บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1. กากตะกอนสด (Wet Sludge) ของโรงบำบัดน้ำเสียกรุงเทพมหานคร (ศูนย์ห้วยขวาง) มีศักยภาพเพียงพอต่อการนำมาใช้ประโยชน์แทนปุ๋ยเคมีเพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารพืช และมีการปนเปื้อนของโลหะหนักต่าง ๆ อยู่ในระดับที่ยอมรับให้ปนเปื้อนได้ในกากตะกอนน้ำเสีย

2. ปริมาณอินทรียคาร์บอนต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (C/N Ratio) ของกากตะกอนน้ำเสีย มีค่าประมาณ 6.4 : 1 จึงสามารถสลายตัวให้ธาตุอาหารที่จำเป็นได้ทันกับความต้องการของพืช

3. การใส่กากตะกอนที่อัตรา 3,200 กก./ไร่ และการใส่กากตะกอนที่อัตรา 3,200 กก./ไร่ ร่วมกับแกลบ 320 640 960 และ 1,280 กก./ไร่ สามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารของผักคะน้าและผักกาดหอมได้อย่างพอเพียง โดยผลผลิตของทั้งผักคะน้าและผักกาดหอมที่ได้ทุกตำรับทดลอง มีค่าสูงกว่าค่าผลผลิตเฉลี่ยของการเพาะปลูกผักพื้นที่เกษตรกรรมจังหวัดปทุมธานี

4. ผลผลิตของผักคะน้าในรูปน้ำหนักแห้งที่ได้จากการทดลอง พบว่า การเติมกากตะกอน 3,200 กก./ไร่ มีปริมาณสูงที่สุด และสูงกว่าการเติมปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 ในอัตรา 96 กก./ไร่ อย่างเห็นได้ชัด จึงกล่าวได้ว่ากากตะกอนมีศักยภาพในการใช้แทนปุ๋ยเคมีได้

5. การเติมกากตะกอนร่วมกับแกลบอัตรา 640 960 และ 1,280 กก./ไร่ ในการเพาะปลูกผักคะน้า แม้ว่าจะให้ผลผลิตต่ำกว่าการเติมกากตะกอนเพียงอย่างเดียว แต่ก็ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังคงให้ผลผลิตสูงกว่าปุ๋ยเคมี

6. ผลผลิตในรูปน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมที่ได้ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง โดยมีค่าสูงที่สุดจากการเติมปุ๋ยเคมี สูตร 25-7-7 ในอัตรา 96 กก./ไร่ ปริมาณผลผลิตที่ได้รองลงมาคือ การเติมกากตะกอน 3,200 กก./ไร่

7. การเติมกากตะกอนร่วมกับแกลบอัตรา 320 640 960 และ 1,280 กก./ไร่ ในการเพาะปลูกผักกาดหอม มีแนวโน้มให้ผลผลิตลดลงกว่าการเติมกากตะกอนเพียงอย่างเดียว โดยผลผลิตที่ได้จะลดลงตามการเพิ่มปริมาณการใส่แกลบ ตำรับทดลองที่มีผลผลิตต่ำที่สุด ได้แก่ การเติมกากตะกอนร่วมกับแกลบ 1,280 กก./ไร่ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าควบคุม

8. การสะสมโลหะหนักของผักคะน้าและผักกาดหอม อยู่ในระดับที่ยอมรับให้มีได้ในพืชผักทั่ว ๆ ไป โดยผักกาดหอมมีแนวโน้มการสะสมโลหะหนักสูงกว่าผักคะน้า

9. การสะสมของทองแดงและเหล็กในส่วนเหนือดินของผักกาดหอม จะมีแนวโน้มสูงกว่าในส่วนเหนือดินของผักคะน้าอย่างเห็นได้ชัด ในกรณีของส่วนใต้ดิน ผักกาดหอมมีการสะสมโลหะหนักทุกธาตุที่ตรวจพบ สูงกว่าผักคะน้าในทุกตำรับทดลอง สำหรับตะกั่ว แคดเมียม และนิเกิลนั้น ตรวจไม่พบในทุกส่วนของทั้งผักคะน้าและผักกาดหอม

10. อิทธิพลของแกลบที่มีผลต่อการสะสมโลหะหนักธาตุต่าง ๆ ในส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของผักคะน้าและผักกาดหอม โดยพิจารณาจากตำรับทดลองเติมกากตะกอนเปรียบเทียบกับตำรับทดลองเติมกากตะกอนร่วมกับแกลบโดยสรุปดังนี้

ปริมาณโลหะหนักจะลดลงในกรณีของ

- ทองแดงในส่วนเหนือดินของผักคะน้า
- แมงกานีสในส่วนใต้ดินของผักคะน้า

- สังกะสีในส่วนใต้ดินของผักคะน้า
- ทองแดงในส่วนเหนือดินของผักกาดหอม (ยกเว้นการใส่กากตะกอนร่วมกับแกลบ 320 กก./ไร่)
- แมงกานีสในส่วนเหนือดินของผักกาดหอม
- เหล็กในส่วนเหนือดินของผักกาดหอม (ยกเว้นการใส่กากตะกอนร่วมกับแกลบ 640 กก./ไร่)

ปริมาณโลหะหนักจะเพิ่มขึ้นในกรณีของ

- แมงกานีสในส่วนเหนือดินของผักคะน้า (ยกเว้นการใส่กากตะกอนร่วมกับแกลบ 960 กก./ไร่)
- สังกะสีในส่วนเหนือดินของผักคะน้า (ยกเว้นการใส่กากตะกอนร่วมกับแกลบ 960 กก./ไร่)
- เหล็กในส่วนใต้ดินของผักคะน้า
- ทองแดงในส่วนใต้ดินของผักกาดหอม (ยกเว้นการใส่กากตะกอนร่วมกับแกลบ 1,280 กก./ไร่)
- สังกะสีในทั้ง 2 ส่วนของผักกาดหอม

11. ดินในพื้นที่ทดลองจากการวิเคราะห์พบว่าเป็นดินเหนียว มีค่าพีเอชของดินก่อนการเพาะปลูกประมาณ 7.1 มีปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ เช่น ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโปแตสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในปริมาณสูงเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเคมีที่มีส่วนผสมของธาตุดังกล่าว นอกจากนี้ยังพบการปนเปื้อนของโลหะหนักต่าง ๆ ไม่เกินค่าที่ยอมรับให้มีได้ในดินเกษตรกรรมทั่วไป

12. ค่าพีเอชของดินระหว่างปลูกผักคะน้าและผักกาดหอม จะมีค่าอยู่ในช่วง 6.4-7.1 โดยค่าพีเอชจะสูงในช่วง 2 สัปดาห์แรก และจะลดลงจนมีค่าใกล้เคียงกันในช่วงสัปดาห์ที่ 4, 6 และ 8 ซึ่งเมื่อสิ้นสุดการเพาะปลูก ค่าพีเอชก็ยังอยู่ในช่วงประมาณ 6.5

13. การตกค้างของปริมาณโลหะหนักในดินหลังการเพาะปลูกผักคะน้า พบว่าเฉพาะตะกั่วเท่านั้นที่มีการสะสมในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง โดยโลหะหนักที่มีแนวโน้มของการสะสมในดินหลังการเพาะปลูกผักคะน้าสูงที่สุดคือ เหล็ก และโลหะหนักที่แนวโน้มของการสะสมในดินหลังการเพาะปลูกผักคะน้าต่ำที่สุด คือ แคดเมียม

14. การเติมกากตะกอนและกากตะกอนร่วมกับแกลบลงดิน มีผลให้แนวโน้มการตกค้างของปริมาณ แคดเมียม ทองแดง นิเกิล แมงกานีส และสังกะสี ในดินหลังการเพาะปลูกผักคะน้าสูงขึ้นกว่าปุ๋ยเคมี และควบคุมอย่างเห็นได้ชัด

15. การเติมกากตะกอนร่วมกับแกลบทุกอัตรา มีผลให้การสะสมของตะกั่ว และเหล็ก ในดินหลังการเพาะปลูกผักคะน้าต่ำกว่าการเติมกากตะกอน อีกทั้งยังต่ำกว่าการเติมปุ๋ยเคมีและควบคุมด้วย

16. การตกค้างของปริมาณโลหะหนักในดินหลังการเพาะปลูกผักกาดหอม จะเห็นว่าเฉพาะแมงกานีสเท่านั้น ที่มีการสะสมในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง โดยการสะสมของปริมาณโลหะหนักที่มีแนวโน้มสูงที่สุด ได้แก่ เหล็ก และแนวโน้มของปริมาณโลหะหนักที่สะสมในดินต่ำที่สุดคือ แคดเมียม ซึ่งสอดคล้องเช่นเดียวกันกับผักคะน้า

17. การเติมกากตะกอนและกากตะกอนร่วมกับแกลบลงดิน มีผลให้ปริมาณตกค้างของแคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ในดินหลังการเพาะปลูกผักกาดหอมสูงกว่าปุ๋ยเคมี และควบคุม

18. การเติมกากตะกอนร่วมกับแกลบทุกอัตรา มีผลให้การสะสมของตะกั่วในดินหลังการเพาะปลูกผักกาดหอมต่ำกว่าการเติมกากตะกอน อีกทั้งยังต่ำกว่าการเติมปุ๋ยเคมี

และควบคุมด้วยในทางตรงกันข้าม การเติมกากตะกอนร่วมกับแกลบทุกอัตรา จะมีแนวโน้มของการสะสมแคดเมียม นิเกิล และสังกะสี ในดินหลังการเพาะปลูกผักกาดหอมสูงกว่าการเติมกากตะกอนเพียงอย่างเดียว

19. ในดินหลังการเพาะปลูกผักคะน้าและผักกาดหอม การเติมกากตะกอนและกากตะกอนร่วมกับแกลบ มีแนวโน้มของปริมาณอินทรียวัตถุที่สะสมในดินสูงกว่าควบคุมและปุ๋ยเคมี ทั้งยังสูงกว่าดินก่อนการเพาะปลูกด้วย

20. ในดินหลังการเพาะปลูกผักคะน้าและผักกาดหอม จะเห็นได้ว่าการเติมกากตะกอนร่วมกับแกลบ จะแนวโน้มของการสะสมปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าการเติมกากตะกอนเพียงอย่างเดียว แต่การเพิ่มขึ้นของปริมาณอินทรียวัตถุ ก็ไม่ได้เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มปริมาณแกลบ

21. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ที่ตกค้างในดินจากการเติมกากตะกอนและกากตะกอนร่วมกับแกลบของทั้งผักคะน้าและผักกาดหอม มีแนวโน้มสูงกว่าควบคุมและปุ๋ยเคมี จึงสามารถใช้เป็นแหล่งของธาตุอาหารพืชอย่างเพียงพอ และเป็นประโยชน์ต่อพืชในฤดูกาลเพาะปลูกต่อไป

22. ในดินหลังการเพาะปลูกผักคะน้าและผักกาดหอม จะมีปริมาณไนเตรตสูงที่สุดได้แก่ ปุ๋ยเคมี และต่ำที่สุดคือ ควบคุม ส่วนการเติมกากตะกอนและกากตะกอนร่วมกับแกลบมีค่าของปริมาณไนเตรตใกล้เคียงกัน และค่าที่ได้ก็สูงกว่า ค่าของไนเตรตในดินก่อนการเพาะปลูก

23. ปริมาณของแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินหลังการเพาะปลูกผักคะน้าสูงที่สุดได้แก่ ปุ๋ยเคมี และต่ำที่สุดคือ ควบคุม ส่วนการเติมกากตะกอนและกากตะกอนร่วมกับแกลบมีแนวโน้มของค่าแอมโมเนียมใกล้เคียงกัน โดยทุกตำรับทดลองมีค่าแอมโมเนียมสูงกว่าดินก่อนการเพาะปลูก

24. ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ในดินหลังการเพาะปลูกผักกาดหอมที่มีค่าสูงที่สุด ได้แก่ ควบคุม รองลงมาคือ กากตะกอนร่วมกับแกลบ 640 กก./ไร่ และปุ๋ยเคมี นอกจากตำรับทดลองเติมกากตะกอนร่วมกับแกลบ 320 กก./ไร่ แล้วนั้น ทุกตำรับทดลองของดินหลังการเพาะปลูกผักกาดหอม มีค่าแอมโมเนียมสูงกว่าดินก่อนการเพาะปลูก

25. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการเพาะปลูกผักคะน้า มีค่าสูงที่สุดในปุ๋ยเคมี รองลงมาคือ ควบคุม ปริมาณฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้ในดินหลังการเพาะปลูกผักคะน้าทุกตำรับทดลอง มีค่าต่ำกว่าดินก่อนการเพาะปลูก

26. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการเพาะปลูกผักกาดหอม มีค่าสูงที่สุดในควบคุม รองลงมาคือ ปุ๋ยเคมี ทั้ง 2 ตำรับทดลองมีค่าของฟอสฟอรัสสูงกว่าดินก่อนการเพาะปลูก ส่วนการเติมกากตะกอนและกากตะกอนร่วมกับแกลบทุกอัตรามีผลให้ปริมาณของฟอสฟอรัส ลดลงต่ำกว่าดินก่อนการเพาะปลูก

27. ปริมาณของโปแตสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังการเพาะปลูกผักคะน้าและผักกาดหอม พบว่ามีค่าสูงที่สุด จากการเติมกากตะกอนร่วมกับแกลบ 1,280 กก./ไร่ การเติมกากตะกอนร่วมกับแกลบอัตราต่าง ๆ มีแนวโน้มให้ค่าโปแตสเซียมสูงกว่าการเติมกากตะกอนและค่าโปแตสแซียมจะเพิ่มขึ้นตามอัตราเติมแกลบที่สูงขึ้น ปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นทั้งในดินหลังการเพาะปลูกผักคะน้าและผักกาดหอม

28. การเติมกากตะกอนและกากตะกอนร่วมกับแกลบ มีผลให้ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้นสูงกว่าดินก่อนการเพาะปลูก และการเติมกากตะกอนร่วมกับแกลบจะมีผลให้ค่าความสามารถ ในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มมากขึ้นกว่าการเติมกากตะกอนเพียงอย่างเดียว โดยค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกจะต่ำที่สุดในปุ๋ยเคมีของทั้งผักคะน้าและผักกาดหอม

29. การเพาะปลูกผักคะน้า มีแนวโน้มทำให้ค่าความหนาแน่นอนุภาคลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนการเพาะปลูก ส่วนการปลูกผักกาดหอม มีแนวโน้มทำให้ค่าความหนาแน่น

อนุภาคเพิ่มขึ้นมากกว่าดินหลังการเพาะปลูกผักคะน้า และทุกตำรับทดลองของดินหลังการเพาะปลูกผักกาดหอม มีค่าความหนาแน่นอนุภาคสูงกว่าดินก่อนการเพาะปลูก

30. ตำรับทดลองควบคุมและปุ๋ยเคมีของทั้งผักคะน้าและผักกาดหอม จะมีค่าความหนาแน่นรวมของดินหลังการเพาะปลูกสูงกว่าดินก่อนการเพาะปลูก ในดินหลังการเพาะปลูกผักคะน้าจะเห็นว่า การเติมกากตะกอนร่วมกับแกลบ มีแนวโน้มของค่าความหนาแน่นรวมสูงกว่าการเติมกากตะกอน ยกเว้นการเติมกากตะกอนร่วมกับแกลบ 640 กก./ไร่ ส่วนในดินหลังการเพาะปลูกผักกาดหอม การเติมกากตะกอนร่วมกับแกลบมีแนวโน้มของค่าความหนาแน่นรวม ต่ำกว่าการเติมกากตะกอนเพียงอย่างเดียว

31. ดินหลังการเพาะปลูกผักกาดหอมจะมีแนวโน้มของค่าความพรุนรวม สูงกว่าดินหลังการเพาะปลูกผักคะน้า โดยการเติมกากตะกอนร่วมกับแกลบจะมีผลให้ดินหลังการเพาะปลูกผักคะน้า มีค่าความพรุนรวมต่ำกว่าการเติมกากตะกอน ยกเว้นการเติมกากตะกอนร่วมกับแกลบ 640 กก./ไร่ ส่วนการเติมกากตะกอนร่วมกับแกลบ จะทำให้ดินหลังการเพาะปลูกผักกาดหอมมีค่าความพรุนรวมสูงกว่าการเติมกากตะกอน แต่อย่างไรก็ตามทุกตำรับทดลองของดินหลังการเพาะปลูกผักกาดหอม ก็มีค่าความพรุนรวมสูงกว่าดินก่อนการเพาะปลูก

ข้อเสนอแนะ

1. การเติมแกลบซึ่งอยู่ในรูปที่ยังไม่ย่อยสลายลงสู่ดิน อาจมีผลต่อการกีดขวางการเจริญเติบโตของพืชได้มากกว่าจะปลดปล่อยสิ่งที่เป็นประโยชน์ให้แก่พืช ดังนั้นหากจะทำการศึกษาในเรื่องนี้ต่อไป ก็ควรที่จะมีการทิ้งช่วงเวลาในการใส่แกลบลงดินก่อนเพาะปลูกพืช หรืออาจทำให้แกลบมีการสลายตัวบ้าง ด้วยวิธีการใด ๆ ก่อนนำมาใส่ในพื้นที่เพาะปลูก

2. การสะสมโลหะหนักในพืช พบว่าโลหะหนักบางธาตุมีปริมาณการสะสมในพืชน้อยมาก จนตรวจวัดไม่พบ ทำให้มองเห็นการเปลี่ยนแปลงของการสะสมโลหะหนักในพืชได้ไม่เด่นชัดนัก ดังนั้น หากต้องการศึกษาการสะสมโลหะหนักในพืช ที่ปลูกโดยการเติม

กากตะกอน และความเปลี่ยนแปลงของปริมาณโลหะหนักในพืชเมื่อเติมแกลบลงไปร่วมกับกากตะกอนในการเพาะปลูก จึงอาจจำเป็นต้องใช้กากตะกอนในปริมาณที่สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การเติมกากตะกอนในอัตราที่สูงขึ้น เมื่อพิจารณาถึงความเสี่ยงต่อโลหะหนักแล้ว ก็ควรทำการวิจัยในสภาพเรือนทดลองก่อนที่จะศึกษาในพื้นที่จริง

3. การศึกษาพืชทั้ง 2 ชนิด คือ ผักคะน้าและผักกาดหอมนั้น ถึงแม้ว่าจะเห็นแนวโน้มของความแตกต่างในด้านต่าง ๆ ที่ศึกษา แต่พืชเพียง 2 ชนิด ก็ยังน้อยเกินไปสำหรับการพิจารณานำแกลบมาใช้ร่วมกับกากตะกอน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาพืชชนิดต่าง ๆ เพิ่มเติม เพื่อเป็นแนวทางที่จะเลือกชนิดพืชที่เหมาะสม ในการจัดการกากตะกอนร่วมกับแกลบในอนาคตต่อไป

4. นอกจากการนำ "แกลบ" ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมการเกษตรมาใส่ร่วมกับกากตะกอนในการเพาะปลูกพืชแล้ว ยังมีวัสดุเหลือใช้อื่น ๆ อีก ที่เป็นปัญหาต่อการกำจัดและจัดการ ดังนั้นจึงควรนิจารณานำมาศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ เปรียบเทียบกับแกลบด้วย