สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ลักษณะสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าว

ลักษณะสมบัติทางเคมี และทางกายภาพของเถ้าลอยลิกไนต์จากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแม่เมาะ จังหวัดลำปาง และปุ๋ยหมักฟางข้าวซึ่งทำจากวัตถุดิบส่วนใหญ่ที่มาจากฟางข้าวที่ผ่านการเพาะเห็ดมาแล้วซึ่งเป็นของเหลือทิ้งในพื้นที่จังหวัดนครนายก ก่อนที่จะทำการศึกษาวิจัยจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของสิ่งทดลองเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ พารามิเตอร์สมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษาได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ฟอสฟอรัสทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ธาตุอาหารเสริมประโยชน์ ซิลิกอน สำหรับพารามิเตอร์สมบัติทางกายภาพของดินที่ทำการศึกษาได้แก่ ความหนาแน่นรวม (bulk density) และความพรุน (porosity) โดยมีผลการศึกษาดังนี้

4.1.1 เถ้าลอยลิกไนต์

ความเป็นกรดเป็นด่างของเถ้าลอยลิกไนต์ที่นำมาศึกษามีค่าเท่ากับ 11.82 (ตารางที่ 4.1) จัดได้ว่าความเป็นกรดเป็นด่างของเถ้าลอยลิกไนต์เป็นด่างจัดมาก (very strongly alkaline) โดยอยู่ในช่วงมากกว่า 9.0 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ในขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ ($Si(OH)_4$) ของเถ้าลอยลิกไนต์มีค่าเท่ากับ 2.39 ppm P และ324.55 ppm ตามลำดับ สำหรับความหนาแน่นรวมและความพรุนของเถ้าลอยลิกไนต์มีค่าเท่ากับ 1.19 กรัม/ลบ.ซม.และ55.09 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

4.1.2 ปุ๋ยหมักฟางข้าว

ความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ใช้มีค่าเท่ากับ 7.73 (ตารางที่ 4.2) ซึ่งความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในระดับเป็นด่างเล็กน้อย (slightly alkaline) โดยปกติความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 7.3 - 7.4 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ส่วนฟางข้าวที่ผ่านการเพาะเห็ดก่อนนำมาทำเป็นปุ๋ยหมักมีความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 7.16 ในขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของปุ๋ยหมักฟางข้าวและฟางข้าวที่ผ่านการเพาะเห็ดก่อนนำมาทำเป็นปุ๋ยหมักมีค่าเท่ากับ 744.07 และ122.82 ppm P ตามลำดับ สำหรับปริมาณซิลิกอน (crude Silicon) มีค่าเท่ากับ 12.72 และ 10.69 % SiO_2 ตามลำดับ โดยความหนาแน่นรวมและความพรุนของปุ๋ยหมักฟางข้าวมีค่าเท่ากับ 0.17 กรัม/ลบ.ซม. และ 93.58 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.1 ลักษณะสมบัติทางเคมีและกายภาพของเถ้าลอยลิกไนต์

ลักษณะสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ	เถ้าลอยลิกไนต์
ลักษณะสมบัติทางเคมี	
■ ความเป็นกรดเป็นด่าง (ดิน:น้ำ 1:2)	11.82
■ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ppm P)	2.39
■ ซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ (ppm)	324.55
ลักษณะสมบัติทางกายภาพ	
■ ความหนาแน่นรวม (กรัม/ลบ.ซม.)	1.19
■ ความพรุน (%)	55.09

ตารางที่ 4.2 ลักษณะสมบัติทางเคมีและกายภาพของปุ๋ยหมักฟางข้าวและฟางข้าวที่ผ่านการเพาะเห็ด

ลักษณะสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ	ปุ๋ยหมักฟางข้าว	ฟางข้าวที่ผ่านการเพาะเห็ด
ลักษณะสมบัติทางเคมี		
■ ความเป็นกรดเป็นด่าง (ดิน:น้ำ 1:5)	7.73	7.16
■ ฟอสฟอรัสทั้งหมด (ppm P)	744.07	122.82
■ ซิลิกอน (crude silicon) (% SiO_2)	12.72	10.69
ลักษณะสมบัติทางกายภาพ		
■ ความหนาแน่นรวม (กรัม/ลบ.ซม.)	0.17	-
■ ความพรุน (%)	93.58	-

4.2 ลักษณะสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดิน

ลักษณะสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ลักษณะสมบัติทางเคมีของดินซึ่งประกอบด้วย ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ ($Si(OH)_4$) ส่วนลักษณะสมบัติทางกายภาพของดินประกอบด้วย ความหนาแน่นรวม (bulk density) และความพรุน (porosity) โดยทำการเก็บตัวอย่าง 4 ระยะคือ ก่อนเติมสิ่งทดลอง ระยะ14วันหลังเติมสิ่งทดลอง ระยะต้นข้าวออกดอก และระยะก่อนเกี่ยวข้าว ซึ่งผลการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 ลักษณะสมบัติทางเคมี

ลักษณะสมบัติทางเคมีของดินนาประกอบด้วย 3 ระยะคือ ก่อนเติมสิ่งทดลอง ทำการศึกษาเพื่อให้ทราบเป็นข้อมูลพื้นฐาน และความสม่ำเสมอของพื้นที่ที่ทำการศึกษาวิจัย ระยะ14วันหลังเติมสิ่งทดลองเป็นระยะที่ใช้ในการประเมินความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารหลังจากเติมสิ่งทดลอง และระยะต้นข้าวออกดอกเป็นระยะที่ใช้ศึกษาการเจริญเติบโตของรากข้าว

4.2.1.1 ก่อนเติมสิ่งทดลอง

สมบัติทางเคมีของดินในแต่ละหน่วยทดลองก่อนเติมสิ่งทดลองพบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (F-value = 0.77^{NS}) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (F-value = 0.27^{NS}) ซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ในดิน (F-value = 0.31^{NS}) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงสรุปได้ว่าดินก่อนเติมสิ่งทดลองทุกหน่วยทดลองมีความสม่ำเสมอกัน (ตารางที่ 4.3 - 4.5)

4.2.1.2 ระยะ14วันหลังเติมสิ่งทดลอง

ระยะ14วันหลังเติมสิ่งทดลองเป็นระยะเวลาที่สิ่งทดลอง (ปุ๋ยเคมี เถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าว) ทำปฏิกิริยากับสารละลายดินได้อย่างเหมาะสม (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ 2531)

- ความเป็นกรดเป็นด่าง

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่ระยะ14วันหลังเติมสิ่งทดลอง(ตารางที่ 4.3) พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างของดินในทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 1.92^{NS}) แสดงว่าสิ่งทดลอง (ปุ๋ยเคมี เถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าว) ไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างของดินอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ โดยความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่ระยะ14วันหลังเติมสิ่งทดลองจะอยู่ในช่วง 4.36 - 4.73 การเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้น (pH มีค่า 4.73) ส่วนการเติมปุ๋ยเคมี และปุ๋ยหมักฟางข้าว มีแนวโน้มทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลง (pH มีค่า 4.36 และ4.49 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับดินเดิม (pH มีค่า 4.63) สำหรับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว (pH มีค่า 4.63) มีผลทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีค่ามากกว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (pH มีค่า 4.71)

กล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ และปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

- ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยสกัดด้วย Bray II (Bray and Kurtz, 1945) และวัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่องมือ Spectrophotometer (ตารางที่ 4.4) พบว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี หรือการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 16.48*) เมื่อเปรียบเทียบกับ การเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว หรือการเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว หรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว หรือดินเดิม ทั้งนี้การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมีส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าสูงสุด (23.49 ppm P) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (21.02 ppm P) เนื่องด้วยอยู่กลุ่มอักษร a เหมือนกัน ในขณะที่ดินเดิม (มีค่า 13.96 ppm P) การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ (มีค่า 14.92 ppm P) การเติมปุ๋ยหมักฟางข้าว (มีค่า 16.11 ppm P) และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว (มีค่า 16.17 ppm P) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกัน (อยู่กลุ่มอักษร b เหมือนกัน)

สรุปได้ว่า เถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าว ไม่ใช่แหล่งธาตุอาหารฟอสฟอรัสซึ่งพืชจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันทีเหมือนปุ๋ยเคมีแม้จะแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นก็ตาม

- ซิลิกอนที่เป็นประโยชน์

ปริมาณซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ทำการศึกษาในรูป $Si(OH_4)$ หรือ H_4SiO_4 โดยสกัดด้วย DTPA และวัดปริมาณด้วยเครื่องมือ Spectrophotometer (ตารางที่ 4.5) พบว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวมีผลทำให้ปริมาณซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ในดินสูงสุด (มีค่า 77.22 ppm อยู่กลุ่มอักษร a และ F-value = 9.22*) แต่ไม่แตกต่างจากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว และการ

เติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (มีค่า 68.44 และ 68.93 ppm ตามลำดับอยู่กลุ่มอักษร ab เหมือนกัน) ส่วนการเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว (มีค่า 60.60 ppm อยู่กลุ่มอักษร bc) ไม่มีผลให้ปริมาณซิลิกอนที่เป็นประโยชน์แตกต่างไปจากการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว หรือดินเดิม (มีค่า 52.69 และ51.90 ppm ตามลำดับ อยู่กลุ่มอักษร c) แต่อย่างใด นอกจากนั้นการเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวยังให้ค่าซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างไปจากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมีอีกด้วย

แสดงว่า เถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าวสามารถใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารเสริมประโยชน์คือซิลิกอนได้ดีพอๆกัน เมื่อใช้ในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ทั้งนี้เถ้าลอยลิกไนต์มีแนวโน้มที่จะเป็นแหล่งที่มาของซิลิกอนสำหรับข้าวที่ดีกว่าปุ๋ยหมักฟางข้าว ($P<0.05$)

4.2.1.3 ระยะต้นข้าวออกดอก

ระยะต้นข้าวออกดอกเป็นระยะที่รากข้าวเจริญเติบโตสูงสุด (Yoshida, 1981) เพราะฉะนั้นจึงเก็บตัวอย่างดินบริเวณรากข้าวมาศึกษา ความเป็นกรดเป็นด่าง ฟอสฟอรัส และซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของรากข้าว

- ความเป็นกรดเป็นด่าง

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่ระยะต้นข้าวออกดอก (ตารางที่ 4.3) พบว่าความเป็นกรดเป็นด่างทั้งหมดในทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F\text{-value} = 2.67^{NS}$) โดยความเป็นกรดเป็นด่างของดินทั้งหมดในทุกตำรับทดลองที่ระยะต้นข้าวออกดอกจะอยู่ในช่วง 4.04 - 4.26 การเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว (pH มีค่า 4.26) มีแนวโน้มทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับดินเดิม (pH มีค่า 4.18) ส่วนการเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว (pH มีค่า 4.11) หรือการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (pH มีค่า 4.04) มีแนวโน้มทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลง สำหรับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (pH มีค่า 4.25) หรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว (pH มีค่า 4.14) มีแนวโน้มทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว หรือการเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว

แสดงว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ และปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างของดินในระยะต้นข้าวออกดอกอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เพียงแต่มีแนวโน้มว่าเถ้าลอยลิกไนต์เพิ่มความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ขณะที่ปุ๋ยหมักฟางข้าวมีแนวโน้มทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลงเช่นเดียวกับปุ๋ยเคมี

- ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยสกัดด้วย Bray II (Bray and Kurtz, 1945) และวัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่องมือ Spectrophotometer (ตารางที่ 4.4) พบว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี หรือการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบตำรับทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 16.48*) ทั้งนี้การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (17.26 ppm P) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงสุด เช่นเดียวกันกับการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (15.89 ppm P) ในขณะที่การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว (มีค่า 11.67 ppm p) มีค่าเพิ่มขึ้น และไม่แตกต่างจากการเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว หรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว (มีค่า 9.83 และ 10.42 ppm P ตามลำดับ) ส่วนดินเดิมมีค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุดคือ 8.13 ppm P และไม่แตกต่างกับการเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว หรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

อาจกล่าวได้ว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินเพิ่มขึ้นจากดินเดิมในระยะต้นข้าวออกดอกอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

- ซิลิกอนที่เป็นประโยชน์

ปริมาณซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ทำการศึกษาในรูป $Si(OH)_4$ โดยสกัดด้วย DTPA และวัดปริมาณด้วยเครื่องมือ Spectrophotometer (ตารางที่ 4.5) พบว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี หรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวส่งผลให้ปริมาณซิลิกอนที่เป็นประโยชน์สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 10.42*) ทั้งนี้การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว ซิลิกอนที่เป็นประโยชน์มีค่า 67.14 และ72.55 ppm ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างจากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียวมีค่า 65.70 ppm ส่วนการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และดินเดิม มีค่าซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกันและต่ำที่สุดคือ 47.57 และ43.49 ppm ตามลำดับ และไม่แตกต่างจากการเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว (มีค่า 54.70 ppm) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

I 25198592

แสดงว่า เถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าวสามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารเสริมประโยชน์คือซิลิกอนได้ โดยการเติมในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้มีซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ของดินเพิ่มขึ้นจากดินเดิมในระยะต้นข้าวออกดอกอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

4.2.2 ลักษณะสมบัติทางกายภาพของดินนา

ลักษณะสมบัติทางกายภาพของดินนา ก่อนเติมสิ่งทดลองทำการศึกษาเพื่อให้ทราบเป็นข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ที่ทำการศึกษาวิจัย และที่ระยะก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตจะบ่งชี้ถึงลักษณะสมบัติทางกายภาพของดินนาเมื่อเติมสิ่งทดลอง (เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี) ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของรากข้าว

4.2.2.1 ก่อนเติมสิ่งทดลอง

- ความหนาแน่นรวมของดิน

ความหนาแน่นรวมของดินที่ระดับความลึก 0 – 20 ซม.ก่อนทำการเพาะปลูกพบว่ามีค่าเท่ากับ 1.20 กรัม/ลบ.ซม. (ตารางที่ 4.6) กล่าวได้ว่าความหนาแน่นรวมของดินในระยะก่อนเติมสิ่งทดลองอยู่ในระดับต่ำกล่าวคือต่ำกว่า 1.3 กรัม/ลบ.ซม. (วิโรจ อิ่มพิทักษ์, 2531)

- ความพรุนของดิน

ความพรุนของดินที่ระดับความลึก 0 – 20 ซม.ก่อนทำการเพาะปลูกพบว่ามีค่าเท่ากับ 54.65 % (ตารางที่ 4.6)

4.2.2.2 ระยะเก็บเกี่ยว

- ความหนาแน่นรวมของดิน

เมื่อพิจารณาความหนาแน่นรวมของดินที่ระดับความลึก 0 - 20 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.6) พบว่า การเติมสิ่งทดลอง (เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี) ไม่ทำให้ความหนาแน่นรวมของดินเกิดความแตกต่างกันในแต่ละตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F\text{-value} = 2.32^{NS}$) การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว (มีค่า 1.28 กรัม/ลบ.ซม.) มีแนวโน้มทำให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลงกว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว (มีค่า 1.37 กรัม/ลบ.ซม.) หรือการเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว (มีค่า 1.44 กรัม/ลบ.ซม.) สำหรับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (มีค่า 1.34 กรัม/ลบ.ซม.) มีแนวโน้มทำให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลงกว่าการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (มีค่า 1.36 กรัม/ลบ.ซม.) หรือดินเดิม (มีค่า 1.46 กรัม/ลบ.ซม.)

แสดงว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ และปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นรวมของดินที่ระดับความลึก 0 - 20 เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

- ความพรุนของดิน

เมื่อพิจารณาความพรุนของดินที่ระดับความลึก 0 - 20 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.6) พบว่า การเติมสิ่งทดลอง (เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี) ไม่ทำให้ความพรุนของดินเกิดความแตกต่างกันในแต่ละตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 2.32^{NS}) การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว (มีค่า 51.82%) มีแนวโน้มทำให้ความพรุนของดินเพิ่มขึ้นมากกว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว (มีค่า 48.30%) หรือการเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว (มีค่า 45.66%) สำหรับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (มีค่า 49.43%) มีแนวโน้มทำให้ความพรุนของดินเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (มีค่า 48.55%) หรือดินเดิม (มีค่า 45.03%) สอดคล้องกับการลดลงของความหนาแน่นรวมของชั้นดินดังกล่าวข้างต้น

สรุปว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ และปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความพรุนของดินที่ระดับความลึก 0 - 20 เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.3 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

ตำรับทดลอง	ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (soil pH)		
	ก่อนเติมสิ่งทดลอง	ระยะ14วันหลังเติมสิ่งทดลอง	ระยะข้าวออกดอก
ดินเดิม (ชุดควบคุม)	4.38[a]	4.63[a]	4.18[a]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	4.24[a]	4.36[a]	4.04[a]
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์	4.27[a]	4.73[a]	4.26[a]
ดินเดิม + ปุ๋ยหมักฟางข้าว	4.28[a]	4.49[a]	4.11[a]
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ + ปุ๋ยเคมี	4.34[a]	4.71[a]	4.25[a]
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว	4.16[a]	4.63[a]	4.14[a]
F-value	0.77[NS]	1.92[NS]	2.67[NS]
CV (%)	3.58%	3.87%	2.12%

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายความว่ามีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยตามตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

3) NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดิน

ตำรับทดลอง	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ppm P)		
	ก่อนเติมสิ่งทดลอง	ระยะ14วันหลังเติมสิ่งทดลอง	ระยะข้าวออกดอก
ดินเดิม (ชุดควบคุม)	11.51[a]	13.96[b]	8.13[c]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	11.39[a]	21.02[a]	15.89[a]
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์	12.01[a]	14.92[b]	10.42[bc]
ดินเดิม + ปุ๋ยหมักฟางข้าว	11.95[a]	16.11[b]	9.83[bc]
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ + ปุ๋ยเคมี	12.27[a]	23.49[a]	17.26[a]
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว	12.07[a]	16.17[b]	11.67[b]
F-value	0.27[NS]	16.48*	20.30*
CV (%)	9.61%	9.35%	11.34%

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายความว่ามีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยตามตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

3) NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.5 ปริมาณซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ของดิน

ตำรับทดลอง	ซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ (ppm)		
	ก่อนเติมสิ่งทดลอง	ระยะ14วันหลังเติมสิ่งทดลอง	ระยะข้าวออกดอก
ดินเดิม (ชุดควบคุม)	50.72^{a}	51.90^{c}	43.49^{c}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	51.40^{a}	52.69^{c}	47.57^{c}
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์	49.84^{a}	68.44^{ab}	65.70^{ab}
ดินเดิม + ปุ๋ยหมักฟางข้าว	49.45^{a}	60.60^{bc}	54.70^{bc}
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ + ปุ๋ยเคมี	52.70^{a}	68.93^{ab}	67.14^{a}
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว	51.40^{a}	77.22^{a}	72.55^{a}
F-value	0.31^{NS}	9.22*	10.42*
CV (%)	7.19%	9.02%	10.71%

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายความว่ามีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยตามตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

3) NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.6 ความหนาแน่นรวม และความพรุนของดิน

ตำรับทดลอง	ความหนาแน่นรวม (กรัม/ลบ.ซม.) ระดับความลึก 0-20ซม.		ความพรุน (%) ระดับความลึก 0-20 ซม.	
	ก่อนทำการทดลอง	ระยะก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต	ก่อนทำการทดลอง	ระยะก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต
ดินเดิม (ชุดควบคุม)	1.20	1.46[a]	54.65	45.03
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี		1.36[a]		48.55
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์		1.37[a]		48.30
ดินเดิม + ปุ๋ยหมักฟางข้าว		1.44[a]		45.66
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ + ปุ๋ยเคมี		1.34[a]		49.43
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว		1.28[a]		51.82
F-value	-	2.32^{NS}	-	2.32^{NS}
CV (%)	-	5.48%	-	5.89%

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายความว่ามีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยตามตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

3) NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95%

4.3 การเจริญเติบโตของรากข้าว

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ศึกษาการเจริญเติบโตของรากข้าวใน 1 กอ เฉพาะช่วงต้นข้าวออกดอก เพราะเป็นระยะที่รากข้าวเจริญเติบโตได้สูงสุด (Yoshida, 1981; Na Nagara and De Datta, 1984) และหลังจากนั้นการเจริญเติบโตของรากจะลดลงอย่างรวดเร็วหากขาดน้ำ หรือเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆเมื่อยังคงมีน้ำขังอยู่ในนา (Na Nagara and De Datta, 1984) เนื่องจากรากข้าวต้องเร่งการเจริญเติบโตเพื่อดูดน้ำ และธาตุอาหารมาใช้ในการสร้างเมล็ดที่สมบูรณ์ นอกจากนี้ในระยะออกดอกเป็นระยะที่พบความแตกต่างของความยาวรากในสภาวะแวดล้อมต่างๆ (เกรียงไกร พันธุ์วรรณ์ และสุพจน์ สัตยากุล, 2537)

4.3.1 น้ำหนักแห้งรากข้าว

การหาน้ำหนักแห้งรากข้าวที่ระยะต้นข้าวออกดอกเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ศึกษาการเจริญเติบโตของรากข้าวเมื่อเติมสิ่งทดลอง (เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี) ตัวอย่างรากข้าวที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 70^{0}C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นรอให้น้ำหนักคงที่แล้วชั่งน้ำหนักจะได้น้ำหนักแห้งราก

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งราก (ตารางที่ 4.7) พบว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้น้ำหนักแห้งรากมีค่าสูงสุด (4.69 กรัม) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (4.17 กรัม) อยู่กลุ่มอักษร a เหมือนกัน และ F-value = 7.61* สำหรับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว (3.67 กรัม อยู่กลุ่มอักษร ab) มีค่าไม่แตกต่างจากทั้งสองตำรับทดลองดังกล่าวข้างต้น และไม่แตกต่างจากน้ำหนักรากของดินเดิม (มีค่า 2.90 กรัม อยู่กลุ่มอักษร bc) แต่มีค่าสูงกว่าการเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว หรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว (มีค่า 2.56 กรัม และ2.53 กรัม อยู่กลุ่มอักษร c เหมือนกัน) นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำหนักแห้งของรากของทั้งสองกรณีหลังนี้ไม่แตกต่างจากน้ำหนักแห้งของรากของดินเดิม

จึงเป็นไปได้ว่า ธาตุอาหารพืชที่ได้จากการเติมปุ๋ยเคมีเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้น้ำหนักแห้งรากมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักแห้งรากเพิ่มขึ้น ขณะที่การเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวมีแนวโน้มทำให้น้ำหนักแห้งของรากลดลงจากดินเดิม

4.3.2 ความยาวรากข้าว

การหาความยาวรากที่ระยะต้นข้าวออกดอกเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ศึกษาการเจริญเติบโตของรากเมื่อเติมสิ่งทดลอง (เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี) โดยวิธีที่ใช้วิเคราะห์หาคือ Newman's line intersection (Newman, 1966)

เมื่อพิจารณาความยาวราก (ตารางที่ 4.7) พบว่า การเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว หรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว หรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีความยาวรากสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองอื่นๆ (มีค่า 8,371 ซม. 8,003 ซม. และ 8,880 ซม.ตามลำดับ อยู่กลุ่มอักษร a เหมือนกัน และ F-value = 17.77*) ในขณะที่การเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว หรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว หรือดินเดิมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่ารองลงมา (มีค่า 6,194 ซม. 6,394 ซม. และ 5,776 ซม.ตามลำดับ อยู่กลุ่มอักษร b เหมือนกัน)

อาจกล่าวได้ว่าการเติมปุ๋ยเคมี หรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ทำให้ความยาวรากเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มทำให้ความยาวรากมีค่าสูงสุด สอดคล้องกับน้ำหนักแห้งของราก

4.3.3 น้ำหนักแห้งลำต้น

การหาน้ำหนักแห้งลำต้นใน 1 กอที่ระยะต้นข้าวออกดอกเป็นวิธีที่ใช้ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นข้าวเมื่อเติมสิ่งทดลอง (เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี) ตัวอย่างต้นข้าวที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 70^{0}C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นรอให้น้ำหนักคงที่แล้วชั่งน้ำหนักจะได้น้ำหนักแห้งลำต้น

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งลำต้น (ตารางที่ 4.7) พบว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีค่าน้ำหนักแห้งลำต้นไม่แตกต่างกับการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญและมีค่าสูงสุด (มีค่า 31.42 กรัม และ 30.22 กรัม อยู่กลุ่มอักษร a เหมือนกัน และ F-value = 9.42*) แต่ไม่แตกต่างจากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว (มีค่า 25.27 กรัม อยู่กลุ่มอักษร ab) ส่วนการเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว หรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว (มีค่า 18.74 กรัม และ 18.99 กรัม อยู่กลุ่มอักษร bc เหมือนกัน) มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักแห้งต้นต่ำกว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียวแต่สูงกว่าดินเดิม (มีค่า 14.87 กรัม อยู่กลุ่มอักษร c) ซึ่งมีแนวโน้มให้ค่าน้ำหนักแห้งต้นต่ำที่สุด

อาจสรุปได้ว่าการเติมปุ๋ยเคมีทำให้น้ำหนักแห้งลำต้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ ส่วนการเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวมีแนวโน้มทำให้น้ำหนักแห้งลำต้นเพิ่มขึ้นจากดินเดิม

4.3.4 จำนวนต้นต่อกอ

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการปลูกข้าวแบบปักดำกอละ 3 ต้น เนื่องจากต้นข้าวอาจสามารถแตกกอเพิ่มขึ้นได้เมื่อเติมสิ่งทดลอง (เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี) โดยการแตกกอของต้นข้าวมีผลต่อการศึกษาน้ำหนักแห้งราก และความยาวราก

เมื่อพิจารณาจำนวนต้นต่อกอที่ระยะออกดอก (ตารางที่ 4.7) พบว่า จำนวนต้นต่อกอในแต่ละตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 1.93^{NS}) แสดงว่าสิ่งทดลอง (ปุ๋ยเคมี เถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าว) ไม่มีอิทธิพลต่อจำนวนต้นต่อกออย่างมีนัยสำคัญ โดยจำนวนต้นต่อกอของทุกตำรับทดลองจะอยู่ในช่วง 9-14 ต้นต่อกอ โดยการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (มีค่า 14 ต้นต่อกอ) มีแนวโน้มจำนวนต้นต่อกอสูงสุด การเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (มีค่า 13 ต้นต่อกอ) ส่วนการเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว หรือดินเดิม (มีค่า 9 ต้นต่อกอ เท่ากัน) มีแนวโน้มจำนวนต้นต่อกอต่ำที่สุด

อาจกล่าวได้ว่าการเติมสิ่งทดลองตามตำรับทดลองต่างๆไม่มีผลต่อการแตกกอของต้นข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3.5 อัตราส่วนระหว่างรากกับลำต้น

อัตราส่วนระหว่างรากกับลำต้นในระยะต้นข้าวออกดอกเป็นการหาอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินคือต้นข้าว และส่วนใต้ดินตั้งแต่โคนข้อที่ 2 ของต้นข้าวลงไปถึงรากข้าว เพื่อเป็นการศึกษาความเป็นประโยชน์ของสิ่งทดลอง (ปุ๋ยเคมี เถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าว)

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนระหว่างรากกับลำต้นที่ระยะออกดอก (ตารางที่ 4.7) พบว่าดินเดิมมีค่าอัตราส่วนระหว่างรากกับลำต้นสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (มีค่า 0.36 อยู่กลุ่มอักษร a F-value = 3.65*) แต่ไม่แตกต่างจากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว (มีค่า 0.29 อยู่กลุ่มอักษร ab) ส่วนการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว การเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว (มีค่า 0.25, 0.28, 0.25 และ0.27 ตามลำดับอยู่กลุ่มอักษร b เหมือนกัน) มีค่า

อัตราส่วนระหว่างรากกับลำต้นไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มต่ำกว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว

อาจกล่าวได้ว่าอัตราส่วนระหว่างรากกับลำต้นของข้าวมีค่าลดลงเมื่อความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มขึ้นเมื่อเติมปุ๋ยเคมี เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ และปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่

ตารางที่ 4.7 น้ำหนักแห้งรากข้าว ความยาวราก น้ำหนักแห้งต้น อัตราส่วนระหว่างรากกับลำต้น และจำนวนต้นต่อกอเมื่อมีการเติมสิ่งทดลองต่างๆ

ตำรับทดลอง	น้ำหนักแห้งรากข้าว (กรัม/กอ)	ความยาวราก (ซม./กอ)	น้ำหนักแห้งต้น (กรัม/กอ)	อัตราส่วนระหว่างรากกับลำต้น	จำนวนต้นต่อกอ
ดินเดิม (ชุดควบคุม)	2.90^{bc}	5776^{b}	14.87^{c}	0.36^{a}	9^{a}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	4.17^{a}	8371^{a}	30.22^{a}	0.25^{b}	13^{a}
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์	3.67^{ab}	8003^{a}	25.27^{ab}	0.29^{ab}	12^{a}
ดินเดิม + ปุ๋ยหมักฟางข้าว	2.56^{c}	6194^{b}	18.74^{bc}	0.28^{b}	9^{a}
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ + ปุ๋ยเคมี	4.69^{a}	8880^{a}	31.42^{a}	0.25^{b}	14^{a}
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว	2.53^{c}	6394^{b}	18.99^{bc}	0.27^{b}	10^{a}
F-value	7.61*	17.77*	9.42*	3.65*	1.93^{NS}
CV (%)	16.46%	7.36%	16.38%	12.50%	23.82%

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายความว่ามีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยตามตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

3) NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95%

4.4 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก

น้ำหนักผลผลิตข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ความชื้น 14% เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงศักยภาพในการปรับปรุงดินนา และเป็นแหล่งธาตุอาหารให้แก่ต้นข้าวของสิ่งทดลองได้แก่ เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี

เมื่อพิจารณาน้ำหนักผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก (ตารางที่ 4.8) พบว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมีให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก ไม่แตกต่างกับการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองอื่นๆ (มีค่า 616.50 กิโลกรัม/ไร่ และ 575.56 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ อยู่กลุ่มอักษร a เหมือนกัน และ F-value = 24.30*) ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว (มีค่า 446.95 กิโลกรัม/ไร่ อยู่กลุ่มอักษร b) พบว่าให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว หรือการเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว (มีค่า 388.10 กิโลกรัม/ไร่ และ 416.38 กิโลกรัม/ไร่ อยู่กลุ่มอักษร bc เหมือนกัน) ซึ่งไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ดินเดิมให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกต่ำที่สุด (มีค่า 350.17 กิโลกรัม/ไร่ อยู่กลุ่มอักษร c) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ หรือปุ๋ยหมักฟางข้าวอย่างใดอย่างหนึ่งแต่เพียงอย่างเดียว

แสดงว่าผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่เพิ่มขึ้นเป็นเพราะปุ๋ยเคมี ส่วนเถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าวอย่างใดอย่างหนึ่ง เพียงมีแนวโน้มที่จะช่วยให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นจากดินเดิมเท่านั้น แต่หากใช้เถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวจะทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นจากดินเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.8 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1

ตำรับทดลอง	ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกที่ความชื้น 14% (กิโลกรัม/ไร่)
ดินเดิม (ชุดควบคุม)	350.17[c]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	575.56[a]
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์	388.10[bc]
ดินเดิม + ปุ๋ยหมักฟางข้าว	416.38[bc]
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ + ปุ๋ยเคมี	616.50[a]
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว	446.95[b]
F-value	24.30*
CV	8.05%

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายความว่ามีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยตามตำรับทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

3) NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของรากกับผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของราก และน้ำหนักผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางสถิติโดยหาสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างการเจริญเติบโตของรากข้าวซึ่งแบ่งออกเป็นน้ำหนักแห้งรากข้าว และความยาวราก กับน้ำหนักผลผลิตข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 ตลอดจนสหสัมพันธ์ของน้ำหนักแห้ง และความยาวราก

4.5.1 สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรากกับผลผลิตข้าว

เมื่อนำน้ำหนักแห้งรากมาหาสหสัมพันธ์กับน้ำหนักผลผลิตข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 ของทุกตำรับทดลอง (รูปที่ 4.1) พบว่าน้ำหนักแห้งรากมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำหนักผลผลิตข้าวเปลือกด้วยค่า $y = 2.0908x + 179.37$ และ $r = 0.757^*$ หรือสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ +0.757 แสดงว่าน้ำหนักแห้งรากมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับน้ำหนักผลผลิตข้าวเปลือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อพิจารณาการกระจายของแต่ละตำรับทดลองจะเห็นได้ว่าการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว หรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมีข้อมูลจะกระจายอยู่ในกลุ่มใกล้เคียงกัน ในขณะที่การเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว หรือการเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว หรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว หรือดินเติมข้อมูลจะกระจายอยู่ในกลุ่มใกล้เคียงกัน

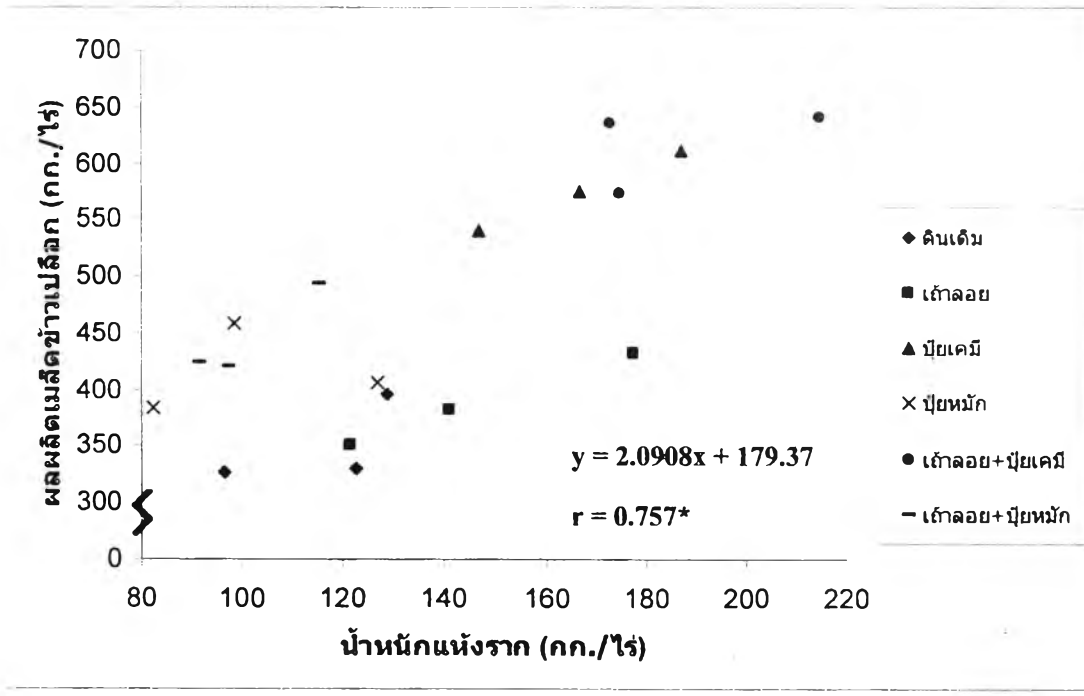
4.5.2 สหสัมพันธ์ระหว่างความยาวรากกับผลผลิตข้าว

เมื่อนำความยาวรากมาหาสหสัมพันธ์กับน้ำหนักผลผลิตข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 ของทุกตำรับทดลอง (รูปที่ 4.2) พบว่าความยาวรากมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำหนักผลผลิตข้าวเปลือก โดย $y = 0.0002x + 21.70$ และ $r = 0.753^*$ หรือสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ +0.753 แสดงว่าความยาวรากมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับน้ำหนักผลผลิตข้าวเปลือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยการกระจายของแต่ละตำรับทดลองจะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับน้ำหนักราก เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรากกับผลผลิตข้าว $y = 2.0908x + 179.37$ และ $r = 0.757^*$ กับสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวรากกับผลผลิตข้าว $y = 0.0002x + 21.70$ และ $r = 0.753^*$ จะพบว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรากกับผลผลิตข้าว มีค่าความชันของกราฟ และจุดตัดแกน y มากกว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวรากกับผลผลิตข้าว แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักแห้งรากมีอิทธิพลต่อน้ำหนักผลผลิตข้าวเปลือกมากกว่าความยาวราก

อาจสรุปได้ว่าการเจริญเติบโตของรากข้าวสัมพันธ์กับน้ำหนักผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1 ทั้งน้ำหนักรากและความยาวราก ในทางบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

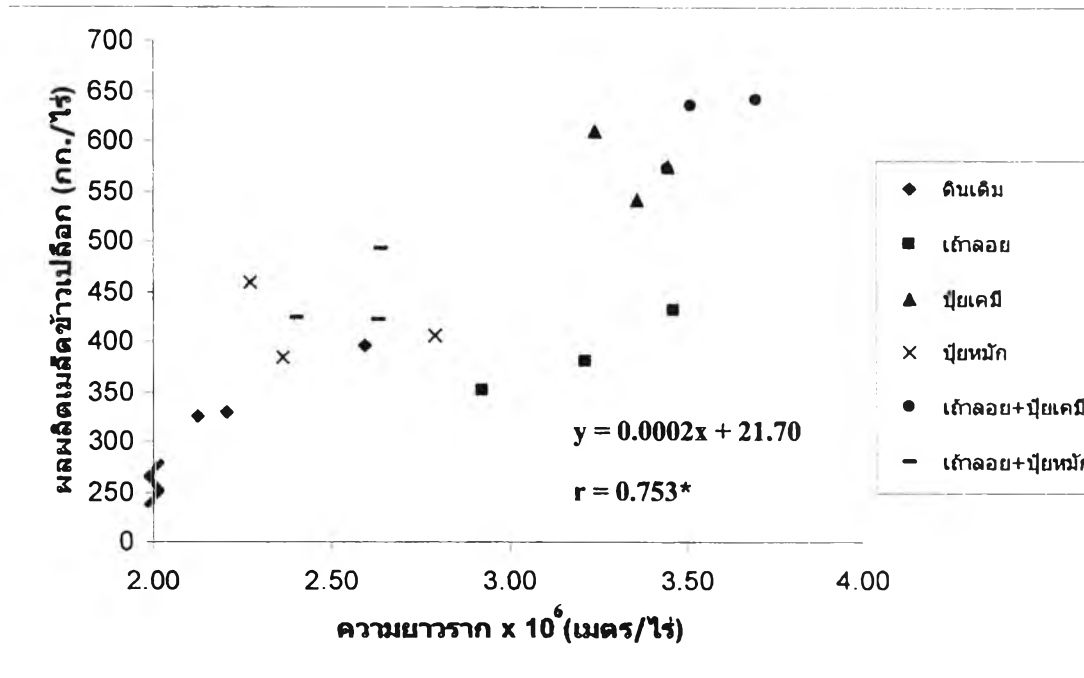
4.5.3 สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งรากกับความยาวราก

เมื่อนำน้ำหนักแห้งรากมาหาสหสัมพันธ์กับความยาวรากของทุกตำรับทดลอง (รูปที่ 4.3) พบว่าน้ำหนักแห้งรากมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความยาวรากด้วยค่า $y = 12244x + 10^6$ และ $r = 0.899^*$ หรือสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มีค่าเท่ากับ +0.899 แสดงว่าน้ำหนักแห้งรากมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับความยาวรากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อพิจารณาการกระจายของข้อมูลแต่ละตำรับทดลองจะเห็นได้ว่ามีแนวโน้มมีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง



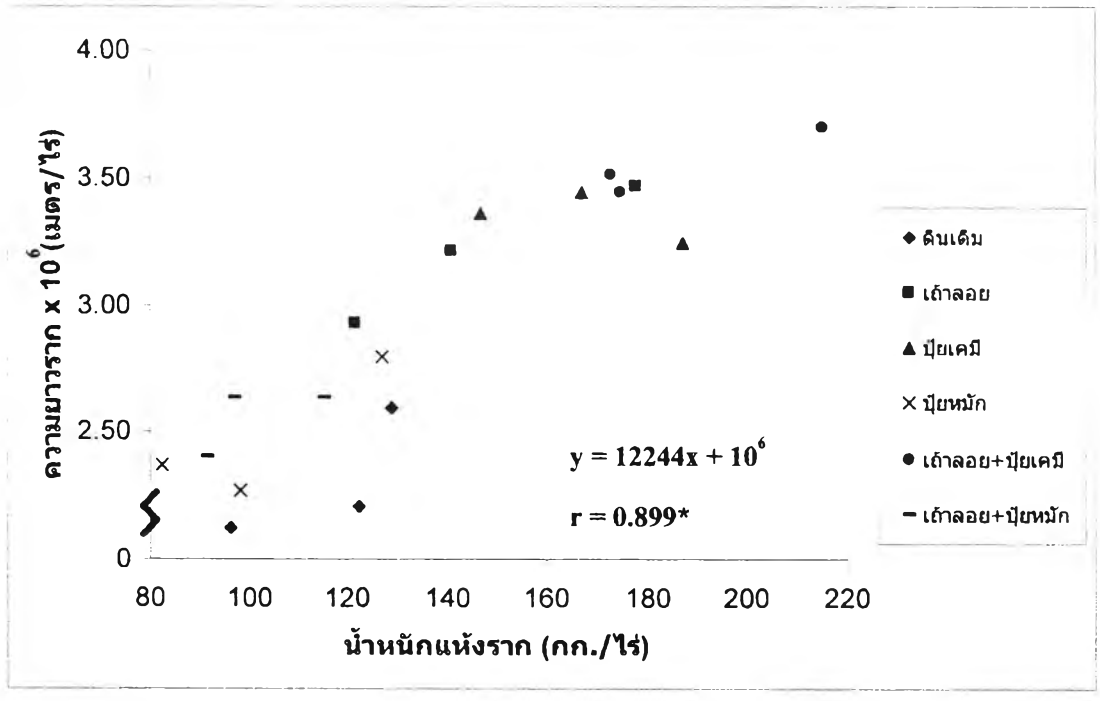
หมายเหตุ : * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งรากกับผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก



หมายเหตุ : * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวรากกับผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก



หมายเหตุ : * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งรากกับความยาวราก