บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

6.1.1 เถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าว

เถ้าลอยลิกไนต์จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 11.82 และมีองค์ประกอบทางเคมีที่สามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 0.014 %, 2.39 ppm และ 214 ppm ตามลำดับ ปริมาณธาตุอาหารเสริมประโยชน์ คือ ซิลิกอนในรูปของกรดโมโนซิลิซิก (Monosilicic acid; $Si(OH)_4$) เท่ากับ 324.55 ppm อินทรียวัตถุเท่ากับ 0.03 % ความหนาแน่นรวม ความชื้นภาคสนาม จุดเหี่ยวถาวร ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ และอัตราการไหลซึมของน้ำ เท่ากับ 1.19 g/cm^3, 47.40 %, 45.75 %, 1.65 % และ 4.45 ซม./ชม. ตามลำดับ

ปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ทำจากฟางข้าวซึ่งผ่านการเพาะเห็ด มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 7.73 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 11.68 ธาตุอาหารหลัก คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด เท่ากับ 1.61 %, 0.074 % และ 1.32 % ตามลำดับ ปริมาณซิลิกอนในรูป Crude Silicon เท่ากับ 12.72 % และอินทรียวัตถุเท่ากับ 32.33 %

6.1.2 ลักษณะของดินนาเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าว

1) ลักษณะทางกายภาพของดินนา

1.1) การเติมสิ่งทดลอง (เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี) ลงดินที่ระดับความลึก 0-15 ซม. ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อดินของดินนาที่เป็นดินเหนียว ทั้งนี้ดินที่เป็นดินเหนียวจะมีคุณสมบัติในการขังน้ำได้ดี และดูดยึดธาตุอาหารได้มากซึ่งเหมาะกับการปลูกข้าวมากที่สุด

1.2) ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินที่ระดับความลึก 0-15 ซม. และ 15-30 ซม. ในทุกตำรับการทดลองที่เติมเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวมีปริมาณเพิ่มขึ้นสูงกว่าการเติมร่วมกับปุ๋ยเคมีแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า เถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวทำให้ดินมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นมากกว่าการเติมปุ๋ยเคมี

2) สมบัติทางเคมีของดินนา

2.1) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยว เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว เถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี เถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว และเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้นมากกว่าการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งค่าความเป็นกรด-ด่างในดินทั้งสองระยะมากกว่าดินก่อนเติมสิ่งทดลอง ทั้งนี้เถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดน้อยลงกว่าการเติมปุ๋ยเคมี

2.2) ปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยว มีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังการเติมสิ่งทดลอง โดยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในแต่ละตำรับการทดลอง เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากกว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว เพราะเถ้าลอยลิกไนต์มีศักยภาพในการให้ไนโตรเจนต่ำ และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเติมร่วมกับปุ๋ยเคมี เช่นเดียวกับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินทั้งสองระยะ เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินไม่แตกต่างจากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์หรือปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว แต่ถ้ามีการเติมร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินทั้งสองระยะคงเหลือในดินสอดคล้องกัน โดยในแต่ละตำรับการทดลองที่เติมเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าว มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่แตกต่างกับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี

2.3) ปริมาณซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ในดินในรูปของ $Si(OH)_4$ ของดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยวในแต่ละตำรับการทดลองที่เติมเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าว มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว และเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณซิลิกอนในดินเพิ่มขึ้นมากกว่าตำรับทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.4) ปริมาณอินทรียวัตถุในดินระยะเก็บเกี่ยว เมื่อเติมปุ๋ยหมักฟางข้าว เถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว และเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีปริมาณมากกว่าดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง

6.1.3 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก และดัชนีการเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

1) ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเติมสิ่งทดลอง (เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี) มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว ปริมาณผลผลิตที่ได้น้อยกว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี

2) ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวเมื่อเติมสิ่งทดลอง (เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ดัชนีการเก็บเกี่ยวในแต่ละตำรับการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.46-0.52 และอยู่ในเกณฑ์ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 เมื่อปลูกแบบปักดำ ซึ่งมีค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 0.46 (0.44-0.49)

อาจกล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว อัตรา 2 ตัน/ไร่ ปริมาณผลผลิตที่ได้รับต่ำกว่าการเติมเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว อัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี และเมื่อยึดผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเป็นเกณฑ์ การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 แม้ดัชนีการเก็บเกี่ยวจะไม่แตกต่างจากตำรับทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกสูงสุด แต่ก็ไม่แตกต่างจากการใช้ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว

6.1.4 ปริมาณธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารเสริมประโยชน์ ในฟางข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

1) ปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมดในฟางข้าวภายหลังการเก็บเกี่ยว เมื่อเติมสิ่งทดลอง (เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี) มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสะสมอยู่ในฟางข้าวสูงสุด ทั้งนี้ปริมาณไนโตรเจนของฟางข้าวสูงกว่าค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนในฟางข้าวสำหรับประเทศไทยซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.5 % ขณะที่การดูดดึงฟอสฟอรัสของฟางข้าวต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสในฟางข้าวสำหรับประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ให้มีค่าเท่ากับ 1,000 ppm ส่วนปริมาณโพแทสเซียมในฟางข้าวเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวมีปริมาณเพิ่มขึ้นสูงสุดแต่ไม่แตกต่างจากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี อีกทั้งปริมาณโพแทสเซียมยังสูงกว่าค่าเฉลี่ยของโพแทสเซียมในฟางข้าวสำหรับประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ให้มีค่าเท่ากับ 16,000 ppm

2) ปริมาณธาตุอาหารเสริมประโยชน์ คือ ซิลิกอนในฟางข้าวรูป Crude Si เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวมีปริมาณ Crude Si เพิ่มขึ้นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ไม่แตกต่างจากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว เถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี และเถ้าลอย

ลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ปริมาณซิลิกอนที่เพิ่มขึ้นในฟางข้าวมีความสอดคล้องกับปริมาณซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ในดินระยะเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น

ดังนั้น ปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) และธาตุอาหารเสริมประโยชน์ (ซิลิกอน) ที่สะสมอยู่ในฟางข้าวภายหลังการเก็บเกี่ยวนับเป็นคุณค่าต่อเนื่องหลังการปลูกข้าว เนื่องจากฟางข้าวภายหลังการเก็บเกี่ยวสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งต้นทุนธาตุอาหารทั้งธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารเสริมประโยชน์ในการปลูกข้าวฤดูถัดไปได้ โดยอาจนำไปทำเป็นปุ๋ยหมักใส่กลับลงไปในดิน หรืออาจไถกลบฟางข้าว เพื่อช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารคืนสู่ดิน และช่วยให้เกษตรกรลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลง

จากผลการศึกษาวิจัย สรุปได้ว่า การใช้ประโยชน์จากเถ้าลอยลิกไนต์ที่มีปริมาณค่อนข้างสูงและมีการเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา และจากฟางข้าวที่ชาวนาส่วนใหญ่นิยมเผาหลังการทำนา ซึ่งมีโอกาสก่อให้เกิดปัญหากับสิ่งแวดล้อมด้านอากาศ ดิน และน้ำ สามารถช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นได้ และเป็นแนวทางในการจัดการการใช้ประโยชน์จากของเหลือทิ้งร่วมกันทางการเกษตรได้อย่างเหมาะสม

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 เนื่องจากพื้นที่ในการศึกษาวิจัยเป็นดินชุดรังสิตกรดจัด ชุดดินที่ 10 และอยู่ในชั้นความเหมาะสมเพื่อการปลูกข้าวประเภท P-IV_a จึงน่าจะมีการศึกษาการใช้ประโยชน์เถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวเพิ่มเติมในดินประเภท P-II_a และ P-III_a ซึ่งอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 11 และ 12 ตามลำดับ เพื่อเปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง การปลดปล่อยธาตุอาหารจากเถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และดินต่อการเจริญเติบโตของข้าว

6.2.2 น่าจะมีการศึกษาถึงการใช้ประโยชน์เถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวในดินปลูกไม้ผลเศรษฐกิจ เพราะโพแทสเซียมที่มีอยู่เป็นปริมาณสูงในเถ้าลอยลิกไนต์จะช่วยเพิ่มคุณภาพของผลผลิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งความหวานของไม้ผลได้เป็นอย่างดี

6.2.3 หากจะมีการนำผลการศึกษาวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์ ควรคำนึงถึงชนิด แหล่งที่มา และกรรมวิธีในการผลิตถ่านหินลิกไนต์ ซึ่งมีผลต่อลักษณะสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์

6.2.4 ฟางข้าวที่ได้หลังการเก็บเกี่ยวควรนำกลับมาใช้ประโยชน์ในนาข้าวเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้กับดิน ช่วยให้เกษตรกรลดต้นทุนในการผลิต และลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีในนาข้าว