

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 เกี่ยวกับปริมาณธาตุอาหารหลักในตะกอนน้ำเสียจากโรงพยาบาลชุมชน

จากการดำเนินการทดลองเพื่อตรวจสอบปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ไนโตรเจนในรูปไนโตรเจนรวม ผลการทดลองแสดงให้เห็นชัดว่าปริมาณของไนโตรเจนรวมในตะกอนน้ำเสียแห้งมีประมาณ 5% โดยเฉลี่ย ซึ่งในแต่ละโรงพยาบาลชุมชนในเขตจังหวัดขอนแก่น พบปริมาณไนโตรเจนรวมในตะกอนแห้งที่เก็บมาจากลานตากตะกอน ต่างกันมีค่าระหว่าง $4.3\% \pm 1.50$ ซึ่งเป็นค่าที่แตกต่างกันค่อนข้างมาก เนื่องจากความต่างของโรงพยาบาลกับกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในโรงพยาบาล แต่ถ้าเป็นโรงพยาบาลเดียวกัน ตลอดทั้งปีกิจกรรมภายในโรงพยาบาลจะไม่แตกต่างกันมากนักจะทำให้ปริมาณของไนโตรเจนรวมที่พบในตะกอนแห้งที่เก็บมามีค่าไม่แตกต่างกันไม่ว่าจะเป็นฤดูกาลใด ๆ กล่าวคือ ปริมาณของไนโตรเจนรวมจะมีปริมาณแตกต่างกัน เฉพาะความแตกต่างระหว่างโรงพยาบาลที่มีกิจกรรมต่างกันเท่านั้น ส่วนปัจจัยของฤดูกาลไม่ทำให้ปริมาณของไนโตรเจนที่พบมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ

เช่นเดียวกันกับปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่พบในการทดลองนี้ มีความคล้ายกันกับปริมาณของไนโตรเจนรวม คือ ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอน น้ำเสียมีค่าระหว่าง $0.9\% \pm 0.3$ และพบว่าตะกอนแห้งจากโรงพยาบาลต่างกันให้ผลของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์แตกต่างกัน ซึ่งผลดังกล่าว เนื่องมาจากกิจกรรมการใช้สารลดแรงตึงผิว ซึ่งผสมอยู่ในสารซักฟอกที่ใช้ภายในโรงพยาบาลนั่นเอง โดยแต่ละโรงพยาบาลมีการใช้สารดังกล่าวไม่เท่ากัน จึงส่งผลให้ค่าวิเคราะห์ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไม่เท่ากัน แตกต่างกันเมื่อตะกอนแห้งนั้นมาจากแต่ละโรงพยาบาล แต่ในกรณีของฤดูกาลนั้น พบว่า ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนแห้ง เช่นเดียวกันกับไนโตรเจนรวมเพราะในแต่ละโรงพยาบาลกิจกรรมต่าง ๆ มีการดำเนินอยู่เช่นนั้นตลอดทั้งปี

แตกต่างจากปริมาณของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่พบในการทดลองนี้ ระหว่าง $0.017\% \pm 0.004$ นั้น ในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อนปริมาณที่พบเป็นไปตามค่าของไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ แต่เมื่อฤดูฝนกลับพบว่า ปริมาณของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในแต่ละโรงพยาบาลมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งไม่เหมือนกับปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากบนลานตากตะกอนที่เป็นที่เก็บตัวอย่างนั้นไม่มีหลังคาคลุมและน้ำฝนสามารถผ่านเข้าไปในลานตากนั้นได้ ทำให้เกิดการชะล้างไปบางส่วนในขณะที่โพแทสเซียมมีปริมาณน้อยอยู่แล้ว เมื่อถูกชะล้างไปจึงเหลืออยู่น้อยมาก ปริมาณที่พบจึงไม่แตกต่างกัน

6.2 เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนจากตะกอนน้ำเสียที่กองหมักแบบแฉะ

ผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า ปริมาณของแอมโมเนีย ที่ถูกปล่อยออกมาจากกองหมักที่มีการพลิกกลับเป็นประจำ เพื่อไม่ให้เกิดสภาวะหมักนั้น มีค่าสูงในช่วงแรกของการหมักและ ลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเวลาผ่านไปเพียง 5 วัน ตรงข้ามกับปริมาณไนเตรต ที่ถูกเปลี่ยนแปลงออกมาเมื่อตะกอนน้ำเสียนั้นถูกทำให้อยู่ในสภาพที่มีอากาศเพราะการเก็บตัวอย่างนั้น ตะกอนจะถูกเก็บอยู่ภายในถุงปิดสนิทไม่มีอากาศเข้าส่งผลให้เกิดแอมโมเนียสูง แต่เมื่อถูกเปิดออกให้อยู่ในสภาพมีอากาศและความชื้นเหมาะสม ไนเตรตจึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งพบว่าไนเตรตเกิดขึ้นจากวันเริ่มหมักจนถึงสูงสุดเพียง 7 วัน แต่ในวันที่ 3 ของการหมักไนเตรตเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและสูงสุดที่เวลาเพียง 7 วัน อีกทั้งสภาวะการลดลงจากวันที่ 7 มีไม่มาก ตลอดการทดลองปริมาณไนเตรตลดลงจากค่าสูงสุดเมื่อวันที่ 7 ไปถึงวันที่ 42 ของการหมักก็ยังมีค่าสูงถึงประมาณ 300 ppm ในขณะที่แอมโมเนียลดลงจากวันเริ่มหมักจากประมาณ 1,000 ppm ไปเป็น 200 ppm ในวันที่ 7 และลดลงจนเหลือเพียง 20 ppm ในวันที่ 42 ของการหมัก ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดจากการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในตะกอนน้ำเสียต่างกัน

6.3 เกี่ยวกับการทำลายไข้อพยาธิในตะกอนน้ำเสีย

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การนำตะกอนน้ำเสียไปใช้งานจำเป็นต้องมีการทำลายสิ่งปนเปื้อนพวกเชื้อโรคเสียก่อน วิธีการที่ทำการทดลองนี้เป็นการทดลองทำลายไข้อพยาธิโดยการทำให้แห้ง ซึ่งต้องใช้วิธีการตากแดดให้ตะกอนแห้ง ซึ่งพบว่าการทำลายไข้อพยาธิต่าง ๆ นั้นจำเป็นต้องทำให้ตะกอนมีขนาดเล็ก เหมาะกับการส่องของแสงแดดอย่างทั่วถึงเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 3 สัปดาห์ ไข้อพยาธิจึงจะถูกทำลาย ในขณะเดียวกันความชื้นเป็นสาเหตุของการอยู่รอดของไข้อพยาธิ แม้ว่าความร้อนจะสูงขึ้นกับการตากแดดเป็นเวลานานถึง 3 สัปดาห์ ประกอบกับความชื้นในตะกอนที่มีค่ามากกว่า 5% ไข้อพยาธิจะไม่ถูกทำลาย ดังนั้น ผลการทดลองนี้จึงสรุปได้ว่า การทำลายไข้อพยาธิจะต้องทำให้สภาพความชื้นต่ำกว่า 5% และตากแดดไม่น้อยกว่า 3 สัปดาห์

6.4 เกี่ยวกับผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใส่ตะกอนน้ำเสียอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดใกล้เคียงกับแปลงทดลองที่ใส่ด้วยปุ๋ยเคมีในทิศทางที่ต่ำกว่าเล็กน้อย แต่การใส่ตะกอนอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ จะให้ผลผลิตและการเจริญเติบโตของข้าวโพดได้ใกล้เคียงปุ๋ยเคมีในทิศทางที่มากกว่าเล็กน้อย ซึ่งผลของตะกอนที่ใส่ลงในดินในแปลงทดลองนั้นไม่เพียงแต่ให้ธาตุอาหารพืชเพียงพออย่างเดียวปริมาณจุลินทรีย์ในตะกอน ยังส่งผลให้เกิดกิจกรรมต่างๆ ขึ้นภายในดินอีกด้วย เป็นผลดีต่อดิน อีกทั้งดินนั้น เมื่อได้รับตะกอนอัตราสูงแล้วจะทำให้เกิดมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงขึ้นด้วย ซึ่งอินทรีย์วัตถุนี้จะช่วยปรับสภาพดินให้ดินนั้นสู่ระบบนิเวศทางดินที่สมบูรณ์ได้

อัตราที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของข้าวโพดควรเป็นอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ เพราะมีปริมาณธาตุไนโตรเจนประมาณ 50 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้พืชไม่ขาดธาตุไนโตรเจน เนื่องจากไนโตรเจนถูกเปลี่ยนรูปได้ง่าย อีกทั้งจุลินทรีย์ที่อยู่ในตะกอนนั้นยังช่วยให้กิจกรรมทางดินสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

6.5 เกี่ยวกับผลต่อดินที่ใส่ด้วยตะกอนน้ำเสีย

ดินที่ใส่ด้วยตะกอนน้ำเสียพบว่า ภายหลังที่ได้รับตะกอน ดินในแปลงทดลองพบธาตุอาหารสูงขึ้นอย่างมาก ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณธาตุอาหารหลักที่อยู่ในตะกอนน้ำเสียนั้น อีกทั้งเมื่อหลังการเก็บเกี่ยวแล้ว พบว่า ธาตุอาหารหลักในดินยังคงสูงกว่าดินก่อนปลูกพืชทดลอง เป็นผลมาจากตะกอนน้ำเสียเป็นอินทรีย์วัตถุที่ตกค้างอยู่ในดิน เมื่อหลังการทดลองแล้วสภาพดินทางฟิสิกส์กรณีค่าความหนาแน่นรวมลดลง แสดงให้เห็นว่าหลังการใช้ตะกอนน้ำเสียปลูกพืชทดลองแล้วมีการเก็บเกี่ยวสิ้นสุด ดินนั้นจะหลวมมีการระบายอากาศดีขึ้นเป็นผลดีกับโครงสร้างดิน และในกรณีของค่าความนำไฟฟ้า และ pH ของดินนั้นเมื่อดินได้รับตะกอนทดลองแล้วพบว่า มีสภาพการนำไฟฟ้าดีขึ้น แต่ค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการทนต่อการเปลี่ยนแปลง pH (Buffering Capacity) ได้ดีเมื่อดินนั้นได้รับตะกอน ซึ่งเป็นผลดีต่อระบบดินเอง

6.6 ข้อเสนอแนะเชิงวิจัย

การวิจัยนี้พบว่า ในตะกอนน้ำเสียแห่งที่เก็บมาจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลมีปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม อยู่มาก จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นธาตุอาหารพืช แต่ก่อนที่จะมีการนำไปเผยแพร่ประชาสัมพันธ์เพื่อนำไปใช้ควรมีการวิจัยยืนยันผลอีกครั้ง โดยเฉพาะในส่วนของการทำลายสิ่งปนเปื้อนและทำลายเชื้อพยาธิในตะกอนและควรเพิ่มการวิจัย เพื่อตรวจสอบเชื้อโรคอย่างอื่นที่อาจเหลือรอดจากการตากตะกอนให้แห้ง นอกจากนี้ในกรณีของการ นำไปใช้กับพืชเพื่อต้องการผลผลิตเพื่อการบริโภคของมนุษย์ หรือสัตว์เลี้ยง ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับการ ตกค้างของโลหะหนักในตะกอนก่อนนำไปเป็นอาหารพืชด้วย

6.7 ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาธาตุอาหารหลักเฉพาะ ไนโตรเจนในรูปของไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสในรูปฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียม ในรูปโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เท่านั้น ยังคงต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับธาตุอาหารพืชอื่นๆ อีกหลายชนิด เพื่อประโยชน์ของการนำตะกอนไปใช้ในงานได้อย่างเหมาะสม และควรมีการศึกษาเกี่ยวกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่างๆ เมื่อนำตะกอนใส่ลงในดิน เพราะการศึกษานี้ส่งผลเฉพาะ การเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์จากการกองหมักแบบถาวรบนดินเท่านั้น

การศึกษาเกี่ยวกับความปลอดภัยของการนำตะกอนไปใช้งานเกี่ยวกับไขพยาธินี้ ควรมีการศึกษาความอยู่รอดของไขพยาธิในกองหมักเพิ่มเติมจากการทดลองนี้เพื่อยืนยันผลการผอมของไขพยาธิเมื่อได้รับแสงแดดในสภาพที่ไขพยาธิอยู่ในกองหมักตะกอนจริง อีกทั้งควรมีการศึกษาการตกค้างของโลหะหนักและเชื้อโรคในพืชทดลองในเชิงความปลอดภัยของอาหารด้วย

ส่วนพืชที่ใช้ในการทดสอบความเป็นประโยชน์ของตะกอนน้ำเสียนั้น ในเชิงวิชาการควรมีการศึกษาในพืชชนิดอื่นๆ เพื่อหาข้อสรุปที่ชัดเจนยิ่งขึ้น และในกรณีลักษณะสมบัติของดินนั้น ข้อจำกัดของการทดลองนี้คือ ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทุกพารามิเตอร์ในสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดิน น่าจะมีการศึกษาผลของตะกอนต่อลักษณะสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์และจุลชีววิทยาของดินโดยละเอียด เพื่อเป็นข้อมูลเชิงวิชาการต่อไป

6.8 องค์ความรู้ที่เกิดจากการวิจัย

จากการวิจัยครั้งนี้ ทำให้เกิดองค์ความรู้ดังนี้

6.8.1 ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมจากสลัดจ์ของโรงพยาบาล มีความแตกต่างกันในระหว่างโรงพยาบาล แต่ไม่แตกต่างกันเนื่องจากฤดูกาล แสดงว่ากิจกรรมภายในโรงพยาบาลเพียงอย่างเดียวเท่านั้นที่ส่งผลต่อปริมาณธาตุอาหารที่พบในสลัดจ์

6.8.2 ได้ขอแนะนำสำหรับโรงพยาบาลในการนำตะกอนน้ำเสียไปใช้ในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมี

6.8.3 ทราบระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำลายไขพยาธิในตะกอนน้ำเสีย ก่อนนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น ซึ่งข้อมูลนี้โรงพยาบาลต่างๆ ต้องการทราบค่อนข้างมาก

6.8.4 ได้พบว่า การจัดการตะกอนน้ำเสียในโรงพยาบาลหลังจากตากแห้งแล้วนำไปทิ้งบนดิน(Dumping on Land) นั้น ไม่ส่งผลกระทบต่อและไม่เป็นพิษต่อพืช สามารถนำไปทิ้งได้อย่างน้อยไม่น้อยกว่าร้อยละ 1 ตัน

6.8.5 พบว่า การนำตะกอนน้ำเสียใส่ในดินส่งผลดีกับลักษณะทางกายภาพของดินโดยทำให้ดินร่วนซุยมากขึ้น มีความหนาแน่นรวมน้อยลง จึงเป็นผลดีต่อระบบเกษตรและไม่ควรมีผลเสียดังที่หลายคนเข้าใจ