K. et al. 1999. The management of rice straw, fertilizers and leaf litters in rice cropping systems in Northeast Thailand 1. Soil Carbon Dynamics. Plant and Soil 209: 21-28.

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

Puttaso, A., P. Vityakon, P. Saenjan, V. Tre-loges, G. Cadisch. Soil Organic Matter Dynamics and Accumulation in Response to Litter Decomposition in a Sandy Soil under Long-term Application of Different Quality Organic Residues. Nutr Cycl. Agroecosys 89(2): 159-174.

Qui and Caicinai, 1978. Infiluence of long-term application of organic fertilizers on partition of exchangeable cations in soil. Agrochimica 22: 486-491.

Six, J., R.T. Conant, E.A. Paul and K. Paustian. 2000. Stabilization mechanism of soil organic matter : Implication for C- saturation of soil. Plant and Soil 241 : 155 - 176

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

Wanchana, S., W. Kmolsukyyunyong, S. Ruengphayak, T. Toojinda, S. Tragoonrung and A. Vanavuchit. “A rapid construction of a physical contig across a 4.5 cM region for rice grain aroma facilities marker enrichment for positional cloning”, Science Asia. 31:299-306;2005.

Yajima, I. Yanai, T. and Nakamura, M. 1978. Volatile Flavour components of cooked rice. Agric. Biol. Chem. 42:1229-1233.

Yan, D., D. Wang and L. Yang. 2007. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on labile organic matter fractions in a paddy soil. Biology and Fertility of Soils 44: 93-101.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ชุดดินที่พบในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้

ลำดับที่	ชุดดิน	ร้อยละ***	กลุ่มชุดดิน*	ระดับพื้นที่	กำเนิดดิน
1	Alluvial Complex soil(AC**)	14.52		Flood plain	Recent riverine alluvium
2	Phimai (Pm)	0.24	4		
3	Phimai, red mottled variant (Pm-rm)	3.32	4		
4	Ratchaburi (Rb)	0.15	4		
5	Tha Tum (Tt)	29.39	7	Low terrace	Old Riverine alluvium
6	Roi Et (Re)	18.06	17		
7	Roi Et loamy variant (Re-l)	1.58	17		
8	R0i Et calcareous subsoil variant (Re-cl)	1.04	17		
9	Kula Ronghai (Ki)	17.72	20		
10	Udon (Ud)	0.01	20		
11	Ubon (Ub)	8.62	24		
12	On (On)	0.05	25		
13	Unnamed soil Unit 1 (U1)	0.20			
14	Renu (Rn)	0.04	17	Middle Terrace	
15	Korat (Kt)	2.30	35		
16	Nam Phong (Ng)	2.46	44		
17	Phon Phisai (Pp)	0.03	49		
	Pond	0.27			

100 = 2,107,691 Rai = 3,372.306 km^2

* = จัดเข้ากลุ่มชุดดิน

** = Symbols in parentheses were field mapping symbols,

*** = Percentage of soil unit, obtained by means of weighing, the total given below is from map measurement and may not correspond with official figures.

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2515)

ตารางภาคผนวกที่ 2 สภาพอากาศรายเดือนจังหวัดร้อยเอ็ด ประจำปี 2550-2552

เดือน	ปี 2551			ปี 2552		
	อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)	ปริมาณน้ำฝนรายเดือน (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)	ปริมาณน้ำฝนรายเดือน (มิลลิเมตร)
มกราคม	19.8	31.3	19.7	15.5	28.2	0
กุมภาพันธ์	22.9	34.4	12.1	19.6	32.7	0.8
มีนาคม	22.5	35.8	15.2	19.5	30.8	32.2
เมษายน	26.4	38.5	5.7	23.6	35.3	84.3
พฤษภาคม	26.4	37.0	107.5	25.1	34.3	164.6
มิถุนายน	25.9	35.2	186.5	25.6	33.8	84.3
กรกฎาคม	25.3	33.9	203.4	24.7	32.6	181.5
สิงหาคม	24.9	32.0	316.9	24.7	31.6	314.6
กันยายน	24.9	32.3	125.2	24.4	30.5	561.6
ตุลาคม	23.2	30.4	163.9	23.1	29.9	126.2
พฤศจิกายน	20.1	30.2	0.1	21.3	30.7	0
ธันวาคม	18.4	30.2	0	17.2	27.7	0

ที่มา: ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดร้อยเอ็ด

ตารางภาคผนวกที่ 3 ระดับการประเมินสภาพความเป็นกรดด่างของดิน

ระดับ (rating)	พิสัย (range)
เป็นกรดรุนแรงมากที่สุด (ultra acid)	< 3.5
เป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid)	3.5-4.5
เป็นกรดจัดมาก (very strongly acid)	4.6-5.0
เป็นกรดจัด (strongly acid)	5.1-5.5
เป็นกรดปานกลาง (moderately acid)	5.6-6.0
เป็นกรดเล็กน้อย (slightly alkaline)	6.1-6.5
เป็นกลาง (neutral)	6.6-7.3
เป็นด่างเล็กน้อย (slightly alkaline)	7.4-7.8
เป็นด่างปานกลาง (moderately alkaline)	7.9-8.4
เป็นด่างจัด (Strongly alkaline)	8.5-9.0
เป็นด่างจัดมาก (very strongly alkaline)	>9.0

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2547

ตารางภาคผนวกที่ 4 ระดับการประเมินอินทรียวัตถุในดิน

ระดับ (rating)	พิสัย (ร้อยละ)
ต่ำมาก (VL)	< 0.5
ต่ำ (L)	0.5 – 1.0
ค่อนข้างต่ำ (ML)	1.0 – 1.5
ปานกลาง (M)	1.5 – 2.5
ค่อนข้างสูง (MH)	2.5 – 3.5
สูง (H)	3.5 – 4.5
สูงมาก (VH)	> 4.5

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2547

organic matter (%) = organic carbon (%) x 1.724

ตารางภาคผนวกที่ 5 ระดับการประเมินธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในดิน

ธาตุอาหารพืช	ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืช (mg kg^{-1})				
	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
ฟอสฟอรัส (P)	< 3	3–10	11-15	16-45	> 45
โพแทสเซียม (K)	< 30	30–60	61-90	91-120	> 120
แคลเซียม (Ca)	< 40	400–1000	1001-2000	2001-4000	>4000
แมกนีเซียม (Mg)	< 36	36-120	121-365	366-975	> 975
กำมะถัน (S) *	< 5	5-10	11-20	21-30	> 30

* สำหรับค่ามาตรฐานของกำมะถันในดินไม่ค่อยจะมีผู้ศึกษามากนัก ส่วนใหญ่จะศึกษาวิจัยกำมะถันในพืชมากกว่า ดังนั้น จึงนำค่ามาตรฐานของห้องปฏิบัติการของ Albion Laboratories, Inc. มาใช้ในการจัดระดับกำมะถันที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2547

ตารางภาคผนวกที่ 6 ลักษณะและสมบัติของกลุ่มชุดดินที่ 17

ค่าคุณสมบัติทางเคมีกลุ่มชุดดินที่ 17

ชุดดิน : บุณฑริก (Bt) สายบุรี (Bu) เขมราฐ (Kmr) โคกเคียน (Ko) หล่มเก่า (Lk) สุไหงปาดี (Pi) ปากคม (Pkm) ร้อยเอ็ด (Re) เรณู (Rn) สงขลา (Sng) และวิสัย (Vi)

สภาพพื้นที่ : ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ

ความลาดชัน : 0-2%

เนื้อดิน - ดินบน : ดินร่วนปนทราย

- ดินล่าง : ดินร่วนเหนียวปนทราย ถึงดินร่วนปนดินเหนียว

ความลึก : ดินลึกมาก

การระบายน้ำ : เลว **การซาบซึมน้ำ :** ปานกลาง

การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน : ช้า

หน้าตัดดิน

บริเวณที่พบ

คุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญ

บริเวณที่พบ	อินทรียวัตถุ* (%)	avail P (mg kg^{-1})	avail K (mg kg^{-1})	pH
ดินบน	0.5	2.0	62.4	5.0-6.5
ดินล่าง	0.4	1.5	55.3	4.5-6.0

หมายเหตุ : * เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน มีค่าเท่ากับ เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุ x 0.05

ตัวเลขสีแดง หมายถึง ค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานของสมบัติทางเคมีดิน

ตัวเลขสีเขียว หมายถึง ค่าปานกลางตามมาตรฐานของสมบัติทางเคมีดิน

พืชพรรณและการใช้ประโยชน์ : ทำนาในฤดูฝน ภายหลังเก็บเกี่ยวข้าว ถ้าดินมีความชื้นเพียงพอใช้ปลูกพืชไร่

ข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์ : มีเนื้อดินบนค่อนข้างเป็นทราย และมีความอุดมสมบูรณ์ดินค่อนข้างต่ำ

จากการพิจารณาค่าวิเคราะห์ดินด้านบน เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานการแปลความหมายค่าวิเคราะห์ดินพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในเกณฑ์เป็นกรดเล็กน้อยควรปรับปรุงด้วยโดโลไมท์ อัตรา 276 กิโลกรัมต่อไร่หรือปูนมาร์ล อัตรา 375 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง

คำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับข้าว

ปริมาณธาตุอาหารที่ต้องใส่เพิ่มให้เพียงพอ

ไนโตรเจน (N)	9	กิโลกรัมต่อไร่
ฟอสฟอรัส (P_2O_5)	6	กิโลกรัมต่อไร่
โพแทสเซียม (K_2O)	3	กิโลกรัมต่อไร่

การใส่ปุ๋ย

คำแนะนำที่ 1 : ใช้ปุ๋ยสูตร 16-20-0 ร่วมกับปุ๋ยสูตร 46-0-0 และ 0-0-60 หลังหว่านข้าว 20-25 วัน หรือ หลังปักดำ 7-10 วัน ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยสูตร 0-0-60 อัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่ และระยะข้าวสร้างรวงอ่อน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่

คำแนะนำที่ 2 : ใช้ปุ๋ยสูตร 16-16-8 ร่วมกับปุ๋ยสูตร 46-0-0, 0-46-0 และ 0-0-60 หลังหว่านข้าว 20-25 วัน หรือหลังปักดำ 7-10 วัน ใช้ปุ๋ยสูตร 16-16-8 อัตรา 28 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยสูตร 0-46-0 อัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ ระยะข้าวสร้างรวงอ่อนใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยสูตร 0-0-60 อัตรา 2 กิโลกรัมต่อไร่

หมายเหตุ : 1. ควรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ควบคู่ไปด้วย เพื่อช่วยให้การใช้ปุ๋ยเคมีมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. ค่าการใส่ปูนมาจากการคำนวณปริมาณความต้องการปูนในโปรแกรมคำแนะนำการจัดการดินและปุ๋ยรายแปลงโดยใช้ค่าดินบนเป็นมาตรฐาน และค่า pH เท่ากับ 5.0

ที่มา: สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2553