บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะสมบัติทางเคมีของดินและเถ้าลอยลิกไนต์

4.1.1 ก่อนเติมสิ่งทดลอง

ลักษณะสมบัติทางเคมีของดินจากพื้นที่ที่ศึกษาวิจัย คือ พื้นที่ของมูลนิธิชัยพัฒนา ตำบลบ้านพริก อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก และเถ้าลอยลิกไนต์จากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแม่เมาะ จังหวัดลำปาง จัดเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการศึกษาเพื่อประเมินความเป็นไปได้ของการเป็นแหล่งธาตุอาหาร ที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ทั้งนี้พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และปริมาณธาตุอาหารหลัก (ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียม) โดยผลการศึกษาเป็นดังนี้

4.1.1.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของเถ้าลอยลิกไนต์ (ตารางที่ 4.1) มีค่าเท่ากับ 11.82 และความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน (ตารางที่ 4.2) ก่อนทำการปลูกข้าวมีค่าอยู่ระหว่าง 3.50-3.56

ตารางที่ 4.1 ลักษณะสมบัติทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์ก่อนทำการทดลอง

ลักษณะสมบัติทางเคมี	เถ้าลอยลิกไนต์
ความเป็นกรดเป็นด่าง (เถ้าลอยลิกไนต์ : น้ำ = 2 :1)	11.82
ธาตุอาหารหลัก • ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	0.014
• ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5; ppm)	5.48
• โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O; ppm)	257.87

4.1.1.2 ธาตุอาหารหลัก

ปริมาณธาตุอาหารหลักของเถ้าลอยลิกไนต์ก่อนทำการทดลอง ประกอบด้วย ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ตารางที่ 4.1) จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของเถ้าลอยลิกไนต์ มีค่าเท่ากับ 0.014 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของเถ้าลอยลิกไนต์ มีค่าเท่ากับ 5.48 ppm สำหรับปริมาณดพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของเถ้าลอยลิกไนต์ มีค่าเท่ากับ 257.87 ppm ในขณะที่ ปริมารธาตุอาหารหลักของดินในพื้นที่ศึกษาวิจัยก่อนทำการทดลอง ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ตารางที่ 4.2) มีค่าอยู่ในช่วง 0.072-0.082 % 5.21–5.42 ppm และ 97.65-101.73 ppm ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและปริมาณธาตุอาหารหลักของดินก่อนทำการทดลอง

ตำรับทดลอง	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	ปริมาณธาตุอาหารหลัก		
		ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5; ppm)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O; ppm)
ดินเดิม (ชุดกวบกุม)	3.52	0.075	5.31	97.67
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	3.54	0.072	5.23	99.33
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์	3.56	0.082	5.28	101.73
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	3.56	0.072	5.21	98.21
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่	3.51	0.075	5.42	99.67
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	3.54	0.075	5.24	101.27
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + เถ้าลอยลิกไนต์	3.51	0.072	5.23	98.21
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	3.53	0.082	5.26	99.73
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่	3.54	0.075	5.28	101.27
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	3.50	0.082	5.25	99.30
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + เถ้าลอยลิกไนต์	3.52	0.075	5.22	97.65
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	3.55	0.082	5.37	99.67
F-valuc	7.02^{NS}	19.03^{NS}	38.96^{NS}	19.60^{NS}
% CV	5.32 %	9.47 %	8.52 %	7.32 %

หมายเหตุ : NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.1.2 ดินระหว่างการทดลอง

4.1.1.2 ดินระยะ 14 วัน หลังเติมสิ่งทดลอง

ลักษณะสมบัติทางเคมีของดินหลังเติมสิ่งทดลองจะบ่งชี้ถึงความสามารถในการเป็นแหล่งธาตุอาหารให้กับต้นข้าวตลอดจนเป็นโอกาสที่ต้นข้าวจะดูดดึงธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารต่าง ๆ เพื่อการเจริญเติบโต เนื่องด้วยระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลองเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่สิ่งทดลอง (ปุ๋ยเคมี เถ้าลอยลิกไนต์ และปูน) จะทำปฏิกิริยากับสารละลายดิน เพื่อให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินคงที่ (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531)

สำหรับการเติมสิ่งทดลองที่ระยะนี้ ได้ทำการเติมปุ๋ยเคมีสูตร16-20-0 อัตรา 20 กก./ไร่ เถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ และปูนมาร์ลสองอัตราเติม คือ ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ และปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ตามลำดับ

การศึกษาวิจัยในระยะ 14 วัน หลังเติมสิ่งทดลอง ประกอบด้วย ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และธาตุอาหารหลักของดิน (ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้) โดยผลการศึกษามีดังนี้

- **ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน**

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ระยะ 14 วัน หลังเติมสิ่งทดลอง (ตารางที่ 4.3) พบว่า ในทุกตำรับทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสิ้น กล่าวคือ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH = 5.12) สูงกว่าตำรับทดลองอื่น ๆ (a และ F-value = 84.20*) ในขณะที่การเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH = 3.60) ต่ำกว่าตำรับทดลองอื่น ๆ รวมถึงต่ำกว่าการไม่เติมสิ่งทดลอง (pH = 3.68)

ส่วนในตำรับทดลองอื่น ๆ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินแบ่งออกตามอัตราการเติมปูนมาร์ล กล่าวคือ กลุ่มของการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ส่งผลให้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (pH=4.83) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (pH=5.01) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (pH=5.08) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มของการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินอยู่ในช่วง pH ประมาณ 4 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 4.01) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ (pH=4.23) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (pH= 4.45) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 4.51) ส่วนในตำรับที่ไม่มีการเติม

ปูนมาร์ลนั้น ส่งผลให้การเติมปุ๋ยเคมีร่วมด้วยเถ้าลอยลิกไนต์ และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินจะอยู่ในช่วง pH ประมาณ 3 คือ 3.86 และ 3.94 ตามลำดับ

อาจกล่าวได้ว่า การเติมสิ่งทดลองในทุกตำรับการทดลอง ส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม ยกเว้นการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวที่ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม

- **ธาตุอาหารหลัก**

1. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง (ตารางที่ 4.3) พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเป็น 0.196 % ซึ่งมากกว่าตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (a และ F-value = 112.56**) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดรองลงมา (0.175 %) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเป็น 0.161 % เท่ากัน ส่วนการเติมปุ๋ยเคมี การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเป็น 0.156% 0.155 % และ 0.155% ตามลำดับ ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีและการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.152 % และ 0.150% ส่วนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ การเติมเถ้าลอยลิกไนต์และการไม่เติมสิ่งทดลอง (ดินเดิม) มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเป็น 0.142 % 0.128% และ 0.093 % ตามลำดับ

อาจกล่าวได้ว่า การเติมสิ่งทดลองในทุกตำรับการทดลอง ส่งผลให้ดินมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม โดยที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมากกว่าตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง (ตารางที่ 4.3) พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 17.87 ppm ซึ่งมากกว่าตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (a และ F-value = 64.80*) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์รองลงมาเป็น17.10 ppm (b) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่

ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 16.87 ppm และ 16.86 ppm ตามลำดับ (c เดียวกัน) สำหรับการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 16.06 ppm และ 16.03 ppm ตามลำดับ (d เดียวกัน) อีกทั้งการเติมปุ๋ยเคมีและการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 15.82 ppm และ 15.80 ppm ตามลำดับ (e เดียวกัน) ส่วนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ การเติมเถ้าลอยลิกไนต์และการไม่เติมสิ่งทดลอง (ดินเดิม) ส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเป็น 14.38, 14.23, 12.47 และ 10.57 ppm ตามลำดับ (f, g, h และ i ตามลำดับ)

อาจกล่าวได้ว่า การเติมสิ่งทดลองในทุกตำรับการทดลอง ส่งผลให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม โดยที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่าตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง (ตารางที่ 4.3) พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (177.60 ppm) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (174.47 ppm) ส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (a และ F-value = 87.50*) ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ การปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เป็น 156.80, 145.20, 142.34 และ 139.67 ppm ตามลำดับ (b เดียวกัน) ในขณะที่การเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ การเติมปุ๋ยเคมี และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเป็น 130.36, 127.73 และ 122.38 ppm ตามลำดับ (c เดียวกัน) ส่วนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเท่ากับ 116.84 และ 102.47 ppm ตามลำดับ (d เดียวกัน) ทั้งนี้ในทุกตำรับทดลองมีค่าปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงกว่าดินเดิม 87.47 ppm (e) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อาจกล่าวได้ว่า การเติมสิ่งทดลองในทุกตำรับการทดลอง ส่งผลให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม โดยที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่

ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่าตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดังนั้นกล่าวโดยสรุปสำหรับธาตุอาหารหลักได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินได้ ทั้งนี้ในตำรับทดลองอื่น ๆ ก็เช่นเดียวกัน คือ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารหลักในดินได้เมื่อเทียบกับดินเดิม โดยปริมาณธาตุอาหารหลักในดินจะเพิ่มสูงสุดเมื่อเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์

ตารางที่ 4.3 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและปริมาณธาตุอาหารหลักของดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง

ตำรับทดลอง	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	ปริมาณธาตุอาหารหลัก		
		ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5; ppm)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O; ppm)
ดินเดิม (ชุดควบคุม)	3.68^{k}	0.093^{h}	10.57^{i}	87.47^{e}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	3.60^{l}	0.156^{d}	15.82^{e}	127.73^{c}
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์	3.94^{i}	0.128^{g}	12.47^{h}	102.47^{d}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	3.86^{j}	0.161^{c}	16.06^{d}	130.36^{c}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่	4.23^{g}	0.142^{f}	14.23^{g}	116.84^{d}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	4.45^{f}	0.152^{e}	16.86^{c}	139.67^{b}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + เถ้าลอยลิกไนต์	4.51^{e}	0.155^{d}	14.38^{f}	142.34^{b}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	4.01^{h}	0.175^{b}	16.88^{c}	174.47^{a}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่	5.12^{a}	0.150^{e}	15.80^{e}	122.38^{c}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	5.01^{c}	0.161^{c}	17.10^{b}	145.20^{b}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + เถ้าลอยลิกไนต์	5.08^{b}	0.155^{d}	16.02^{d}	156.80^{b}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	4.83^{d}	0.196^{a}	17.87^{a}	177.60^{a}
F-value	84.20^{*}	112.56^{**}	64.80^{*}	87.50^{*}
% CV	9.75	11.37	23.77	14.32

หมายเหตุ : 1) * หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2) ** หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

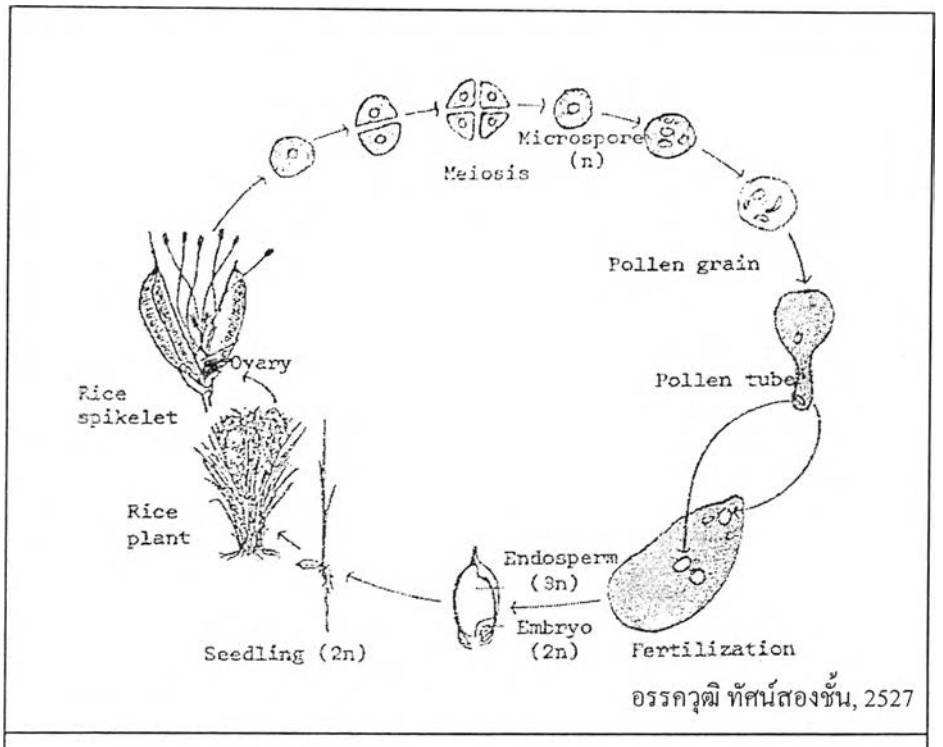
4) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

5) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่มากกว่า 1 ตัวในแต่ละสดมภ์ เช่น ab หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มที่จะความแตกต่างจาก a หรือ b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

4.1.2.2 ดินระยะทุก ๆ 2 อาทิตย์หลังเติมสิ่งทดลอง 14 วันจนถึงระยะก่อนสิ้นสุดการทดลอง

สำหรับการศึกษาในระยะนี้ ลักษณะสมบัติทางเคมีของดินจะเน้นเฉพาะค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ควบคู่กับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เนื่องจากเป็นที่ทราบโดยทั่วไปแล้วว่า การที่ดินเป็นกรดจัดจะทำให้ดินขาดสารประกอบของแคลเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งทั้งนี้จะมีสารประกอบของเหล็กและอลูมิเนียมเข้ามาแทนที่ในปริมาณสูงถึงระดับที่อาจเป็นพิษต่อข้าวได้ และทำให้ไนโตรเจนซึ่งอยู่ในรูปเกลือแอมโมเนียมในดินสลายตัวเป็นก๊าซแอมโมเนียมระเหยขึ้นไปในอากาศ ดินเปรี้ยวจึงมีไนโตรเจนต่ำทำให้ข้าวจึงไม่สามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ (ทัศนีย์ อัตตะนันท์, 2531) ประกอบกับพื้นที่ทำการเพาะปลูกโดยทั่ว ๆ ไปมีแร่ธาตุนี้อยู่ในปริมาณที่ต่ำไม่เพียงพอแก่ความต้องการของพืช และจากการวิเคราะห์ดินนาในประเทศไทย โดยงานวิจัยเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน (2522) พบว่า ไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูปอินทรีย์ไนโตรเจน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินนาของประเทศไทยมีต่ำมาก ในขณะที่ข้าวมีความต้องการไนโตรเจนที่ค่อนข้างสูง เนื่องจาก ไนโตรเจนมีความสำคัญที่สุดในการเพิ่มผลผลิตของข้าว (เฉลิมพล แซมเพชร, 2526) ข้าวต้องการไนโตรเจนเป็นปริมาณที่สูงเพื่อเพิ่มจำนวนต้นต่อกอต่อพื้นที่ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative phase) และเพิ่มจำนวนดอกต่อรวงในระยะการเจริญเติบโตเพื่อการสืบพันธุ์ (reproductive phase) และยังมีความจำเป็นในระยะสุกแก่ (ripening phase) (De Datta, 1981) ทั้งนี้ไนโตรเจนยังเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ซึ่งมีความสำคัญในขบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) และเป็นสารประกอบที่สำคัญในเอนไซม์ต่างๆ ที่มีหน้าที่ช่วยเร่งและควบคุมปฏิกิริยาในต้นข้าวให้ดำเนินไปตามปกติ (ชอบ คณะฤกษ์ และเยาวพา หัสธน, 2513) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดตลอดระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว เนื่องจากต้นข้าวมีความต้องการไนโตรเจนตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโต โดยทั้งนี้ในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตก็จะมีความต้องการแร่ธาตุอาหารแตกต่างกันออกไปด้วย ซึ่งระยะการเจริญเติบโตของข้าวที่ต้องการธาตุอาหารมากมี 2 ระยะที่สำคัญ คือ ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวตั้งท้อง (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527)

วงจรชีวิต (life cycle) ของข้าวในรอบหนึ่ง ๆ จะใช้เวลามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติประจำพันธุ์ ซึ่งจะอยู่ในช่วงระหว่าง 90-180 วัน โดยวงจรชีวิตในการเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าว (Growth and Development of Rice) แบ่งออกเป็น 3 ช่วงใหญ่ ได้แก่ ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (Vegetative phase) ช่วงการสืบพันธุ์ (Reproductive phase) และช่วงการสุกแก่ (Ripening phase) (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527)



รูปที่ 4.1 วงจรชีวิต (life cycle) ของข้าว

การเก็บตัวอย่างดินเพื่อทำการศึกษาในช่วงระยะนี้ ได้ทำการติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ควบคู่กับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินทุก ๆ 2 อาทิตย์ตามระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าว (Growth and Development of Rice) พันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ซึ่งมีช่วงวงจรชีวิต (life cycle) ประมาณ 150 วัน โดยมีรายละเอียดของผลการศึกษาดังต่อไปนี้

- **ตัวอย่างดินระยะข้าวแตกกอ (Tillering)**

ตัวอย่างดินในระยะนี้นับเป็นระยะ 14 วันหลังปักดำ โดยปกติหลังปักดำได้ประมาณ 7-10 วัน ต้นกล้าก็จะเริ่มแตกกอ หน่อแรกเริ่มแทงออกมาจากข้อที่ต่ำที่สุดของโคนต้น หลังจากที่หน่อแรกเจริญแล้วหน่อที่สองก็จะเจริญตามออกมา ช่วงนี้เป็นช่วงที่ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (Vegetative phase) และเป็นระยะที่ต้นข้าวต้องการธาตุอาหารมากเพื่อนำไปสร้างจำนวนกอ ความสูง ความกว้างของใบ เพราะต้นข้าวที่แตกกอมากมีแนวโน้มที่จะให้จำนวนรวงต่อกอมากเช่นกัน (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527)

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน ในระยะ 14 วันหลังปักดำ (ตารางที่ 4.4) พบว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเท่ากับ 3.92 และ 3.88 ตามลำดับ (cd เดียวกันและ F-value = 38.25*) ซึ่งมีปริมาณไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มที่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อเปรียบเทียบกับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ (pH = 3.71) การเติมปุ๋ยเคมี (pH = 3.63) และการไม่เติมสิ่งทดลอง (ดินเดิม) (pH = 3.61) (d เดียวกัน) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 4.10 (c)) ในขณะที่ตำรับทดลองที่มีการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับสิ่งทดลองอื่นๆ ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินมีค่าเพิ่มสูงสุดและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเป็น 5.11, 5.09, 5.08 และ 4.92 ตามลำดับ (a เดียวกัน) ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินรองลงมา คือ 4.50 และ 4.34 ตามลำดับ (b เดียวกัน)

เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดิน ในระยะ 14 วันหลังปักดำ (ตารางที่ 4.5) พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (0.198 %) ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่าตำรับทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (a และ F-value = 58.52 *) ในขณะที่การเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินรองลงมาเป็น 0.181 และ 0.180 % ตามลำดับ (b) และสำหรับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.173 %) การเติมปุ๋ยเคมี (0.173 %) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (0.172 %) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (c เดียวกัน) ส่วนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ (0.168 %) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (0.162 %) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.156 %) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ (0.152 %) และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ (0.140 %) นั้น พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งสิ้น ซึ่งทั้งนี้ในทุกตำรับทดลองมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่าตำรับดินเดิม 0.098 % (i) อย่างมีนัยสำคัญ

อาจกล่าวได้ว่า การเติมสิ่งทดลองในทุกตำรับการทดลองในช่วงเวลานี้ ซึ่งก็ตรงกับระยะที่ต้นข้าวแตกกอ ส่งผลให้ดินในทุกตำรับทดลองมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม ยกเว้นการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวที่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม ส่วนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินนั้น พบว่า ในทุกตำรับทดลองมีค่าที่สูงกว่าตำรับดินเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสิ้น

- **ตัวอย่างดินระยะข้าวแตกกอสูงสุด (Maximum Tillering)**

ตัวอย่างดินในระยะนี้เป็นระยะประมาณ 30 วันหลังปักดำ ซึ่งเป็นระยะที่ต้นข้าวมีการแตกกอสูงสุด (Maximum Tillering) และเริ่มที่จะมีการสร้างรวงอ่อน (Panicle initiation) โดยเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงจากช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (Vegetative phase) ไปเป็นของช่วงการสืบพันธุ์ (Reproductive phase) โดยสังเกตได้จากเมื่อต้นข้าวมีการเจริญเติบโตถึงระยะแตกกอสูงสุด ถ้าฉีกกาบใบตรงข้อบนสูงสุดออกให้หมด ที่ข้อสุดท้ายของลำต้นจะเห็นยอดรวงอ่อน (Panicle primodia) โผล่ออกมาจากตรงปลายสุดของปล้องสุดท้าย

หลังจากนั้นก็จะมีการพัฒนาช่อดอก (Panicle development) โดยยอดรวงอ่อนซึ่งยังหุ้มด้วยกาบใบสุดท้ายจะพัฒนาเป็นรวงอ่อน ดอกเล็ก ๆ บนก้านรวงอ่อนก็จะพัฒนาตัวเองเช่นกันโดยการเพิ่มจำนวนขึ้น ฉะนั้นในช่วงนี้ถ้าหากขาดน้ำและธาตุอาหารก็จะส่งผลต่อการสร้างจำนวนดอกได้ ทำให้ผลผลิตอาจลดลงได้

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน ในช่วงที่ต้นข้าวมีการแตกกอสูงสุด (Maximum Tillering) (ตารางที่ 4.4) พบว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเท่ากับ 3.96 (cd และ F-value = 41.55*) ซึ่งมีปริมาณไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มที่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับการเติมปุ๋ยเคมี (pH = 3.71 (d)) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 4.08) ตลอดจนการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 3.98) (c เดียวกัน) ในขณะที่ตำรับทดลองที่มีการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับสิ่งทดลองอื่นๆ ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินมีค่าเพิ่มสูงสุดและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ และการปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเป็น 5.09, 5.08, 5.05 และ 4.87 ตามลำดับ (a เดียวกัน) ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ ส่งผลให้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินรองลงมา คือ 4.47, 4.42 และ 4.23 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดิน ในช่วงที่ต้นข้าวมีการแตกกอสูงสุด (Maximum Tillering) (ตารางที่ 4.5) พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเป็น 0.166 % (cd และ F-value = 92.25*) ซึ่งมีปริมาณไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มที่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (0.164 % (d)) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ (0.171 %) ตลอดจนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.170 %) (c เดียวกัน) ส่วนการเติมปูนมาร์ลอัตรา

5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (0.200 %) และการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (0.196 %) ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่าตำรับทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (aเดียวกัน) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.184 %) การเติมปูนมาร์ลอัตรา5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (0.182 %) การเติมปุ๋ยเคมี (0.182 %) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (0.180 %) มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินรองลงมา (b เดียวกัน) ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเป็น 0.152 % (e) โดยทั้งนี้ในทุกตำรับทดลองมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินที่สูงกว่าในตำรับดินเดิม 0.102 % (f) อย่างมีนัยสำคัญ

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมสิ่งทดลองในทุกตำรับการทดลองในช่วงที่ต้นข้าวมีการแตกกอสูงสุด (Maximum Tillering) โดยเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงจากช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (Vegetativephase) ไปเป็นของช่วงการสืบพันธุ์ (Reproductive phase) ส่งผลให้ดินในทุกตำรับการทดลองมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม ยกเว้นการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ต่ำกว่าตำรับดินเดิม ในขณะที่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินของทุกตำรับทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับตำรับดินเดิม

- **ตัวอย่างดินระยะข้าวตั้งท้อง (Booting)**

ตัวอย่างดินในระยะนี้นับเป็นระยะที่ต้นข้าวกำลังตั้งท้อง (Booting) สังเกตได้จากลักษณะภายนอกโดยจะเห็นว่ากาบใบของใบสุดท้ายที่เรียกว่าใบธง จะพองกลมใหญ่กว่าส่วนล่างของลำต้น และจัดว่าอยู่ในช่วงการสืบพันธุ์ (Reproductive phase) ของต้นข้าว ซึ่งในระยะนี้เป็นระยะที่ต้นข้าวต้องการธาตุอาหารมากเพื่อนำไปสร้างรวงและเมล็ดที่สมบูรณ์ (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527)

ในระยะดังกล่าวนี้มีการเติมสิ่งทดลองเป็นครั้งที่ 2 คือ เติมปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัม/ไร่ เฉพาะในตำรับทดลองที่ต้องมีการเติมปุ๋ยเคมี เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของข้าวในระยะตั้งท้องที่มีความต้องการธาตุอาหารมากกว่าในระยะอื่นๆ

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินในระยะที่ต้นข้าวกำลังตั้งท้อง (Booting) (ตารางที่ 4.4) พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเป็น 5.06 ซึ่งมีค่าที่สูงกว่าตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (a และ F-value = 64.32*) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา5 ตัน/ไร่ และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินรองลงมา คือ 5.02 และ 5.01 ตามลำดับ (b) โดยทั้งนี้ในทุกตำรับทดลองมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ของดินที่สูงกว่าในตำรับดินเดิม 3.59 (i) อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (pH = 4.90 (c)) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (pH = 4.43) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 4.41) (d เดียวกัน) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ (pH = 4.38 (e)) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 4.22 (f)) การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 3.96) และการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 3.94) (g เดียวกัน) ตลอดจนการเติมปุ๋ยเคมี (pH = 3.71 (h)) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งสิ้น

เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินในระยะที่ต้นข้าวกำลังตั้งท้อง (Booting) (ตารางที่ 4.5) พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (0.205 %) ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่าตำรับทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (a และ F-value = 75.36*) ในขณะที่การเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินรองลงมาเป็น 0.201 % (b) โดยทั้งนี้ในทุกตำรับทดลองมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินที่สูงกว่าในตำรับดินเดิม 0.105 % (h) อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (0.196 % (c)) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.189 %) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (0.189 %) และการเติมปุ๋ยเคมี (0.187 %) (d เดียวกัน) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ (0.181 % (e)) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (0.174%) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ (0.172%) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.170 %) (f เดียวกัน) ตลอดจนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ (0.163 % (e)) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งสิ้น

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมสิ่งทดลองในทุกตำรับการทดลองในช่วงเวลานี้ซึ่งเป็นระยะที่ต้นข้าวกำลังตั้งท้อง (Booting) และมีการเติมปุ๋ยเคมีเฉพาะในตำรับที่ต้องมีการเติมปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ดินในทุกตำรับการทดลองมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ตลอดจนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับตำรับดินเดิมทั้งสิ้น

- **ตัวอย่างดินระยะข้าวออกดอก (Flowering)**

ตัวอย่างดินในระยะนี้นับเป็นระยะที่ต้นข้าวเริ่มมีการโผล่ของช่อดอก (Heading) โดยก้านช่อดอกข้าวจะค่อยๆ ส่งช่อดอกข้าวให้พ้นกาบใบธง และเริ่มที่จะมีการออกดอก (Flowering) ของข้าว ซึ่งในช่วงระยะเวลานี้นับเป็นช่วงของการสืบพันธุ์ (Reproductive phase) ของต้นข้าว อีกทั้งช่วงระยะเวลานี้เป็นช่วงหลังจากการเติมสิ่งทดลอง คือ ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัม/ไร่ มาแล้ว 14 วัน ซึ่งถือได้ว่าเป็นช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมที่สิ่งทดลอง

จะทำปฏิกิริยากับสารละลายดิน เพื่อให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินคงที่ (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531).

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินในช่วงระยะข้าวออกดอก (Flowering) (ตารางที่ 4.4) ซึ่งระยะดังกล่าวก็ตรงกับระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลองครั้งที่ 2 อีกด้วยนั้น พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเป็น 5.02 เท่ากัน ซึ่งมีค่าที่สูงกว่าตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (a และ F-value = 79.73*) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินรองลงมา คือ 4.87 และ 4.84 ตามลำดับ (b เดียวกัน) โดยทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เป็น 4.44 (c) ส่วนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 4.38) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ (pH = 4.36) ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (dเดียวกัน) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เป็น 4.24 (e) ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ (pH=3.93) และการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์(pH=3.92) ก็ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (f เดียวกัน) และการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เป็น 3.74 (g) โดยทั้งนี้ในทุกตำรับทดลองมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่สูงกว่าตำรับดินเดิม 3.59 (h) อย่างมีนัยสำคัญทั้งสิ้น

เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินในช่วงระยะข้าวออกดอก (Flowering) (ตารางที่ 4.5) พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (0.213 %) ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่าตำรับทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (a และ F-value = 48.23*) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินรองลงมาเป็น 0.208 % (b) ซึ่งการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (0.204 % (c)) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (0.195 %) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.194 %) (d เดียวกัน) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ (0.192 %) และการเติมปุ๋ยเคมี (0.191 %) (e เดียวกัน) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ (0.181 % (f)) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.177 %) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (0.176 %) (g เดียวกัน) ตลอดจนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ (0.170 % (h)) มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินที่สูงกว่าในตำรับดินเดิม 0.107 % (i) อย่างมีนัยสำคัญทั้งสิ้น

อาจกล่าวได้ว่า การเติมสิ่งทดลองในทุกตำรับการทดลองในช่วงเวลานี้ส่งผลให้ดินในทุกตำรับทดลองมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม ยกเว้นการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของ

ดินที่ต่ำกว่าตำรับดินเดิม ส่วนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินนั้นพบว่าในทุกตำรับทดลองมีค่าที่สูงกว่าตำรับดินเดิมอย่างมีนัยสำคัญ

- **ตัวอย่างดินระยะที่ข้าวมีการผสมเกสรและการปฏิสนธิ (Pollination and fertilization)**

ตัวอย่างดินในระยะนี้นับเป็นระยะที่ดอกข้าวเริ่มบานจากปลายช่อลงมาถึงโคน ซึ่งในช่วงระยะเวลานี้เป็นช่วงของการสืบพันธุ์ (Reproductive phase) ของต้นข้าว โดยมีการผสมเกสรและการปฏิสนธิ (Pollination and fertilization) ดอกข้าวจะบานในช่วงเช้า ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้น และคุณสมบัติประจำพันธุ์ หลังจากผสมเกสรแล้วก็จะเกิดการปฏิสนธิภายในรังไข่ จากนั้นก็ถึงช่วงการสุกแก่

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินในช่วงที่ข้าวมีการผสมเกสรและการปฏิสนธิ (Pollination and fertilization) (ตารางที่ 4.4) พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเป็น 5.24 และ 5.23 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าที่สูงกว่าตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (a และ F-value = 47.71*) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินรองลงมา คือ 5.10 และ 5.08 ตามลำดับ(b เดียวกัน) โดยทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ (pH = 4.31 (cd)) ไม่ก่อให้เกิดความต่างอย่างมีในสำคัญเมื่อเทียบกับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (pH = 4.46 (c)) แต่มีแนวโน้มที่จะเกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 4.22) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์(pH = 4.21) (d เดียวกัน) ส่วนการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เป็น 3.75 (e) ซึ่งมีความต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 3.69 (f)) ในขณะที่การเติมปุ๋ยเคมีมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเป็น 3.37 ตามลำดับ (h) ซึ่งมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ต่ำกว่าตำรับดินเดิมและทุกตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินในช่วงที่ข้าวมีการผสมเกสรและการปฏิสนธิ (Pollination and fertilization) (ตารางที่ 4.5) พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (0.205 %) ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่าตำรับทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (a และ F-value = 69.48*) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินรองลงมาเป็น 0.198 % ซึ่งการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.191 % (c)) การเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (0.185 %) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (0.182 %)

(d เดียวกัน) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ (0.178 % (c)) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ (0.174 %) และการเติมปุ๋ยเคมี (0.172 %) (f เดียวกัน) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.168 % (g)) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (0.162 %) และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ (0.159 %) (h เดียวกัน) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับตำรับดินเดิม 0.103 % (i)

อาจกล่าวได้ว่า การเติมสิ่งทดลองในทุกตำรับการทดลองในช่วงเวลานี้ ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาของการสืบพันธุ์ (Reproductive phase) ของต้นข้าว พบว่า ตำรับทดลองปุ๋ยเคมี มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ต่ำกว่าในตำรับดินเดิมตลอดจนตำรับทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสิ้น ส่วนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินของทุกตำรับทดลองนั้นมีค่าที่สูงกว่าตำรับดินเดิมอย่างมีนัยสำคัญ

- **ตัวอย่างดินที่ระยะข้าวน้ำนม (Milk grain)**

ตัวอย่างดินในระยะนี้นับว่าอยู่ในช่วงของการสุกแก่ (Mature grain) ของต้นข้าว เป็นช่วงหลังจากการปฏิสนธิในรังไข่โดยปกติหากมีการปฏิสนธิแล้วประมาณ 7-10 วัน ข้าวก็จะเข้าสู่ระยะน้ำนม (Milk grain) สังเกตจากการบีบเมล็ดข้าวดูจะพบน้ำสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนมออกมา

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ระยะข้าวน้ำนม (Milk grain) (ตารางที่ 4.4) พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเป็น 5.38 ซึ่งมีค่าที่สูงกว่าตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (a และ F-value = 85.32*) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินรองลงมา คือ 5.20 (b) นอกจากนี้พบว่าการเติมปุ๋ยเคมีมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเป็น 3.24 (i) ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าในตำรับดินเดิม (pH = 3.43) (h) อย่างมีนัยสำคัญ โดยทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 5.11) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ (pH = 5.09) (c เดียวกัน) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (pH = 4.34) ตลอดจนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 4.28 เท่ากัน) (d เดียวกัน) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 4.16) (e) การเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 3.69) (f) และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 3.56) (g) ก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินที่ระยะข้าวน้ำนม (Milk grain) (ตารางที่ 4.5) พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากันคือ 0.166 % (ef มีค่า F-value = 98.26*)

ซึ่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันแต่มีแนวโน้มที่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับการเติมปุ๋ยเคมี (0.164 %) (f) และการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (0.168 %) (c) ส่วนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (0.208%) ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่าตำรับทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (a และ F-value = 198.96*) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินรองลงมาเป็น 0.195 % (b) ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.186 %)(c) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (0.174 %) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ (0.172 %) (d เดียวกัน) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (0.158 %) (g) การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ (0.142 %) (h) มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่าในตำรับดินเดิม 0.102 % (i) อย่างมีนัยสำคัญ

อาจกล่าวได้ว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ระยะนี้ซึ่งนับได้ว่าเป็นข้าวระยะน้ำนม (Milk grain) ส่งผลให้ตำรับทดลองปุ๋ยเคมีมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ต่ำกว่าในตำรับดินเดิมตลอดจนตำรับทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสิ้น ส่วนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินของทุกตำรับทดลองนั้นมีค่าที่สูงกว่าตำรับดินเดิมอย่างมีนัยสำคัญ

- **ตัวอย่างดินที่ระยะข้าวสุกแก่ (Mature grain)**

ตัวอย่างดินในระยะนี้อยู่ในช่วงของการสุกแก่ (Mature grain) ของต้นข้าว เป็นช่วงที่เมล็ดข้าวจะเข้าสู่ระยะเมล็ดสุกแก่ สังเกตจากการบีบเมล็ดข้าวดูจะพบว่าเมล็ดข้าวเริ่มแข็งขึ้นและไม่มีน้ำสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนมออกมาหรือมีแต่ก็น้อยลง

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินระยะข้าวสุกแก่ (Mature grain) (ตารางที่ 4.4) พบว่าการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเป็น 5.40 ซึ่งมีค่าที่สูงกว่าตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (a และ F-value = 68.24*) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินรองลงมา คือ 5.26 (b) โดยทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 5.13) (c) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ (pH = 5.01) (d) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 4.30) (e) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ (pH = 4.18) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (pH = 4.21) (f เดียวกัน) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 4.09) (g) การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 3.49) (h) และการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 3.42) (i)

มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่สูงกว่าในตำรับดินเดิม (pH = 3.36) และการเติมปุ๋ยเคมี (pH = 3.33) (j) อย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินระยะข้าวสุกแก่ (Mature grain) (ตารางที่ 4.5) พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (0.205%) ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่าตำรับทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (a และ F-value = 44.36*) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินรองลงมาเป็น 0.186 % (b) ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเท่ากับ 0.176 % และ 0.168 % ตามลำดับ (c และ d ตามลำดับ) และสำหรับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (0.162 %) การเติมปุ๋ยเคมี (0.160 %) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.159 %) และการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (0.158 %) มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งสิ้น (e เดียวกัน) ส่วนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเท่ากัน คือ 0.149 % (f เดียวกัน) และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเป็น 0.135 % (g) ซึ่งทั้งนี้ในทุกตำรับทดลองมีค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินที่สูงกว่าในตำรับดินเดิม 0.096 % (h) อย่างมีนัยสำคัญ

อาจกล่าวได้ว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ระยะเมล็ดข้าวสุกแก่ (Mature grain) ส่งผลให้ตำรับทดลองปุ๋ยเคมีมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ต่ำกว่าในตำรับดินเดิมตลอดจนตำรับทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของทุกตำรับทดลองนั้นมีค่าที่สูงกว่าตำรับดินเดิมอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.4 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ระยะทุก ๆ 2 อาทิตย์หลังเติมสิ่งทดลอง 14 วัน จนถึงระยะก่อนสิ้นสุดการทดลอง

ตำรับทดลอง	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน						
	1	2	3	4	5	6	7
ดินเดิม (ชุดควบคุม)	3.61^{d}	3.61^{e}	3.59^{i}	3.59^{h}	3.51^{g}	3.43^{h}	3.36^{j}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	3.63^{d}	3.71^{d}	3.71^{h}	3.74^{g}	3.37^{i}	3.24^{i}	3.33^{j}
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์	3.92^{cd}	3.96^{cd}	3.96^{g}	3.93^{i}	3.69^{f}	3.56^{g}	3.49^{h}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	3.88^{cd}	3.98^{e}	3.94^{g}	3.92^{i}	3.75^{e}	3.69^{i}	3.42^{i}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่	4.38^{d}	4.42^{b}	4.38^{e}	4.36^{d}	4.31^{cd}	4.28^{d}	4.18^{i}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	4.50^{b}	4.47^{b}	4.43^{d}	4.44^{c}	4.46^{c}	4.34^{d}	4.21^{f}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + เถ้าลอยลิกไนต์	4.34^{b}	4.41^{c}	4.41^{d}	4.38^{d}	4.21^{d}	4.16^{e}	4.09^{g}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	4.10^{c}	4.23^{b}	4.22^{f}	4.24^{e}	4.22^{d}	4.28^{d}	4.30^{e}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่	5.08^{a}	5.05^{a}	5.02^{b}	5.02^{a}	5.10^{b}	5.09^{c}	5.01^{d}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	5.09^{a}	4.87^{a}	4.90^{c}	4.86^{b}	5.23^{a}	5.20^{b}	5.26^{b}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + เถ้าลอยลิกไนต์	5.11^{a}	5.08^{a}	5.06^{a}	5.02^{a}	5.08^{b}	5.11^{c}	5.13^{c}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	4.92^{a}	5.09^{a}	5.02^{b}	4.84^{b}	5.24^{a}	5.38^{a}	5.40^{a}
F-value	38.25^{*}	41.55^{*}	64.32^{*}	79.73^{*}	47.71^{*}	85.32^{*}	68.24^{*}
% CV	5.28	6.12	7.23	4.25	5.82	6.46	9.79

หมายเหตุ : 1) * หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

3) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

4) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่มากกว่า 1 ตัวในแต่ละสดมภ์ เช่น ab หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มที่จะความแตกต่างจาก a หรือ b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

5) หมายเลขในหัวตาราง หมายถึง ช่วงระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างดินตามระยะเวลาการเจริญเติบโตของต้นข้าว โดยหมายเลข 1 คือ ตัวอย่างดินระยะข้าวแตกกอ (Tillering), หมายเลข 2 คือ ตัวอย่างดินระยะข้าวแตกกอสูงสุด (Maximum Tillering), หมายเลข 3 คือ ตัวอย่างดินระยะข้าวตั้งท้อง (Booting),หมายเลข 4 คือ ตัวอย่างดินระยะข้าวออกดอก (Flowering),หมายเลข 5 คือ ตัวอย่างดินระยะที่ข้าวมีการผสมเกสรและการปฏิสนธิ (Pollination and fertilization), หมายเลข 6 คือ ตัวอย่างดินที่ระยะข้าวน้ำนม (Milk grain) และหมายเลข 7 คือ ตัวอย่างดินที่ระยะข้าวสุกแก่ (Mature grain)

ตารางที่ 4.5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%) ของดินที่ระยะทุก ๆ 2 อาทิตย์หลังเติมสิ่งทดลอง 14 วันจนถึงระยะก่อนสิ้นสุดการทดลอง

ตำรับทดลอง	ไนโตรเจนทั้งหมด (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
ดินเดิม (ชุดควบคุม)	0.098^{i}	0.102^{f}	0.105^{h}	0.107^{i}	0.103^{i}	0.102^{i}	0.096^{h}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	0.173^{c}	0.182^{b}	0.187^{d}	0.191^{c}	0.172^{f}	0.164^{f}	0.160^{e}
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์	0.140^{h}	0.152^{e}	0.163^{g}	0.170^{h}	0.159^{h}	0.142^{h}	0.135^{g}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	0.181^{b}	0.196^{a}	0.201^{b}	0.204^{c}	0.185^{d}	0.168^{e}	0.158^{e}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่	0.152^{g}	0.166^{cd}	0.172^{f}	0.181^{f}	0.174^{f}	0.166^{ef}	0.149^{f}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	0.156^{f}	0.170^{c}	0.170^{f}	0.177^{g}	0.168^{g}	0.166^{ef}	0.159^{e}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + เถ้าลอยลิกไนต์	0.162^{e}	0.164^{d}	0.174^{f}	0.176^{g}	0.162^{h}	0.158^{g}	0.149^{i}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	0.180^{b}	0.180^{b}	0.189^{d}	0.195^{d}	0.198^{b}	0.195^{b}	0.186^{b}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่	0.168^{d}	0.171^{c}	0.181^{e}	0.192^{e}	0.178^{e}	0.172^{d}	0.168^{d}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	0.173^{c}	0.184^{b}	0.189^{d}	0.194^{d}	0.191^{c}	0.186^{c}	0.176^{c}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + เถ้าลอยลิกไนต์	0.172^{c}	0.182^{b}	0.196^{c}	0.208^{b}	0.182^{d}	0.174^{d}	0.162^{e}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	0.198^{a}	0.200^{a}	0.205^{a}	0.213^{a}	0.205^{a}	0.208^{a}	0.205^{a}
F-value	58.52^{*}	92.25^{*}	75.36^{*}	48.23^{*}	69.48^{*}	98.26^{*}	44.36^{*}
% CV	10.13	2.56	5.86	4.56	8.84	5.64	12.45

หมายเหตุ : 1) * หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

3) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

4) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่มากกว่า 1 ตัวในแต่ละสดมภ์ เช่น ab หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มที่จะความแตกต่างจาก a หรือ b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

5) หมายเลขในหัวตาราง หมายถึง ช่วงระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างดินตามระยะเวลาการเจริญเติบโตของต้นข้าว โดยหมายเลข 1 คือ ตัวอย่างดินระยะข้าวแตกกอ (Tillering), หมายเลข 2 คือ ตัวอย่างดินระยะข้าวแตกกอสูงสุด (Maximum Tillering), หมายเลข 3 คือ ตัวอย่างดินระยะข้าวตั้งท้อง (Booting),หมายเลข 4 คือ ตัวอย่างดินระยะข้าวออกดอก (Flowering),หมายเลข 5 คือ ตัวอย่างดินระยะที่ข้าวมีการผสมเกสรและการปฏิสนธิ (Pollination and fertilization), หมายเลข 6 คือ ตัวอย่างดินที่ระยะข้าวน้ำนม (Milk grain) และหมายเลข 7 คือ ตัวอย่างดินที่ระยะข้าวสุกแก่ (Mature grain)

4.1.3 สิ้นสุดการทดลอง

ลักษณะสมบัติทางเคมีของดินที่ระยะสิ้นสุดการทดลองจะบ่งชี้ถึงปริมาณธาตุอาหารที่ต้นข้าวจะดูดดึงได้ทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารต่าง ๆ เพื่อการเจริญเติบโตตลอดจนความสามารถในการเป็นแหล่งธาตุอาหารให้กับต้นข้าวในการทำนาครั้งต่อไป การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดิน ประกอบด้วยความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และธาตุอาหารหลัก (ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้) ผลการศึกษามีดังนี้

4.1.3.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 4.6) พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 5.08) รวมถึงการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ (pH = 5.05) (a เดียวกัน) ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินสูงกว่าตำรับทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเป็น 4.95 และ 4.94 ตามลำดับ (b เดียวกัน) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเท่ากับ 4.28 (c) ส่วนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเป็น 4.17 4.16 และ 4.09 ตามลำดับ (d เดียวกัน) อีกทั้งการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเป็น 3.46 (e) ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการไม่เติมสิ่งทดลอง (ดินเดิม) (pH = 3.38) (f) ในขณะที่การเติมปุ๋ยเคมี (pH = 3.30) รวมถึงการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 3.28) (g เดียวกัน) ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินต่ำกว่าตำรับทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ

อาจกล่าวได้ว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ระยะสิ้นสุดการทดลองส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินซึ่งมีการเติมปูนมาร์ลลงไปไม่ว่าจะเติมเพื่อยกระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเดิมเป็นที่ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ หรือปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ก็ล้วนแต่ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ระยะสิ้นสุดการทดลองยังคงอยู่ในช่วงที่เป็นกรดจัด (Very Strongly Acid)ในขณะที่ตำรับทดลองซึ่งไม่มีการเติมปูนมาร์ลลงไปนั้นพบว่ามีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ต่ำมากและอยู่ในกลุ่มดินที่ซึ่งมีความเป็นกรดจัดมากอีกด้วย (Extremely Acid) (Very Strongly Acid) (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร และคณะ, 2534; FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973: ตารางภาคผนวกที่ ผ.1)

4.1.3.2 ธาตุอาหารหลัก

1. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 4.6) พบว่า ตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยว มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดคงเหลือตกค้างในดินเท่ากับ 0.075 % (g) สำหรับการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.141 % (ab และ F-value = 94.64*) ซึ่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันแต่มีแนวโน้มที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (0.138 %) (b) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์(0.145 %) (a) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ รวมถึงการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าเท่ากัน คือ 0.132 % (c เดียวกัน) ส่วนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.126 %, 0.124 % และ 0.123 % ตามลำดับ (d เดียวกัน) ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเป็น 0.119 % (e) และสำหรับการเติมปุ๋ยเคมีและการเติมเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.100 % และ 0.098 % ตามลำดับ (f เดียวกัน) ทั้งนี้ทุกตำรับทดลองมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม

อาจกล่าวได้ว่า การเติมสิ่งทดลองในทุกตำรับการทดลอง ส่งผลให้ดินมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม และจะมีปริมาณไนโตรเจนคงเหลือตกค้างในดินมากที่สุดได้จากการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์

2. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 4.6) พบว่า ตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลือตกค้างในดินเท่ากับ 8.35 ppm (k) โดยทั้งนี้ในทุกตำรับทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลือตกค้างในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งสิ้น กล่าวคือ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 16.88 ppm (a และ F-value = 41.71*) ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 16.35 ppm (b) ตลอดจนการเติมปุ๋ยเคมี การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและ

การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลือตกค้างในดินเท่ากับ 16.30, 15.96, 15.90 และ 15.41 ppm ตามลำดับ ทั้งนี้การเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลือตกค้างในดินเท่ากับ 14.25 และ 14.24 ppm ตามลำดับ (g เดียวกัน) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลือตกค้างในดินเท่ากับ 13.62, 13.22 และ 12.27 ppm ตามลำดับ

อาจกล่าวได้ว่า การเติมสิ่งทดลองในทุกตำรับการทดลอง ส่งผลให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลือตกค้างในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม โดยที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่าตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 4.6) พบว่า ตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้คงเหลือตกค้างในดินเพียง 84.00 ppm ซึ่งต่ำกว่าทุกตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (f และ F-value= 19.97*) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้คงเหลือตกค้างในดินเป็น 165.00 ppm (a) ซึ่งส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้คงเหลือตกค้างในดินสูงกว่าทุกตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้คงเหลือตกค้างในดิน เท่ากับ 146.67 และ 135.20 ppm ตามลำดับ (b เดียวกัน) ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้คงเหลือตกค้างในดิน เท่ากับ 122.38 และ 121.13 ppm ตามลำดับ (c เดียวกัน) ส่วนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้คงเหลือตกค้างในดินเป็น 110.18 ppm (d) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ การเติมปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ การเติมปุ๋ยเคมี การเติมเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้คงเหลือตกค้างในดิน เท่ากับ 101.22, 96.32, 95.13, 92.70 และ 92.21 ppm ตามลำดับ (e เดียวกัน)

อาจกล่าวได้ว่า การเติมสิ่งทดลองในทุกตำรับการทดลอง ส่งผลให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้คงเหลือตกค้างในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม โดยที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่าตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดังนั้นกล่าวโดยสรุปสำหรับธาตุอาหารหลักได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ สามารถทำให้ปริมาณธาตุอาหารหลัก อันประกอบไปด้วย ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้คงเหลือตกค้างในดินเพิ่มจากดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ปริมาณธาตุอาหารหลักในดินจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์

ตารางที่ 4.6 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและปริมาณธาตุอาหารหลักของดินในช่วงสิ้นสุดการทดลอง

ตำรับทดลอง	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	ปริมาณธาตุอาหารหลัก		
		ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5; ppm)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O; ppm)
ดินเดิม (ชุดควบคุม)	3.38^{f}	0.075^{g}	8.35^{k}	84.00^{l}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	3.30^{g}	0.100^{f}	16.30^{c}	95.13^{c}
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์	3.46^{e}	0.098^{f}	12.27^{j}	92.70^{e}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	3.28^{g}	0.141^{ab}	14.25^{i}	96.32^{c}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่	4.09^{d}	0.132^{c}	13.22^{i}	92.21^{e}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	4.17^{d}	0.119^{e}	15.90^{c}	121.13^{c}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + เถ้าลอยลิกไนต์	4.16^{d}	0.123^{d}	13.62^{h}	101.22^{e}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	4.28^{c}	0.126^{d}	16.35^{b}	135.20^{b}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่	5.05^{a}	0.132^{c}	14.24^{g}	110.18^{d}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	4.94^{b}	0.124^{d}	15.96^{d}	146.67^{b}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + เถ้าลอยลิกไนต์	5.08^{a}	0.145^{a}	15.41^{f}	122.38^{c}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	4.95^{b}	0.138^{b}	16.88^{a}	165.00^{a}
F-value	96.21*	94.64*	41.71*	19.97*
% CV	13.11	5.51	10.21	14.21

หมายเหตุ : 1) * หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

3) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่มากกว่า 1 ตัวในแต่ละสดมภ์ เช่น ab หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มที่จะความแตกต่างจาก a หรือ b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

4.2 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ที่ระดับความชื้น 14 %

ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 เป็นตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพในการเป็นแหล่งธาตุอาหารให้กับต้นข้าวของดินเดิม และเมื่อเติมสิ่งทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยเคมี เถ้าลอยลิกไนต์และปูนมาร์ลลงดินเพื่อปลูกข้าว ซึ่งมีสภาพพื้นที่เป็นดินเปรี้ยวจัดที่ประสบปัญหาอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาที่เป็นกรดจัดของดิน ส่งผลต่อการตรึงธาตุอาหารหลักของข้าวไว้ ทำให้ต้นข้าวขาดแคลนอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโต โดยผลการศึกษาได้มีการศึกษาเปรียบเทียบให้เห็นถึงผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ในสองลักษณะ คือ ผลผลิตจากพื้นที่เก็บเกี่ยวจริง (actual yield) และผลผลิตจากการประเมินด้วยองค์ประกอบผลผลิต (yield components)

4.2.1 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกจากพื้นที่เก็บเกี่ยวจริง (actual yield)

เมื่อพิจารณาผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 (ตารางที่ 4.8) พบว่า ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกในตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวจัดให้ผลผลิตเท่ากับ 49.76 กก./ไร่ โดยทั้งนี้มีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ (56.32 กก./ไร่) หรือการเติมปุ๋ยเคมี (64.21 กก./ไร่) (g และ F-Value = 102.39^{ns}) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มสูงสุดเป็น 231.89 กก./ไร่ (a) ส่วนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกมีปริมาณเป็น 212.10 และ 201.39 กก./ไร่ ตามลำดับ (b เดียวกัน) ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีมีปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเท่ากับ 180.23 กก./ไร่ (c) ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ที่ให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเป็น 126.41 กก./ไร่ (d) ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเท่ากับ 106.24 และ 101.71 กก./ไร่ ตามลำดับ (c เดียวกัน) ตลอดจนการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเป็น 88.25 และ 84.36 กก./ไร่ (f เดียวกัน)

แสดงให้เห็นว่า ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกจากพื้นที่เก็บเกี่ยวจริง (actual yield) ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ในทุกตำรับทดลองให้ผลผลิตในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากดินที่ใช้ศึกษาเป็นดินเปรี้ยวจัด สภาพพื้นที่ซึ่งมีต้นกกเจริญเติบโตอยู่เดิมทำให้ลักษณะสมบัติทางเคมีของดินไม่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว จึงทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนธาตุอาหารในการปลูกข้าว โดยสิ่งทดลองที่ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกสูงสุดได้จากการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีแต่ทั้งนี้ก็มีปริมาณไม่แตกต่าง กันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์

4.2.2 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกจากการประเมินด้วยองค์ประกอบผลผลิต (yield component)

การคำนวณองค์ประกอบผลผลิต (yield components) คำนวณจากการนำจำนวนรวง/ตร.ม. จำนวนเมล็ดดี/รวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด แล้วนำมาคำนวณในสูตรเพื่อหาผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก ดังนี้

ผลผลิตข้าวเปลือก(กก./ไร่) = จำนวนรวง/ตร.ม x จำนวนเมล็ดดี/รวง x น้ำหนัก1,000เมล็ด x (1.6/1000)

เมื่อได้ค่าผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกจากการคำนวณด้วยองค์ประกอบผลผลิตแล้ว ต้องนำค่าที่ได้ปรับเป็นน้ำหนักผลผลิตต่อไร่ที่ความชื้น 14 % โดยใช้สูตร

น้ำหนักเมล็ดที่ความชื้น 14% = น้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นขณะชั่ง x [(100 - % ความชื้นเมล็ดขณะชั่ง) / (100-14)]

ตารางที่ 4.7 องค์ประกอบผลผลิต (yield components) เมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ขาวตาแห้ง 17

ตำรับทดลอง	องค์ประกอบผลผลิต (yield components)			
	จำนวนรวง/ตร.ม	จำนวนเมล็ดดี/รวง	น้ำหนัก 1,000เมล็ด	% ความชื้นเมล็ดขณะชั่ง
ดินเดิม (ชุดควบคุม)	31.33	67.11	23.97	20.42
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	56.67	76.24	26.93	20.57
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์	45.33	69.47	29.33	20.80
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	61.33	76.27	28.90	19.07
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่	64.00	81.36	25.90	20.18
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	75.67	87.44	26.60	20.47
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + เถ้าลอยลิกไนต์	62.00	80.56	28.13	17.90
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	78.00	96.44	30.17	21.43
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่	64.67	85.62	30.03	16.75
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	76.33	100.38	30.07	21.27
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + เถ้าลอยลิกไนต์	67.00	88.16	30.47	19.47
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	88.00	109.69	30.13	20.72

เมื่อพิจารณาผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 (ตารางที่ 4.8) พบว่า ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกในตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวจัด ให้ผลผลิตเพียง 74.41 กก./ไร่ ซึ่งมีปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกต่ำกว่าในทุกตำรับทดลอง (f และ F-Value = 116.21**) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มสูงสุดเป็น 429.60 กก./ไร่ (a) ส่วนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกมีปริมาณเป็น 338.20 และ 331.26 กก./ไร่ ตามลำดับ (b เดียวกัน) ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกมีปริมาณเป็น 269.59, 260.69 และ 256.78 กก./ไร่ ตามลำดับ (c เดียวกัน) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ การเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ และเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกมีปริมาณเป็น 215.98, 204.55 และ 200.58 กก./ไร่ ตามลำดับ (d เดียวกัน) ส่วนการเติมปุ๋ยเคมี และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียวทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกมีปริมาณเท่ากับ 171.11 และ 136.60 กก./ไร่ ตามลำดับ (e เดียวกัน)

แสดงให้เห็นว่า ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกจากการประเมินด้วยองค์ประกอบผลผลิต (yield components) ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ในตำรับทดลองที่ไม่มีการเติมปูนมาร์ลจะให้ปริมาณผลผลิตในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ ในขณะที่ตำรับทดลองที่มีการเติมปูนมาร์ลร่วมกับสิ่งทดลองอื่น ๆ จะส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกสูงสุด ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกจากการประเมินด้วยองค์ประกอบผลผลิต (yield components) ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 กับปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกจากพื้นที่เก็บเกี่ยวจริง (actual yield) จะเห็นได้ว่ามีปริมาณผลผลิตค่อนข้างแตกต่างกันพอสมควร แต่ทั้งนี้เมื่อพิจารณาในแต่ละตำรับทดลอง พบว่า ปริมาณผลผลิตทั้ง 2 ลักษณะค่อนข้างจะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน นั่นหมายถึงการปรับปรุงบำรุงดินและการดูแลต้นข้าวโดยใช้เถ้าลอยลิกไนต์ร่วมด้วยนั้นมีโอกาสช่วยให้ได้รับผลผลิตข้าวได้เต็มที่ตามศักยภาพของพื้นที่และพันธุ์ข้าว ซึ่งสิ่งทดลองที่ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกทั้ง 2 ลักษณะมีปริมาณสูงสุดได้จากการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ ในขณะที่การเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียวจะไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม

.**ตารางที่ 4.8** ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17

ตำรับทดลอง	ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก (กก./ไร่)	
	actual yield	yield components
ดินเดิม (ชุดควบคุม)	49.76^{g}	74.41^{f}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	64.21^{g}	171.11^{e}
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์	56.32^{g}	136.60^{e}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	88.25^{f}	204.55^{d}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่	84.36^{f}	200.58^{d}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	180.23^{c}	260.69^{c}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + เถ้าลอยลิกไนต์	106.24^{e}	215.98^{d}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	201.39^{b}	331.36^{b}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่	101.71^{e}	256.78^{c}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	212.10^{b}	338.20^{b}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + เถ้าลอยลิกไนต์	126.41^{d}	269.59^{c}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	231.89^{a}	429.60^{a}
F-value	102.39**	116.21**
% CV	8.42	10.32

หมายเหตุ : 1) ** หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

3) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

4) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่มากกว่า 1 ตัวในแต่ละสดมภ์ เช่น ab หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มที่จะความแตกต่างจาก a หรือ b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

สำนักวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 คุณภาพเชิงพาณิชย์ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17

4.3.1 คุณภาพทางกายภาพเชิงพาณิชย์ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17

คุณภาพเมล็ดทางกายภาพ หมายถึง คุณสมบัติต่างๆของเมล็ดที่สามารถมองเห็นหรือ ชั่ง ตวง วัดได้ เช่น ขนาดและรูปร่างของเมล็ด สีของข้าวเปลือก สีของข้าวกล้อง ท้องไข่และคุณภาพการสี เป็นต้น โดยคุณภาพข้าวเชิงพาณิชย์ทางกายภาพนั้นจะเน้นถึงการแบ่งเกรดข้าวโดยพิจารณาจากขนาดของเมล็ดข้าวเป็นสำคัญ (งามชื่น คงเสรี, 2542) ซึ่งขนาดความยาว ความกว้าง อัตราส่วนความยาวต่อความกว้างตลอดจนความหนาของเมล็ดข้าวกล้อง ถือเป็นลักษณะประจำพันธุ์ที่มีความแตกต่างกันขึ้นกับพันธุ์ข้าวแต่ละชนิดและสภาพของพื้นที่ที่ปลูกข้าว ทั้งนี้คุณภาพทางกายภาพเชิงพาณิชย์ใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานสำคัญในการซื้อขายข้าวของประเทศไทย โดยผลการศึกษาความยาว ความกว้าง และอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องในเมล็ดข้าวกล้องของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 (ตารางที่ 4.9) เป็นดังนี้

4.3.1.1 ความยาวของเมล็ดข้าวกล้อง

ความยาวของเมล็ด หมายถึง ระยะจากปลายยอดสุดของเมล็ดถึงโคนเมล็ด โดยใช้เป็นหนึ่งในเกณฑ์ที่พิจารณาคุณภาพเมล็ด ซึ่งมีการแบ่งชนิดข้าวตามขนาดความยาวข้าวกล้องออกเป็น 4 ชนิด คือ เมล็ดยาวชั้น 1 (Extra long) เมล็ดยาวชั้น 2 (Long) เมล็ดยาวชั้น 3 (Medium) และเมล็ดสั้น (Short) (ประกาศกระทรวงพาณิชย์, 2540)

เมื่อพิจารณาความยาวของเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 (ตารางที่ 4.9) พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีส่งผลให้เมล็ดข้าวกล้องมีความยาวสูงสุดเป็น 7.58 และ 7.57 มิลลิเมตร ตามลำดับ (a และF-value = 19.07*) ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.53 และ 7.44 มิลลิเมตร ตามลำดับ (b เดียวกัน) โดยที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (7.36 มิลลิเมตร) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ (7.36 มิลลิเมตร) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (7.36 มิลลิเมตร) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ (7.26 มิลลิเมตร) ส่งผลให้เมล็ดข้าวกล้องมีความยาวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (c เดียวกัน) ทั้งนี้การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ (7.07 มิลลิเมตร) การเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (7.00 มิลลิเมตร) และการเติมปุ๋ยเคมี (6.97 มิลลิเมตร) ไม่มีผลต่อการเพิ่มความยาวเมล็ดข้าวกล้องอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม 6.90 มิลลิเมตร (d เดียวกัน)

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมปุ๋ยเคมีหรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียวไม่ส่งผลให้ความยาวเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 เปลี่ยนแปลง ในขณะที่การเติมปุ๋ยเคมีหรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับการเติมปูนมาร์ลจะส่งให้ความยาวเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 เกิดการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ดีขึ้น ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีจะส่งผลให้เมล็ดข้าวกล้องมีความยาวสูงสุด

4.3.1.2 ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง

ความกว้างของเมล็ด หมายถึง ระยะทางส่วนที่กว้างที่สุดระหว่างเปลือกใหญ่ถึงเปลือกเล็ก ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องแม้จะไม่ได้เป็นเกณฑ์หลักสำคัญในการพิจารณาคุณภาพเมล็ดแต่ก็เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้เพื่อการคำนวณหาอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างเมล็ดข้าวกล้องซึ่งเป็นมาตรฐานในการซื้อขายข้าวทั้งในประเทศและในตลาดโลก (งามชื่น คงเสรี, 2541; รตนชนม์ ธันโยดม และนัฐธีร์ ศรีสุเทพ, 2532)

เมื่อพิจารณาความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 (ตารางที่ 4.9) พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ส่งผลให้เมล็ดข้าวกล้องมีความกว้างเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น 2.30 มิลลิเมตร (a และ F-value = 19.07*) ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (2.26 มิลลิเมตร) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (2.25 มิลลิเมตร) การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (2.25 มิลลิเมตร) และการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (2.25 มิลลิเมตร) (b เดียวกัน) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ ส่งผลให้เมล็ดข้าวกล้องมีความกว้างเท่ากันเป็น 2.23 มิลลิเมตร (c เดียวกัน) ส่วนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (2.20 มิลลิเมตร) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับดินเดิม (2.22 มิลลิเมตร) (d เดียวกัน) ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ (2.15 มิลลิเมตร) (e)ส่งผลให้ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องมีค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับในทุกตำรับทดลอง

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ส่งผลให้เมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 มีความกว้างเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับในทุกตำรับทดลอง ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ กลับส่งผลให้ค่าความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องมีค่าต่ำสุด ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ ไม่ส่งผลต่อความกว้างเมล็ดข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบกับดินเดิม

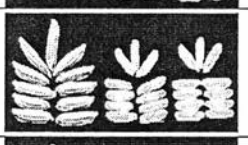
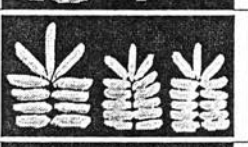
4.3.1.3 อัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง

อัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องถือเป็นมาตรฐานหลักในการซื้อขายข้าวทั้งในประเทศและในตลาดโลก เนื่องด้วยเกณฑ์ดังกล่าวจะเป็นมาตรฐานในการจำแนกชนิดและรูปร่างของข้าวได้ ซึ่งก็มีเกณฑ์ในการจำแนกออกเป็น 3 ชนิด คือ ข้าวเมล็ดเรียว (Slender) เมล็ดปานกลาง (Medium) และเมล็ดป้อม (Bold) (USDA, 1982)

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 (ตารางที่ 4.9) พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ ส่งผลให้อัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องมีค่าเท่ากับ 3.40 3.37 และ 3.37 ตามลำดับ (a และ F-value = 13.88*) โดยทั้งนี้ค่าอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องที่ได้จัดอยู่ในกลุ่มที่มีค่าสูงสุด ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.35, 3.34 และ 3.31 ตามลำดับ (b เดียวกัน) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ส่งผลให้อัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องมีค่าเท่ากับ 3.27 และ 3.20 ตามลำดับ (c เดียวกัน) ทั้งนี้การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ (3.18) การเติมปุ๋ยเคมี (3.12) และการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (3.12) ไม่มีผลต่อการเพิ่มอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม (3.11) (d เดียวกัน)

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมปุ๋ยเคมีหรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียวหรือร่วมกันโดยไม่มีการเติมปูนมาร์ลร่วมนั้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม โดยทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ ส่งผลให้เมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 มีอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของเมล็ดสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบในทุกตำรับทดลอง

ตารางที่ 4.9 คุณภาพทางกายภาพเชิงพาณิชย์ของข้าวกล้องพันธุ์ขาวตาแห้ง 17

ตำรับทดลอง	ลักษณะของเมล็ดข้าว	ความยาว (มิลลิเมตร)	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง
ดินเดิม (ชุดควบคุม)		6.90[d]	2.22[d]	3.11[d]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี		6.98[d]	2.24[c]	3.12[d]
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์		7.07[d]	2.23[c]	3.18[d]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์		7.01[d]	2.25[b]	3.12[d]
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่		7.36[c]	2.30[a]	3.20[c]
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี		7.58[a]	2.26[b]	3.35[b]
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + เถ้าลอยลิกไนต์		7.44[b]	2.25[b]	3.31[b]
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์		7.53[b]	2.23[c]	3.37[a]
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่		7.26[c]	2.15[c]	3.37[a]
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี		7.57[a]	2.23[c]	3.40[a]
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + เถ้าลอยลิกไนต์		7.36[c]	2.25[b]	3.27[c]
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์		7.36[c]	2.20[d]	3.34[b]
มาตรฐานข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17		7.50	2.30	3.26
มาตรฐานพันธุ์ข้าวหอม		7.50	2.10	3.57
F-value		19.02*	15.37*	13.88*
% CV		3.32	5.61	7.71

หมายเหตุ : 1) * หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

3) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

4) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่มากกว่า 1 ตัวในแต่ละสดมภ์ เช่น ab หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มที่จะความแตกต่างจาก a หรือ b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีของ DMRT

4.3.2 คุณภาพทางเคมีเชิงพาณิชย์ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17

คุณภาพเมล็ดทางเคมี หมายถึง คุณสมบัติต่าง ๆ ที่ซ่อนเร้นภายในเมล็ดซึ่งไม่สามารถมองเห็น จำเป็นต้องใช้เทคนิคทางเคมีในการตรวจสอบ เพื่อกำหนดคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานข้าว (Cooking and eating quality) ซึ่งเป็นคุณภาพที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อโดยตรง ปัจจัยที่ทำให้ข้าวพันธุ์ต่างๆ มีคุณภาพของข้าวสุกแตกต่างกันออกไป ได้แก่ การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (Elongation ratio) ปริมาณอมิโลส (Apparent amylose) ค่าความคงตัวแป้งสุก (Gel consistency) และค่าการสลายตัวในด่าง (Alkali test) อันเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้วัดคุณภาพทางเคมีเชิงพาณิชย์ของข้าว ซึ่งจะบ่งบอกถึงลักษณะเฉพาะพันธุ์ การประเมินคุณภาพการหุงต้มและบริโภค โดยผลการศึกษาการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก ปริมาณอมิโลส ค่าความคงตัวแป้งสุก และค่าการสลายตัวในด่าง (เมล็ดข้าวสาร) ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 (ตารางที่ 4.13) เป็นดังนี้

4.3.2.1 การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (Elongation ratio during cooking)

ในระหว่างการหุงต้มเมล็ดข้าวจะมีการขยายตัวทุกด้าน โดยเฉพาะตามด้านยาวของเมล็ดคุณลักษณะนี้ถือเป็นคุณภาพพิเศษของข้าว โดยจะช่วยเสริมให้เมล็ดข้าวสุกขยายขนาดเพิ่มขึ้นและหากข้าวสุกเป็นข้าวที่ไม่เหนียวติดกันแล้ว การขยายขนาดเมล็ดข้าวสุกจะช่วยให้ข้าวขึ้นหม้อดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้นเพราะการขยายตัวทำให้เนื้อข้าวโปร่งขึ้นไม่อัดกันแน่น ซึ่งการที่เมล็ดข้าวยืดตัวตามยาวโดยไม่มีการขยายตัวตามเส้นรอบวงนี้ ถือเป็นลักษณะเด่นที่ลูกค้าในตะวันออกกลางมีต้องการสูง

เมื่อเปรียบเทียบการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกในข้าวสารพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 (ตารางที่ 4.10) พบว่า ในตำรับทดลองดินเดิมมีค่าการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกเป็น 1.55 เท่า ซึ่งต่ำกว่าทุกตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญ (h และ F-Value = 135.29*) และเมื่อเติมสิ่งทดลอง คือ ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีส่งผลให้ค่าการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกเป็น 1.76 เท่า (cd) ซึ่งมีปริมาณไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มที่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ (1.75 เท่า) (d) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (1.76 เท่า) (c) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ค่าการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกเพิ่มสูงสุดเป็น 1.83 เท่า (a) ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้มีค่าการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกรองลงมา คือ 1.80 เท่า (b) และสำหรับการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้มีค่าการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกเป็น 1.72 และ 1.71 เท่า ตามลำดับ (e เดียวกัน) ส่วนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ มีค่าเท่ากับ

1.70 และ 1.69 เท่า ตามลำดับ (f เดียวกัน) อีกทั้งการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ และการเติมปุ๋ยเคมีส่งผลให้มีค่าการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกเป็น 1.66 และ 1.65 เท่า ตามลำดับ (g เดียวกัน)

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมสิ่งทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยเคมี ปูนมาร์ลและเถ้าลอยลิกไนต์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับดินเดิมซึ่งไม่มีการเติมสิ่งทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ค่าการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกเพิ่มสูงสุด

4.3.2.2 ปริมาณอมิโลส (Apparent amylose)

ปริมาณอมิโลสมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการขยายปริมาตร การดูดน้ำระหว่างการหุงต้ม และมีความสัมพันธ์ทางลบกับความนุ่มเหนียวของข้าวสุก โดยข้าวที่มีปริมาณอมิโลสสูงจะดูดน้ำและจะขยายปริมาตรได้มาก ทำให้ข้าวสุกแข็งและร่วนกว่าข้าวที่มีปริมาณอมิโลสต่ำ อย่างไรก็ตาม ข้าวที่มีปริมาณอมิโลสเท่ากัน หรือใกล้เคียงกันก็ยังมีความแตกต่างกันอยู่ในความนุ่มของข้าวสุก ซึ่งอาจเกี่ยวเกี่ยวข้องกับค่าความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency) หรือค่าการสลายตัวในด่าง (Alkali spreading value) หรือทั้งสองค่า (Juliano, 1979; Perez, 1979)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอมิโลสของข้าวสารพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 (ตารางที่ 4.10) พบว่า ในทุกตำรับทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งสิ้น ยกเว้นการเติมปุ๋ยเคมีที่ส่งผลให้ปริมาณอมิโลสไม่แตกต่างกันกับในตำรับดินเดิมซึ่งมีค่าเป็น 25.76 และ 25.79 % ตามลำดับ (a และ F-Value = 83.82*) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ การเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้มีปริมาณอมิโลสเป็น 24.19, 24.08, 23.63, 23.41, 23.31, 23.24, 22.93, 22.89, 22.84 และ 22.79 % ตามลำดับ (b, c, d, e, f, g, h, i, j และ k ตามลำดับ) โดยทั้งนี้การลดลงของปริมาณอมิโลสบ่งชี้ให้ทราบว่าข้าวจะมีความเหนียวนุ่มมากขึ้นเมื่อหุงสุก

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวที่ไม่ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณอมิโลสของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 เมื่อเทียบกับดินเดิม ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ หรือการเติมปูนมาร์ลร่วมกับสิ่งทดลองอื่น ๆ (ปุ๋ยเคมี และเถ้าลอยลิกไนต์) ทำให้ค่าปริมาณอมิโลสองข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17

ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยทั้งนี้ค่าปริมาณอมิโลสที่ลดลงยังมีค่าที่ลดลงต่ำกว่าค่ามาตรฐานของสายพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ซึ่งได้กำหนดไว้ที่ช่วง 24-28 % อีกด้วย (งามชื่น คงเสรี, 2545)

4.3.2.3 ค่าความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency)

แม้ว่าปริมาณอมิโลสจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพข้าวสุก แต่ในระหว่างข้าวที่มีปริมาณอมิโลสเท่ากันอาจมีความแข็งของข้าวสุกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งสุกมีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากัน ทำให้แป้งสุกมีความแข็งและอ่อนแตกต่างกัน โดยความคงตัวของแป้งสุกที่มีค่าน้อย แป้งสุกที่ได้จะแข็งซึ่งค่าความคงตัวแป้งสุกที่มีค่ามากกว่า 61 มิลลิเมตร นับว่าเป็นแป้งสุกอ่อน

เมื่อเปรียบเทียบค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวสารพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 (ตารางที่ 4.10) พบว่า ในตำรับทดลองดินเดิมซึ่งไม่มีการเติมสิ่งทดลองมีค่าความคงตัวของแป้งสุกเท่ากับ 58.33 มิลลิเมตร ซึ่งต่ำกว่าทุกตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญ (j และ F-Value = 113.21**) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ค่าความคงตัวของแป้งสุกเพิ่มสูงสุดเป็น 80.67 มิลลิเมตร (a) ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ค่าความคงตัวของแป้งสุกรองลงมา คือ 78.33 มิลลิเมตร(b) และสำหรับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ การเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้มีค่าความคงตัวของแป้งสุกเป็น 75.67, 75.25 และ 74.83 มิลลิเมตร ตามลำดับ (c เดียวกัน) ส่วนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ และการเติมปุ๋ยเคมี ทำให้ค่าคงตัวแป้งสุกมีค่าเท่ากับ 73.67, 72.33, 70.67, 69.50, 66.00 และ 60.33 มิลลิเมตร ตามลำดับ (d, e, f, g, h และ i ตามลำดับ) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าความคงตัวของแป้งสุกบ่งชี้ให้ทราบว่าข้าวที่หุงสุกจะมีแป้งอ่อนทำให้ข้าวมีความเหนียวนุ่มมากขึ้น

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมสิ่งทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยเคมี ปูนมาร์ลและเถ้าลอยลิกไนต์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวสารพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม โดยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ค่าความคงตัวของแป้งสุกเพิ่มสูงสุดและในทุกตำรับทดลอง (ยกเว้นตำรับดินเดิมและปุ๋ยเคมี) ยังคงมีค่าความคงตัวแป้งสุกอยู่ในข้อกำหนดของพันธุ์ข้าวขาวตาแห้ง 17 ซึ่งเป็นข้าวประเภทสุกอ่อน (61-100 มิลลิเมตร) (งามชื่น คงเสรี, 2545)

4.3.2.4 การสลายเมล็ดในด่าง (Alkali test)

การสลายตัวในด่างเป็นวิธีที่ใช้ในการประมาณระดับของอุณหภูมิแป้งสุก (Galatinization temperature) ซึ่งเป็นการต้มเมล็ดข้าวให้สุกโดยใช้เวลา 14-24 นาที เมล็ดข้าวที่สุกนั้นจะต้องไม่มีไตของแป้งดิบภายในเมล็ด โดยค่าการสลายตัวในด่างที่สูง จะมีระดับของอุณหภูมิแป้งสุกต่ำทำให้ใช้ระยะเวลาในการหุงต้มน้อย (ละม้ายมาศ ยังสุข, 2541)

เมื่อเปรียบเทียบค่าการสลายเมล็ดในด่างของข้าวสารพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 (ตารางที่ 4.10) พบว่า ตำรับทดลองดินเดิมมีค่าการสลายเมล็ดในด่างของข้าวสารต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ (4.72) (h และF-value = 80.51*) และเมื่อเติมสิ่งทดลอง คือ ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ส่งผลให้การสลายเมล็ดในด่างของข้าวสารเป็น 5.29 (fg) ซึ่งมีปริมาณไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มที่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ (5.27) (g) และการเติมปุ๋ยเคมี (5.32) (f) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ค่าการสลายเมล็ดในด่างของข้าวสารเพิ่มสูงสุดเป็น 5.83 (a) ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้มีค่าการสลายเมล็ดในด่างของข้าวสารรองลงมา คือ 5.71 (b) และสำหรับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้มีค่าการสลายเมล็ดในด่างของข้าวสารเป็น 5.61 และ 5.58 ตามลำดับ (c เดียวกัน) ส่วนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์มีค่าเท่ากับ 5.53 และ 5.52 เท่า ตามลำดับ (d เดียวกัน) อีกทั้งการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีส่งผลให้มีค่าการสลายเมล็ดในด่างของข้าวสารเป็น 5.43 และ 5.40 ตามลำดับ (e เดียวกัน) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าการสลายตัวในด่างบ่งชี้ให้ทราบว่า เมื่อค่าการสลายตัวในด่างเพิ่มขึ้น จะมีระดับอุณหภูมิแป้งสุกลดลง ทำให้ใช้ระยะเวลาในการหุงต้มที่ลดน้อยลง

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การไม่เติมสิ่งทดลอง (ดินเดิม) ส่งผลให้ค่าการสลายเมล็ดในด่างต่ำกว่าข้อกำหนดของพันธุ์ข้าวขาวตาแห้ง 17 ที่กำหนดไว้ว่ามีค่าเท่ากับ 5 (งามชื่น คงเสรี,2545) ในขณะที่ตำรับการทดลองอื่น ๆ มีค่าการสลายตัวในด่างสูงกว่าข้อกำหนดของพันธุ์ข้าวขาวตาแห้ง 17 จึงเป็นไปได้ว่า การเติมสิ่งทดลองทุกชนิด ได้แก่ ปูนมาร์ล ปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ในการปลูกข้าวมีส่วนทำให้ข้าวสารที่ได้รับใช้พลังงานเพื่อการหุงต้มลดลง ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ค่าการสลายเมล็ดในด่างมีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับในทุกตำรับการทดลอง

ตารางที่ 4.10 การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก ปริมาณอมิโลส ค่าความคงตัวแป้งสุก และค่าการสลายตัวในด่าง (เมล็ดข้าวสาร) ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยว

ตำรับทดลอง	การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (เท่า)	ปริมาณอมิโลส (%)	ค่าความคงตัวแป้งสุก (มิลลิเมตร)	ค่าการสลายตัวในด่าง (ระดับ)
ดินเดิม (ชุดควบคุม)	1.55^{h}	25.79^{a}	58.33^{j}	4.72^{h}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	1.65^{g}	25.76^{a}	60.33^{i}	5.32^{f}
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์	1.75^{d}	23.24^{g}	72.33^{e}	5.58^{c}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	1.72^{e}	22.94^{h}	75.25^{c}	5.43^{e}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่	1.66^{g}	23.63^{d}	66.00^{h}	5.27^{g}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	1.76^{cd}	24.19^{b}	70.67^{f}	5.40^{e}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + เถ้าลอยลิกไนต์	1.71^{f}	23.32^{f}	73.67^{d}	5.61^{c}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	1.80^{b}	22.89^{i}	78.33^{b}	5.71^{b}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่	1.69^{f}	23.41^{e}	69.50^{g}	5.29^{fg}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	1.77^{c}	24.08^{c}	74.83^{c}	5.53^{d}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + เถ้าลอยลิกไนต์	1.72^{e}	22.84^{j}	75.67^{c}	5.52^{d}
ดินเดิม + ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์	1.83^{a}	22.79^{k}	80.67^{a}	5.83^{a}
มาตรฐานข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17	1.60-1.80	24-28	61-100	5
มาตรฐานพันธุ์ข้าวหอม	1.60-1.80	12-19	61-100	6-7
F-value	135.29^{**}	83.82^{*}	113.21^{**}	80.51^{*}
% CV	10.78	5.25	7.28	8.18

หมายเหตุ : 1) * หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2) ** หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

4) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

5) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่มากกว่า 1 ตัวในแต่ละสดมภ์ เช่น ab หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มที่จะความแตกต่างจาก a หรือ b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT