บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

6.1.1 ปริมาณธาตุปุ๋ยของเถ้าลอยลิกไนต์และกากตะกอนน้ำเสียชุมชน

1) เถ้าลอยลิกไนต์จากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแม่เมาะ จังหวัดลำปาง พบปริมาณธาตุปุ๋ย ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด 0.014 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ แอมโมเนียมไนโตรเจน 19.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และไนเตรทไนโตรเจน 19.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 1.64 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 280.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

2) กากตะกอนน้ำเสียชุมชน จากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเคหะชุมชนห้วยขวาง พบปริมาณธาตุปุ๋ย ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด 2.550 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ แอมโมเนียมไนโตรเจน 1,242.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และไนเตรทไนโตรเจน 56.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 222.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 365.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

6.1.2 ปริมาณธาตุปุ๋ยของดินเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์และกากตะกอนน้ำเสียชุมชน

1) ปริมาณธาตุปุ๋ยของดินก่อนเพาะปลูก พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.154 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์มีแอมโมเนียมไนโตรเจน 10.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 6.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 102.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

2) การเติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ สามารถเป็นแหล่งธาตุปุ๋ย (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) ได้เทียบเท่ากับการเติมปุ๋ยเคมีหรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ขณะที่การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตันต่อไร่ สามารถเป็นธาตุโพแทสเซียมในการปลูกข้าว

3) ปริมาณธาตุปุ๋ยของดินหลังเก็บเกี่ยวพบว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ มีปริมาณธาตุปุ๋ยคงเหลืออยู่ในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับการเติมปุ๋ยเคมีหรือเติม

เถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ซึ่งธาตุปุ๋ยที่คงเหลืออยู่ในดินสามารถเป็นแหล่งของธาตุปุ๋ยในการเพาะปลูกครั้งต่อไปได้อย่างเพียงพอ

6.13 ปริมาณธาตุพิษของดินเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์และกากตะกอนน้ำเสียชุมชน

1) ดินในพื้นที่ศึกษาวิจัย พบปริมาณสารหนูทั้งหมดเท่ากับ 3.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ปริมาณสารหนูที่สกัดได้ของดินในพื้นที่ศึกษาวิจัยน้อยมากจนเครื่องมือไม่สามารถตรวจวัดได้ ขณะที่ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดรวมถึงปริมาณที่สกัดได้ของดินในพื้นที่ศึกษาวิจัยมีน้อยมากจนเครื่องมือไม่สามารถตรวจวัดได้

2) การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ ส่งผลให้ปริมาณสารหนูทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับดินเดิม (ควบคุม) ขณะที่การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตันต่อไร่ หรือเติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ เพียงอย่างเดียว มีแนวโน้มเพิ่มปริมาณสารหนูทั้งหมดของดินหลังเติมสิ่งทดลอง 2 สัปดาห์ แต่ปริมาณดังกล่าวยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ นั่นคือมีค่าไม่เกิน 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตันต่อไร่ และกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ เพียงอย่างเดียว พบปริมาณแคดเมียมทั้งหมด รวมถึงปริมาณแคดเมียมและสารหนูที่สกัดได้ของดินหลังเติมสิ่งทดลอง 2 สัปดาห์ มีปริมาณน้อยมากจนเครื่องมือไม่สามารถตรวจวัดได้

3) ดินหลังเก็บเกี่ยวที่มีการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตันต่อไร่ หรือกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ เพียงอย่างเดียว หรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ ส่งผลให้ปริมาณสารหนูทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับดินเดิม (ควบคุม) ส่วนการเติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ เพียงอย่างเดียวส่งผลให้ปริมาณสารหนูทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับดินเดิม (ควบคุม) แต่ปริมาณดังกล่าวยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ขณะที่ปริมาณแคดเมียมทั้งหมด รวมถึงปริมาณสารหนูและแคดเมียมที่สกัดได้ของดินที่มีการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตันต่อไร่ และกากตะกอนน้ำเสียชุมชน 0.5 ตันต่อไร่ เพียงอย่างเดียว มีปริมาณน้อยมากจนเครื่องมือไม่สามารถตรวจวัดได้

6.1.4 ปริมาณและคุณภาพข้าว

1) ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ซึ่งคำนวณจากพื้นที่เก็บเกี่ยวและองค์ประกอบผลผลิต มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือผลผลิตที่ได้เมื่อเติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ (166.11 และ 669.21 กิโลกรัมต่อไร่) หรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา

2 ตันต่อไร่ ร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ (152.60 และ 709.89 กิโลกรัมต่อไร่) เทียบเท่ากับปุ๋ยเคมีหรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตันต่อไร่ (111.12 และ 492.39 กิโลรัมต่อไร่) เพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ปริมาณข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับดินเดิม (ควบคุม) และดินเดิม (ปูนมาร์ล) แต่ลดลงกว่าการเติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชนหรือปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2) ปริมาณธาตุพิษในข้าวกล้องที่มีการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตันต่อไร่ หรือกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ เพียงอย่างเดียว รวมถึงการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ พบความเสี่ยงจากแคดเมียมน้อยมากจนไม่น่ากังวล ส่วนปริมาณสารหนูในข้าวกล้องเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับดินเดิม (ควบคุม) แต่ปริมาณที่ตรวจพบดังกล่าวยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับให้บริโภคตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุขกำหนดคือ ปริมาณสารหนูไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

6.1.5 ผลดีกับสิ่งแวดล้อม

1) เถ้าลอยลิกไนต์และกากตะกอนน้ำเสียชุมชน มีสมบัติทางเคมีที่บ่งชี้ถึงการเป็นแหล่งธาตุอาหาร โดยเฉพาะธาตุปุ๋ยซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางเกษตรกรรม ทดแทนปุ๋ยเคมีด้วยธาตุปุ๋ยเท่าเทียมกัน ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยเคมี ซึ่งในปุ๋ยเคมียังมีการปนเปื้อนของแคดเมียม และมี filler ซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากประเทศอื่นปะปนมาด้วย อีกทั้งการเติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชนช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้กับดิน ซึ่งเท่ากับลดปัญหาด้านการแน่นทึบของดินเนื่องจากการเติมปุ๋ยเคมี นอกจากนี้อินทรียวัตถุช่วยดูดซับสารพิษ เนื่องจากมี organic colloid ซึ่งสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสารพิษได้ และเพิ่มความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน ซึ่งช่วยในการเก็บรักษาธาตุอาหารไม่ให้สูญเสียจากดินได้ง่าย

2) ปัญหาน้ำเสียเกิดขึ้นจากการการประกอบกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ทั้งจากการชำระล้างร่างกาย การซักเสื้อผ้า การประกอบหรือปรุงอาหาร การขับถ่ายของเสีย ฯลฯ ทำให้เกิดน้ำเสียในแต่ละวันปริมาณมาก หากปล่อยทิ้งโดยไม่ได้รับการบำบัดอย่างเหมาะสม น้ำเสียเหล่านี้จะถูกถ่ายเทลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะต่าง ๆ จะก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำตามมา ทำให้ต้องสร้างระบบบำบัดซึ่งจะมีกากตะกอนเกิดขึ้นเสมอ หากกองทิ้งไว้ก็ก่อปัญหาต่อดิน น้ำ และอากาศ การจัดการกากตะกอนโดยนำเอาองค์ประกอบที่เป็นประโยชน์มาใช้และควบคุมองค์ประกอบที่อาจเป็นพิษได้เท่ากับเป็นการแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำอย่างต่อเนื่องครบวงจร

3) ปัญหาด้านพลังงาน ถ่านหินลิกไนต์จัดเป็นพลังงานที่นำมาใช้ปริมาณมาก เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าตามความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น ก่อให้เกิดเถ้าลอยลิกไนต์ขึ้นเสมอ หากกองทิ้งไว้ก็ก่อ

ปัญหาต่อดิน น้ำ และอากาศ การนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรจึงเป็นแนวทางเลือกหนึ่งในการนำธาตุอาหารที่มีอยู่ในเถ้าลอยลิกไนต์ไปสร้างผลผลิตให้แก่พืช

6.2 ข้อเสนอแนะ

1) หากมีการนำเถ้าลอยลิกไนต์ และกากตะกอนน้ำเสียชุมชนจากแหล่งอื่นไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ควรทราบถึงชนิดของถ่านหินและประเภทของน้ำเสีย แหล่งที่มา และกระบวนการผลิต เพราะแต่ละแหล่งจะมีสมบัติทางเคมีที่แตกต่างกัน จึงอาจต้องศึกษาข้อมูลสมบัติทางเคมีเบื้องต้นของเถ้าลอยลิกไนต์ และกากตะกอนน้ำเสียชุมชนก่อนนำมาใช้ประโยชน์

2) หากมีการนำฟางที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวข้าวจากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ และกากตะกอนน้ำเสียชุมชนไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ เช่น เลี้ยงสัตว์ ปุ๋ยหมัก เพาะเห็ด ฯลฯ ควรมีการศึกษาถึงผลค้างของธาตุพิษที่มีอยู่ในฟางข้าวก่อนนำใช้ประโยชน์

3) หากมีการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ที่เคยเติมเถ้าลอยลิกไนต์ และกากตะกอนน้ำเสียชุมชนควรศึกษาเพิ่มเติมถึงผลตกค้างธาตุพิษของดิน และพืชที่เมื่อทำการเพาะปลูกในพื้นที่ดังกล่าว