บทที่ 5

วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 คุณสมบัติและลักษณะของดินก่อนปลูก

คุณสมบัติทางเคมีของดิน

จุดประสงค์ของการทดสอบดินก่อนการใส่กากตะกอน ก็เพื่อที่จะดูความเหมาะสมของดินที่ใช้ เช่น ลักษณะของดิน ความต้องการปูน แร่ธาตุในดินฯ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นก่อนการเติมกากตะกอน ลักษณะของดินทดลองที่ได้รับการทดสอบมีดังต่อไปนี้

pH : จากการทดสอบวัด pH ของสารละลายดินด้วย pH meter พบว่าดินที่ใช้ทดลองมีค่า pH 6.98 ซึ่งถือว่าเป็นกลาง และมีความเหมาะสมที่จะใช้ทดลองโดยไม่ต้องมีการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของดินอีก เนื่องจากเมื่อจะมีการเติมกากตะกอนลงดิน จำเป็นจะต้องให้ pH ของดิน มีค่ามากกว่า 6.5 ขึ้นไป (9)

แร่ธาตุในดิน : มีความจำเป็นจะต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับระดับของแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และมีอยู่ในดิน เพื่อจะใช้ในการคำนวนอัตราการใส่กากตะกอน เมื่อจะมีการปลูกพืชลงในดินนั้น ๆ(9)

จากการวิเคราะห์แร่ธาตุประกอบในดิน พบว่ามีแร่ธาตุซึ่งจัดเป็นแร่ธาตุหลัก คือ ไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ 1053.3 ppm. โดยอยู่ในรูปของไนเตรทไนโตรเจน และแอมโมเนียมไนโตรเจน 71.25 และ 71.47 ppm ตามลำดับ มีโปตัสเซี่ยมที่แลกเปลี่ยนได้ 225.98 ppm ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 1220.57 ppm และมีแร่ธาตุอื่น ๆ ได้แก่ อลูมิเนียม, มักเนเซียม, โซเดียม, เหล็ก, มังกานีส, ทองแดง, และสังกะสี โดยวิเคราะห์ออกมาในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.1

นอกจากนี้ เนื่องจากการทดลองต้องการศึกษาถึงผลตกค้างในดินอันเนื่องมาจากโลหะหนักที่อาจเป็นพิษอันได้แก่ นิเกิล, แคดเมี่ยม และตะกั่ว เพราะแร่ธาตุเหล่านี้ไม่มีประโยชน์ต่อพืช และยัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

T 175195 19

อาจเป็นพิษต่อทั้งพืชและสัตว์ที่บริโภคพืชนั้น จึงได้วิเคราะห์ปริมาณของแร่ธาตุเหล่านี้ในดินที่จะใช้ในการทดลองปรากฏว่า มี นิเกิล ที่พืชสามารถดึงไปใช้ได้อยู่น้อยกว่า 1 ppm แคดเมี่ยม และตะกั่วที่พืชสามารถดึงไปใช้ได้ 0.1 และน้อยกว่า 1 ppm ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์นี้พอสรุปได้ว่า ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์อยู่พอประมาณ และมีแร่ธาตุประเภทโลหะหนักอยู่น้อย

C : N ratio : อัตราส่วน C : N นี้เป็นสิ่งจำเป็นในการประมาณค่า nitrogen storage capacity ของดิน ซึ่งมีผลในการคำนวนอัตราการใส่กากตะกอน (9) จากการวิเคราะห์ ดินทรีย์คาร์บอนในดินพบว่ามี 1.83 % ในขณะที่มีไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ 0.11 % ดังนั้น C : N ratio ของดินจึงมีค่า 16.64 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการเกิดกระบวนการ mineralization (15) ดังนั้นเมื่อเติมกากตะกอนลงดิน กากตะกอนจะถูกจุลินทรีย์ในดิน ย่อยสลายให้กลายเป็นแร่ธาตุที่พืชจะนำไปใช้ได้โดยง่าย

คุณสมบัติทางกายภาพ

ดินที่นำมาใช้ เป็นดินที่ได้รับการผสมมาแล้วจากบริษัทผู้ผลิตโดยใช้ชื่อทางการค้าว่า ดินขุยไผ่ พบว่ามีอินทรีย์วัตถุ เช่น รากพืชอยู่มาก ในบางส่วนดินมีการจับกันเป็นก้อน ดังนั้นเพื่อให้ดินมีลักษณะร่วน และโปร่งขึ้นจึงได้ผสมทรายหยาบลงไปในอัตราส่วน ดิน : ทราย = 9 : 1 โดยน้ำหนัก ดินที่ได้รับการผสมใหม่เพื่อใช้ทดลอง จึงมีลักษณะร่วนโปร่งขึ้นและมีความสม่ำเสมอเป็นเนื้ออันเดียวกันมากขึ้น ดังนั้นจึงถือได้ว่าความแปรปรวนอันจะเกิดจากดินที่ใช้ทดลองมีน้อยมาก

เมื่อนำตัวอย่างดินที่ผสมไปหาความชื้นพบว่ามีความชื้น 14.92 %

5.2 คุณสมบัติและลักษณะของกากตะกอน

คุณสมบัติทางเคมี

อินทรีย์สารคาร์บอน (Organic Carbon)

จากการวิเคราะห์พบว่าอินทรีย์สารคาร์บอนในกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมไทยชูรสจำกัด มีปริมาณสูงที่สุด คือ 45.53% รองลงไปคือกากตะกอนจากโรงงานโฟร์โมสต์อาหารนม(กรุงเทพ) จำกัด มีอยู่ 19.49% และสุดท้ายคือ กากตะกอนจากโรงงานบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด มีอยู่ 16.97% ดังแสดงการเปรียบเทียบในรูปที่ 4.1 ซึ่งปริมาณที่วิเคราะห์ได้ในกากตะกอน

ทั้งสามชนิด อยู่ในช่วงปกติที่สามารถจะพบได้ในกากตะกอนน้ำทิ้งทั่วไปในที่อื่น ๆ จากรายงานของ USEPA (1983) พบว่า องค์ประกอบของอินทรีย์สารคาร์บอนในกากตะกอนจะอยู่ในช่วงจาก 6.5-48 เปอร์เซนต์ (9) ซึ่งอินทรีย์สารที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในกากตะกอนน้ำทิ้งก็คือ เซลล์ของสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ และผลผลิตที่ผ่านการย่อยสลายของมัน และสารประกอบเคมีที่อยู่ในน้ำทิ้งอันได้แก่ โปรตีน พอลิแซ็กคาไรด์ ไขข้น และ ไขมัน อีกทั้งสารประกอบที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาในระหว่างกระบวนการบำบัดน้ำทิ้งและบำบัดกากตะกอน

อินทรียสารคาร์บอนที่พบในกากตะกอนนี้ ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ (9)

<u>พีเอช</u> (pH)

จากการวัดค่าความเป็น กรด ด่างของกากตะกอนจากโรงงานทั้งสาม พบว่า กากตะกอนแห้งจากโรงงานโฟร์โมสต์อาหารนม(กรุงเทพ) จำกัด (F), จากโรงงานบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด (B) และจากโรงงานอุตสาหกรรมไทยชูรส จำกัด (T) มีค่าอยู่ระหว่าง 6.1-6.63 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าพีเอชของกากตะกอนจากทั้งสามโรงงานและในดินปลูก

นับว่าค่าความเป็นกรดด่างของกากตะกอนทั้งสามนี้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นปุ๋ย เพราะโดยทั่วไปแล้วการนำกากตะกอนมาใช้เป็นปุ๋ย หรือผสมเป็นปุ๋ยจะต้องทำให้มี pH อยู่ในช่วงระหว่าง 5-10 ซึ่งช่วง pH ที่เหมาะสมที่สุดคือ 6-8 เนื่องจากในช่วง pH นี้ จุลินทรีย์จะมีการเติบโตและมีกิจกรรมมากที่สุด (17)

<u>องค์ประกอบไนโตรเจนในกากตะกอน</u>

ความเข้มข้นของอินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนียม และไนเตรทในกากตะกอนเป็นผลมาจากชนิดของการบำบัดกากตะกอน และกระบวนการจัดการที่ใช้ ซึ่งโดยทั่วไป มากกว่า 90% ของอนินทรีย์ไนโตรเจนจะอยู่ในรูปของ NH_4 ระหว่างขั้นตอนการเอาน้ำออกจากกากตะกอนจะลดปริมาณของ NH_4 ในกากตะกอนลง ซึ่งทำให้เหลือเพียงไม่ถึง 10% ของไนโตรเจนทั้งหมด (9) เมื่อกระบวนการจัดการกับกากตะกอนมีอิทธิพลอย่างมากต่อองค์ประกอบของอนินทรีย์ไนโตรเจน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เช่นนี้ ดังนั้นการวิเคราะห์ไนโตรเจน เพื่อจะใช้ในพื้นที่เกษตรกรรม จึงจะต้องกระทำในช่วงที่เป็นจริง นั่นคือ ต้องวิเคราะห์กากตะกอนในรูปแบบที่มันจะถูกนำไปใช้จริงดังเช่นในการทดลองนี้วิเคราะห์ในรูปของกากตะกอนแห้งที่ผ่านการตากให้แห้งแล้ว มิใช่กากตะกอนที่เพิ่งนำมาจากโรงบำบัดเพราะในระหว่างการขนส่ง การตากแห้ง และระยะเวลาที่ผ่านมาจะต้องมีการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของ NH_4 ทั้งนี้เนื่องจากรูปอินทรีย์ของไนโตรเจน (NH_4 และ NO_3) อยู่ในรูปที่ละลายน้ำ ดังนั้นความเข้มข้นของมันจะลดลงอย่างรวดเร็วในระหว่างขั้นตอนการเอาน้ำออก เช่นในขั้นลานตากตะกอน ปั่น อัดวีดและอื่น ๆ แม้กระทั่งการให้ความร้อนหรือผึ่งลม ก็สามารถทำให้ NH_4 ลดลงเพราะกระบวนการ ammonia volatilization (9)

ในทางตรงกันข้าม ระดับของอินทรีย์ไนโตรเจนในกากตะกอนจะไม่ลดลง เนื่องจากกระบวนการเอาน้ำออกจากกากตะกอนหรือการทำให้กากตะกอนแห้ง เพราะอินทรีย์ไนโตรเจนส่วนใหญ่ในกากตะกอนปะปนอยู่กับของแข็งในกากตะกอน ซึ่งองค์ประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนในกากตะกอน สามารถพบได้ในช่วงจาก 1-10 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักแห้ง สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนที่พบในกากตะกอนส่วนใหญ่เป็นพวกกรดอมิโน (9)

หลังจากการใส่กากตะกอนลงดิน จุลชีพในดินจะย่อยสลาย อินทรีย์สารที่มีอยู่ในกากตะกอน ยังผลให้เกิดการปลดปล่อย NH_4 ซึ่งจะถูกดูดซึมโดยพืชที่ปลูกในที่นี้คือ ผักกาดหอม ซึ่งคาดว่ามิใช่ไนโตรเจนทั้งหมดในกากตะกอนที่ถูกใส่ลงดินจะเป็นประโยชน์ หรือถูกผักกาดหอมดูดซับได้ทั้งหมด

กากตะกอนที่นำมาใช้ในการทดลองนี้ ถูกวิเคราะห์ไนโตรเจนออกมาในรูปของไนโตรเจนทั้งหมด ไนเตรทไนโตรเจนและแอมโมเนียมไนโตรเจนได้ผลดังต่อไปนี้

<u>ไนโตรเจนทั้งหมด</u> (Total-N)

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่ากากตะกอนจากโรงงานบุญรอด บริวเวอรี่ มีไนโตรเจนทั้งหมดอยู่สูงที่สุด คือ 50717.11 ppm. หรือ 5.1 % โดยน้ำหนักแห้ง รองลงไปคือกากตะกอนแห้งจากโรงงานโฟร์โมสต์อาหารนม จำกัด มีไนโตรเจนทั้งหมด 39044.24 ppm. หรือ 3.9% สุดท้ายคือ กากตะกอนแห้งจากโรงงานอุตสาหกรรมไทยชูรส จำกัด มีไนโตรเจนทั้งหมด 37976.51 ppm. หรือ 3.8 % ดังแสดงการเปรียบเทียบโดยใช้รูปที่ 4.3

เมื่อเปรียบเทียบกับงานของ Sommers (3) ซึ่งพบว่าโดยทั่วไปกากตะกอนน้ำทิ้งมีไนโตรเจนทั้งหมดเป็นองค์ประกอบอยู่ โดยเฉลี่ย 4.9% หรืออยู่ในช่วง 0.5-7.6% กากตะกอนจากทั้งสามโรงงานก็มีไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในช่วงนี้เช่นกัน

ไนเตรทไนโตรเจน (Nitrate - N)

ไนเตรทไนโตรเจนในกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมไทยชูรส จำกัด มีอยู่สูงสุดคือ 650.36 ppm. รองลงไปคือกากตะกอนแห้งจากโรงงานโฟร์โมสต์อาหารนม จำกัด มีไนเตรทไนโตรเจน 431.17 ppm. สุดท้ายคือ กากตะกอนแห้งจากโรงงานบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด มี 372.05 ppm. รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทไนโตรเจนในกากตะกอนทั้งสามโรงงานและดินที่ใช้ปลูก และนับว่ากากตะกอนจากโรงงานทั้งสาม มีค่าไนเตรทไนโตรเจนสูงกว่าค่าเฉลี่ยที่พบในกากตะกอนน้ำทิ้งโดยทั่วไป ซึ่งพบว่ามีค่าเฉลี่ย 300 ppm (3)

แอมโมเนียมไนโตรเจน (Ammomium - N)

แอมโมเนียมไนโตรเจนในกากตะกอนแห้งจากโรงงานอุตสาหกรรมไทยชูรส จำกัด มีอยู่สูงสุดคือ 3576.97 ppm. รองลงไปคือ กากตะกอนแห้งจากโรงงานโฟร์โมสต์อาหารนม จำกัด มีอยู่ 1008.77 ppm. และสุดท้ายคือ กากตะกอนแห้งจากโรงงานบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด มี 979.93 ppm. รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในกากตะกอนทั้งสามโรงงานและดินที่ใช้ปลูก เช่นเดียวกับค่าไนเตรทไนโตรเจน กากตะกอนจากโรงงานทั้งสาม มีแอมโมเนียมไนโตรเจนสูงกว่าค่าเฉลี่ยแอมโมเนียมไนโตรเจน ที่เป็นองค์ประกอบของกากตะกอนโดยทั่วไป ซึ่งพบว่ามีค่า 950 ppm (3)

ฟอสฟอรัส (Phosphorus)

ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ในกากตะกอนจะอยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์ นั่นคือประมาณ 70-90 % ของฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total-P) ซึ่งแม้ว่ากระบวนการสลายตัวกลายเป็นแร่ธาตุ

ของอินทรีย์ฟอสฟอรัสจะเกิดขึ้นในระหว่างการย่อยสลายของกากตะกอน แต่ปฏิกริยาที่เกิดกับอินทรีย์ฟอสฟอรัสเป็นปฏิกริยาที่สำคัญที่สุดเมื่อใช้กากตะกอนในพื้นที่เกษตรกรรม (9)

จากผลการวิเคราะห์ available-P ในกากตะกอนทั้ง 3 โรงงานพบว่า กากตะกอน F (จากโรงงานโฟร์โมสต์อาหารนม จำกัด) กากตะกอน B (จากโรงงานบูรอดบริวเวอรี่ จำกัด) และกากตะกอน T (จากโรงงานอุตสาหกรรมไทยชูรส จำกัด) มีค่า 27525.34, 21816.66 และ 17425.34 ppm. ตามลำดับ ดังแสดงการเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่ 4.6

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในกากตะกอนนี้ ชี้ให้เห็นว่ากากตะกอนทั้งสามชนิดมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในช่วงใกล้เคียงกับกากตะกอนจากระบบเลี้ยงตะกอน (Activated Sludge) โดยทั่วไปซึ่งวิเคราะห์ฟอสฟอรัสออกมาในรูปของ P_2O_5 อยู่ในช่วงระหว่าง 3.0-3.7 % โดยน้ำหนัก (43)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในกากตะกอนทั้งสามโรงงานนี้ มีอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของพืช โดยไม่ต้องมีการเติมปุ๋ยเคมีใด ๆ เพื่อเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสให้แก่พืชอีก

ซึ่งการวิเคราะห์องค์ประกอบของฟอสฟอรัส ในการทดลองนี้วิเคราะห์ในรูปของ available-P มิใช่ Total-P ตามที่การทดลองในอดีตหลายการทดลองได้กระทำ (3) เนื่องจาก available-P นี้เองจะเป็นส่วนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้จริง ๆ เพราะเป็นส่วนที่จะปรากฏอยู่ในสารละลายดิน เมื่อมีการผสมกากตะกอนลงดิน โดยเมื่อพืชดึงเอาสารละลายฟอสฟอรัสในดินไปใช้สมดุลของฟอสฟอรัสในดิน ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงมีการชดเชย soluble P ในปฏิกริยา (9)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>โปตัสเซียม</u> (K)

การทดลองนี้วิเคราะห์โปตัสเซียมออกมาในรูปของ Exchangeable-K เนื่องจากเป็นรูปโปตัสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งโปตัสเซียมแหล่งสำคัญสำหรับการดูดไปใช้ของพืช (40) ซึ่งผลการวิเคราะห์ปรากฏดังที่แสดงในตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบปริมาณ Exchangeable-K ของกากตะกอนทั้ง 3 โรงงานในรูปที่ 4.7 จะเห็นว่า กากตะกอน B (จาก

โรงงานบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด) มี Exchangeable-K อยู่สูงที่สุด คือ 3130.21 ppm. รองลงไปคือ กากตะกอน F (จากโรงงานโฟรโมสต์ อาหารนม จำกัด)มี 1856.60 ppm และน้อยที่สุดคือ กากตะกอน T (จากโรงงานอุตสาหกรรมไทยชูรส จำกัด) มี 1680.28 ppm.

กากตะกอนทั้งสามโรงงานมีค่า Exchangeable-K อยู่ในช่วง 0.2-0.3 % โดยน้ำหนักแห้งซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของกากตะกอนจากระบบเลี้ยงตะกอนในที่อื่น ๆ (43)

องค์ประกอบแร่ธาตุอื่น ๆ ในกากตะกอน

เนื่องจากการที่กากตะกอนน้ำทิ้งยังมีแร่ธาตุอื่น ๆ ที่พืชต้องการเพื่อการเจริญเติบโตเป็นองค์ประกอบอยู่อีก ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์แร่ธาตุ อื่น ๆ ที่มีอยู่ในกากตะกอนอีก คือ อลูมิเนียม(Al) มักเนเซียม(Mg) แคลเซียม(Ca) โซเดียม(Na) เหล็ก(Fe) มังกานีส(Mn) ทองแดง(Cu) สังกะสี(Zn) โดยวิเคราะห์ออกมาในรูปที่พืชจะนำไปใช้ได้ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.2

Exchangeable-Al

กากตะกอนจากทั้งสามโรงงานมีปริมาณ Exchangeable-Al อยู่น้อยเกินกว่าที่เครื่องมือตรวจวิเคราะห์จะบอกได้แน่ชัดว่ามีเท่าใด นั่นคือ มีอยู่น้อยกว่า 2 ppm.

เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย Exchangeable-Al ในกากตะกอนน้ำทิ้งโดยทั่วไปซึ่งมีเฉลี่ย 1.2% (3) จึงนับว่าน้อยมาก

รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณ Exchangeable-Al ในกากตะกอนทั้งสามโรงงานและในดินปลูก

Available - Mg

กากตะกอน T (จากโรงงานอุตสาหกรรมไทยชูรส จำกัด) มีปริมาณ Available-Mg อยู่สูงสุดคือ 1421.67 ppm. รองลงไปคือกากตะกอน B (จากโรงงานบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด) มี 916.67 ppm. และสุดท้ายคือกากตะกอน F (จากโรงงานโฟร์โมสต์อาหารนม จำกัด) มี 838.33 ppm. เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย Mg ในกากตะกอนน้ำทิ้งทั่วไป (3) ซึ่งพบว่ามี Mg อยู่ในช่วง 0.03-1.97 % นับว่าอยู่ในค่าโดยเฉลี่ย รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณ Mg ในกากตะกอนทั้งสามโรงงาน และในดินที่ใช้ปลูก

Available - Ca

ปริมาณ Ca ในกากตะกอน F มีอยู่มากที่สุด คือ 6683.33 ppm. รองลงไปคือ กากตะกอน B มีอยู่ 3408.33 ppm และสุดท้ายคือ กากตะกอน T มีอยู่ 2675 ppm

เมื่อเปรียบเทียบกับงานของ Sommers (1977) ซึ่งพบว่า Ca ในกากตะกอนน้ำทิ้งโดยทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-25.0% หรือมีเฉลี่ย 4.9 % ของน้ำหนักแห้ง (3) จึงนับว่ากากตะกอนทั้งสามโรงงานนี้มีปริมาณ Ca อยู่น้อย

รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณ Available-Ca ในกากตะกอนทั้งสามโรงงานและในดินที่ใช้ปลูก

Available - Na

ปริมาณ Na ในกากตะกอน B มีอยู่สูงที่สุด คือ 4600 ppm. รองลงไปคือ กากตะกอน T มี 1566.67 ppm และสุดท้ายคือกากตะกอน F มี 783.33 ppm.

จากงานของ Sommers (3) พบว่ากากตะกอนน้ำทิ้งโดยทั่วไป Na อยู่ในช่วง 0.01-3.07 % หรือเฉลี่ย 0.57% ของน้ำหนักแห้ง ดังนั้นจึงนับว่ากากตะกอนทั้งสามโรงงานนี้มี

ปริมาณ Na อยู่ในค่ามาตรฐานที่พบได้ทั่วไป

รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณ Available-Na ในกากตะกอนทั้งสามโรงงาน และในดินที่ใช้ปลูก

Available-Fe

ปริมาณ Available-Fe ในกากตะกอน F มีอยู่สูงสุดคือ 285 ppm. รองลงไปคือกากตะกอน B มี 128 ppm และน้อยที่สุดคือกากตะกอน T มีเพียง 8.5 ppm.

เมื่อเปรียบเทียบกับงานของ Sommers (3) ซึ่งพบว่ากากตะกอนน้ำทิ้งโดยทั่วไปมี Fe เป็นองค์ประกอบอยู่ในช่วง <0.1-15.3 % หรือเฉลี่ย 1.3% โดยน้ำหนักแห้งนับว่ากากตะกอนจากทั้งสามโรงงานนี้มี Fe เป็นองค์ประกอบอยู่น้อยมาก โดยเฉพาะกากตะกอน T มีเพียง .0009 % เท่านั้น

รูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณ Available-Fe ในกากตะกอนทั้งสามโรงงานและในดินที่ใช้ปลูก

Available-Mn

ปริมาณ Available-Mn ในกากตะกอน B มีอยู่สูงสุดคือ 191 ppm รองลงไปคือกากตะกอน T มี 126 ppm และสุดท้ายคือกากตะกอน F มี 9.9 ppm.

เปรียบเทียบกับงานของ Sommers (3) ซึ่งพบว่าโดยทั่วไปในกากตะกอนน้ำทิ้ง มี Mn เป็นองค์ประกอบอยู่ในช่วง 18-7,100 ppm หรือเฉลี่ย 380 ppm นับว่ากากตะกอน B และ T มีค่าอยู่ใกล้เคียงกับค่าโดยทั่วไปในขณะที่กากตะกอน F มีน้อยกว่าค่าโดยทั่วไป

รูปที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณ Available-Mn ในกากตะกอนทั้งสามโรงงาน และในดินปลูก

Available-Cu

จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณ Available-Cu ในกากตะกอน B มีอยู่ในปริมาณที่สูงที่สุด คือ 60 ppm. สูงกว่ากากตะกอน F และ T ประมาณ 30 เท่า นั่นคือ กากตะกอน F และ T มี Available-Cu อยู่เพียง 2.5 และ 2 ppm ตามลำดับ

แต่ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับงานของ Sommers (3) จะพบว่าปริมาณ Available-Cu ในกากตะกอน B ยังคงต่ำกว่าค่าเฉลี่ยโดยทั่วไปของกากตะกอนน้ำทิ้งอยู่มาก เพราะโดยทั่วไปปริมาณ Cu ในกากตะกอนน้ำทิ้งจะมีอยู่ระหว่าง 84-10,400 ppm หรือค่าเฉลี่ย 1,210 ppm

รูปที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณ Available-Cu ในกากตะกอนทั้งสามโรงงานและดินที่ใช้ปลูก

Available-Zn

ปริมาณ Available-Zn ในกากตะกอน F มีอยู่ในปริมาณมากที่สุด คือ 298 ppm รองลงไปคือกากตะกอน B มี 113 ppm และสุดท้ายคือ กากตะกอน T มี 24.60 ppm.

เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ Zn ในกากตะกอนน้ำทิ้งโดยทั่วไป ซึ่งอยู่ในช่วง 101-27,800 ppm หรือเฉลี่ย 2,900 ppm (3) ดังนั้นปริมาณ Zn ในกากตะกอนทั้งสามโรงงานนี้จึงนับว่าน้อยมาก โดยเฉพาะกากตะกอน T มีเพียง 24.6 ppm เท่านั้น

รูปที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณ Available-Zn ในกากตะกอนทั้งสามโรงงาน และดินที่ใช้ปลูก

จุดธาตุโลหะหนักในกากตะกอน

Brooks และ Mc Grath (23) ถือว่า Cu, Zn, Ni, Cd, Pb เป็นโลหะที่มีความเป็นพิษและมักพบในน้ำทิ้งที่อยู่ในเขตอุตสาหกรรม แต่เนื่องจาก Cu และ Zn เป็นจุลธาตุที่พืชต้องการเพื่อการเจริญเติบโต ในขณะที่ Ni, Cd และ Pb เป็นจุลธาตุที่ไม่จำเป็นต่อพืชเลย (nonessential metals) ดังนั้นการทดลองนี้จึงแยก Ni, Cd และ Pb ออกมาเป็นกลุ่มธาตุที่

จะสนใจเป็นพิเศษ โดยศึกษาถึงปริมาณที่พืชปลูก คือ ผักกาดหอมอาจรับเข้าไปสะสมและปริมาณที่จะเหลือสะสมในดินที่ใช้ปลูก

จากการวิเคราะห์ Ni, Cd และ Pb โดยวิเคราะห์ในรูปที่พืชจะสามารถดูดซับเข้าไปได้ ดังแสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.2

Available-Ni

กากตะกอน F มีปริมาณ Available-Ni อยู่สูงสุดคือ 4.3 ppm รองลงไปคือ กากตะกอน B มี 1.58 ppm และสุดท้ายคือ กากตะกอน T มี 1 ppm. รูปที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณ Ni ในกากตะกอนทั้งสามโรงงานและในดินที่ใช้ปลูก

เมื่อเปรียบเทียบกับงานของ Sommers (3) ซึ่งพบว่าโดยทั่วไป Ni ในกากตะกอนน้ำทิ้งจะอยู่ในช่วง 2-3,520 ppm. หรือเฉลี่ย 320 ppm. หรือเมื่อเทียบกับค่าของระดับนิเกิล ที่มากที่สุดที่ยอมให้มีได้ในกากตะกอน ที่จะถือได้ว่าเป็นกากตะกอนที่มีคุณภาพดี สำหรับการใช้ในการเกษตรคือ 200 ppm.(4) ดังนั้นจึงนับว่ากากตะกอนทั้งสามโรงงานนี้มี Ni อยู่ในปริมาณที่น้อยมาก ซึ่งจะไม่เป็นอันตรายเมื่อนำมาใช้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วในดินตามธรรมชาติจะมี Ni เป็นองค์ประกอบอยู่ในช่วงจาก 10-4000 mg.Ni/Kg (44) และความเป็นพิษของ Ni ต่อพืชจะเกิดขึ้นเฉพาะในดินกรดเท่านั้น (45)

Available-Cd

ปริมาณ Available-Cd ในกากตะกอน B มีอยู่สูงที่สุดคือ 5.45 ppm. รองลงไปคือ กากตะกอน F มี 0.55 ppm. และสุดท้ายคือกากตะกอน T มี 0.08 ppm. รูปที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณ Available-Cd ในกากตะกอนทั้งสามโรงงาน และในดินที่ใช้ปลูก

เมื่อเปรียบเทียบกับงานของ Sommers (3) ซึ่งพบว่า Cd ในกากตะกอนน้ำทิ้งโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 3-3,410 ppm. หรือเฉลี่ย 110 ppm. และปริมาณแคดเมี่ยมที่มากที่สุด ที่ยอมให้มีได้ ในกากตะกอนที่จะใช้ในการเกษตรคือ 25 ppm.(4) จึงนับว่ากากตะกอนจากโรงงานทั้งสามนี้มี Cd เป็นองค์ประกอบในปริมาณที่น้อยมาก ซึ่งโดยธรรมชาติแล้วในดินจะมี Cd อยู่ในช่วง

0.05-1.5 mg.Cd/Kg ดินโดยมากอยู่ในระดับ 0.3 Cd/Kg (46)

Available-Pb

ปริมาณ Available-Pb ในกากตะกอน B มีอยู่สูงสุดคือ 38.67 ppm รองลงไปคือ กากตะกอน T มี 6.18 ppm และ กากตะกอน F มี 0.67 ppm. รูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณ Available-Pb ในกากตะกอนจากทั้งสามโรงงานและในดินที่ใช้ปลูก

เปรียบเทียบกับปริมาณ Pb ในกากตะกอนน้ำทิ้งโดยทั่วไป จากงานวิจัยของ Sommers (3) ซึ่งพบว่ามี Pb เป็นองค์ประกอบอยู่ในช่วง 13-19,700 ppm หรือ เฉลี่ย 1,360 ppm. และปริมาณตะกั่วที่มากที่สุด ที่ยอมให้มีได้ในกากตะกอน ที่จะใช้ในการเกษตรคือ 1,000 ppm. (4) ดังนั้นนับว่ากากตะกอนจากทั้งสามโรงงานนี้มี Pb เป็นองค์ประกอบอยู่น้อยมาก ซึ่งโดยทั่วไป Pb มักพบในดินโดยเฉลี่ย 10-15 mg Pb/Kg ดิน (44)

อัตราส่วนคาร์บอน : ไนโตรเจน (Carbon : Nitrogen Ratio)

อัตราส่วน C/N เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญอีกอันหนึ่งในเรื่องการนำกากตะกอนมาใช้ในการเกษตร เนื่องจาก อัตราส่วน C/N จะเป็นตัวชี้ถึงอัตราการสลายตัวของอินทรีย์สารในกากตะกอน เพราะว่าสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ จะใช้คาร์บอนประมาณ 30 ส่วนต่อไนโตรเจน 1 ส่วน ดังนั้น อัตราส่วน C/N ที่เหมาะสมในตอนเริ่มต้นควรจะเป็น 20-35 เพื่อจะให้การสลายตัวของกากตะกอนเป็นไปอย่างรวดเร็ว (17)

ในการวิเคราะห์กากตะกอนจากทั้งสามโรงงานพบว่า

กากตะกอน F มีค่า C/N ratio = $\frac{19.45}{3.9}$ = 5

กากตะกอน B มีค่า C/N ratio = $\frac{16.97}{5.1}$ = 3.33

กากตะกอน T มีค่า C/N ratio = $\frac{45.53}{3.8}$ = 11.98

ดังนั้น C/N ratio ของตะกอน F, B และ T มีค่า 5, 3.33 และ 11.98 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงปกติโดยทั่วไปของกากตะกอนน้ำทิ้งซึ่งมักจะพบว่ามี C/N ratio น้อยกว่า 15 (17) ซึ่งเมื่อพิจารณาตามหลักการแล้ว คาดว่าเมื่อใส่กากตะกอนทั้งสามโรงงานลงดินแล้ว จะมีการสลายตัวอย่างช้า ๆ ดังนั้นจึงเป็นการเหมาะสมที่จะปล่อยทิ้งช่วงเวลาไว้ประมาณ 2 อาทิตย์ หลังจากการผสมคลุกเคล้าและรดน้ำให้ชุ่มชื้น เพื่อให้มีเวลาพอที่อินทรีย์สารในกากตะกอนจะสลายตัวเป็นประโยชน์ต่อพืชปลูก

<u>คุณสมบัติทางกายภาพ</u>

คุณสมบัติทางกายภาพของกากตะกอน คือ ลักษณะของกากตะกอนที่เห็นด้วยสายตา กากตะกอนแต่ละรุ่น ที่มาจากโรงงานอาจจะมีลักษณะทางกายภาพแตกต่างกันขึ้นกับวิธีจัดการกับกากตะกอนขั้นสุดท้ายของโรงงาน เช่น ในบางครั้งอาจใช้การรีดน้ำ หรือบางครั้งอาจใช้ลานตาก กากตะกอนรุ่นที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ มีลักษณะดังต่อไปนี้

<u>กากตะกอน</u> F : เก็บจากระบบบำบัดน้ำทิ้งในขั้นตอน ตากตะกอน จากลานตากกากตะกอน มีลักษณะเป็นก้อนคล้ายดินเปียก สีน้ำตาลอ่อน เนื้อหยาบ เมื่อนำมาตากแดดให้แห้งเป็นเวลา 1 อาทิตย์ ตะกอนแห้งมีลักษณะเหมือนก้อนดินแข็ง เป็นโพรงโปร่ง

<u>กากตะกอน</u> B : เก็บจากระบบบำบัดน้ำทิ้งในขั้นตอน บีบรีดน้ำออก (press) จาก Vacumm Filtration มีลักษณะเป็นแผ่นหยุ่นมือ สีน้ำตาล เนื้อละเอียด เมื่อนำมาตากแดดให้แห้งเป็นเวลา 1 อาทิตย์ ตะกอนแห้งมีลักษณะแน่นแข็ง

<u>กากตะกอน</u> T : เก็บจากระบบบำบัดน้ำทิ้งในขั้นตอน ตากตะกอน จากลานตากตะกอน มีลักษณะแห้งแข็งกรอบเหมือนถ่าน สีดำสนิท เมื่อนำมาตากแดดให้แห้งสนิท ตะกอนแห้งมีลักษณะคงเดิม

ทันทีที่นำกากตะกอนมาจากโรงงาน นำไปวิเคราะห์หาความชื้น พบว่าเปอร์เซนต์ความชื้นในกากตะกอน F มีอยู่ 88.34% กากตะกอน B มี 85.47% และกากตะกอน T มี 23.69 % รูปที่ 4.19 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความชื้นในกากตะกอนจากทั้งสามโรงงาน และในดินปลูก

กากตะกอนที่มีเปอร์เซนต์ความชื้นน้อย จะทำให้เป็นการง่าย และประหยัดในเรื่องการขนส่งไปสู่แหล่ง เกษตรกรรม (1) โดยเฉลี่ยพบว่า กากตะกอนจากระบบ Activated Studge จะมีเปอร์เซนต์ความชื้น 98 - 99 % (9)

5.3 การเจริญเติบโตของผักกาดหอม

5.3.1 น้ำหนักสด (ตารางที่ 4.3)

การวัดการเจริญเติบโตของผักกาดหอมในรูปน้ำหนักสดซึ่งพบว่า ผักกาดหอมกลุ่มที่ปลูกในดินที่มีการเติมกากตะกอนจากโรงงานบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด (ทรีตเมนต์ B) มีน้ำหนักสดโดยเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มที่ได้รับทรีตเมนต์อื่น ๆ คือมีน้ำหนักเฉลี่ย 65.59 กรัม/ต้น รองลงไปคือกลุ่มที่ได้รับทรีตเมนต์ C, F, BS, TS, FS และ T โดยมีน้ำหนักสดเฉลี่ย 63.80, 63.40, 55.73, 52.87, 52.33 และ 43.03 กรัม/ต้น ตามลำดับ รูปที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของผักกาดหอมจากทุกทรีตเมนต์

เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติภายในระหว่างกลุ่มที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรม ปรากฏว่ากลุ่ม F และ B ไม่แตกต่างกันและไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมมีเพียงกลุ่ม T เท่านั้นที่แตกต่างจากลุ่มอื่น ๆ ที่ระดับนัยสำคัญ .05 แต่ที่ระดับนัยสำคัญ .01 ไม่แตกต่างกัน รูปที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของผักกาดหอมในระหว่างกลุ่มที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานและกลุ่มควบคุม

เมื่อเปรียบเทียบแต่เพียงปริมาณปุ๋ยที่เท่าเทียมกับที่ได้รับจากโรงงานทั้งสาม โดยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ในปริมาณที่เทียบเท่ากับที่ได้รับจากกากตะกอนของแต่ละโรงโดยให้เป็นทรีตเมนต์ FS, BS, TS โดยที่

FS คือ ผักกาดหอมกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยอนินทรีย์ในปริมาณที่เท่ากับที่ได้รับจากโรงงานโฟรโมสต์ อาหารนม จำกัด (ทรีตเมนต์ F)

BS คือ ผักกาดหอมกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยอนินทรีย์ในปริมาณที่เท่ากับที่ได้รับจากโรงงานบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด (ทรีตเมนต์ B)

TS คือ ผักกาดหอมกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยอนินทรีย์ในปริมาณที่เท่ากับที่ได้รับจาก โรงงานอุตสาหกรรมไทยชูรส จำกัด (ทรีตเมนต์ T)

พบว่า ทรีตเมนต์ BS ยังคงทำให้ผักกาดหอมมีน้ำหนักสดต่อต้นสูงที่สุดคือ 55.73 กรัม/ต้น ในขณะที่ทรีตเมนต์ FS และ TS ทำให้ผักกาดหอมมีน้ำหนักสดใกล้เคียงกัน คือ 52.33 กรัม/ต้น และ 52.87 กรัม/ต้น ตามลำดับ ทั้งนี้ผักกาดหอมจากทรีตเมนต์ทั้งสามมีน้ำหนักสดต่ำกว่ากลุ่มควบคุม รูปที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของผักกาดหอมในระหว่างกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยอนินทรีย์และกลุ่มควบคุม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 ทั้งสามกลุ่มคือ FS, BS และ TS ไม่แตกต่างกันและทั้งสามกลุ่มไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ทั้งนี้จากค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดแสดงให้เห็นว่า เมื่อใช้แต่เพียงปุ๋ยอนินทรีย์สูตร 15-15-15 ในอัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ กับปุ๋ยยูเรียในอัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ หรืออัตราที่ใช้เป็นกลุ่มควบคุม เป็นอัตราปุ๋ยอนินทรีย์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผักกาดหอมตามที่ตั้งไว้ และธาตุอาหารโดยเฉพาะ N, P, K ในปริมาณเทียบเท่ากับที่มีอยู่ในกากตะกอนจากโรงงานบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด ก็ทำให้น้ำหนักสดโดยเฉลี่ยของผักกาดหอมสูงกว่าค่าปุ๋ยในปริมาณที่เทียบเท่ากับที่มีในกากตะกอนจากโรงงานโฟรโมสต์อาหารนม จำกัด (ทรีตเมนต์ FS) และโรงงานอุตสาหกรรมไทยชูรส จำกัด (ทรีตเมนต์ TS)

เมื่อเปรียบเทียบกากตะกอนทีละโรงงาน กับปุ๋ยอนินทรีย์ พบว่ากากตะกอนจากโรงงานโฟร์โมสต์อาหารนม จำกัด (ทรีตเมนต์ F) ทำให้ผักกาดหอมมีน้ำหนักสดต่อต้นสูงกว่าผักกาดหอมกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยอนินทรีย์ในอัตราที่เท่าเทียมกัน คือ ทรีตเมนต์ FS แต่แม้กระนั้นก็ยังน้อยกว่ากลุ่มควบคุม โดยกลุ่ม F มีน้ำหนักสดสูงกว่ากลุ่ม FS คิดเป็น 11.07 กรัม/ต้น หรือเป็น 17.46% รูปที่ 4.23 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของผักกาดหอม จากทรีตเมนต์ F, FS และ ควบคุม ซึ่งการเปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 ชี้ว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่ม F ไม่แตกต่างจากลุ่ม FS และไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

ส่วนผักกาดหอมกลุ่มที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด (ทรีตเมนต์ B) มีน้ำหนักสดต่อต้นสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับทรัตเมนต์ BS คิดเป็น 9.86 กรัม/ต้น หรือคิดเป็น 15.03% และสูงกว่ากลุ่มควบคุม 1.79 กรัม/ต้น หรือ 2.73 % รูปที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของผักกาดหอมจากทรีตเมนต์ B, BS และควบคุม ซึ่งการเปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 ชี้ว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่ม B ไม่แตกต่างจากกลุ่ม BS และไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

สำหรับผักกาดหอมกลุ่มที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานไทยชูรส จำกัด (ทรีตเมนต์ T) มีน้ำหนักสดน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับปุ๋ยอนินทรีย์ในอัตราที่เท่าเทียมกับที่มีอยู่ในกากตะกอน

(ทรีตเมนต์ TS) 9.84 กรัม/ต้น หรือคิดเป็น 22.87 % และน้อยกว่ากลุ่มควบคุม 10.93 กรัม/ต้นหรือคิดเป็น 20.67 % รูปที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของผักกาดหอมจากทรีตเมนต์ T, TS และควบคุม ซึ่งจากการเปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 ชี้ว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ได้รับทรีตเมนต์ T ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับทรีตเมนต์ TS แต่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

กล่าวโดยสรุปที่ระดับนัยสำคัญ .05 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต่อต้นของแต่ละทรีตเมนต์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นกลุ่ม T หรือกลุ่มที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมไทยชูรส จำกัด ซึ่งมีน้ำหนักสดต่อต้นน้อยที่สุด คือ 43.03 กรัม แต่แม้กระนั้นก็ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยอนินทรีย์ทั้งสามทรีตเมนต์ คือ FS, BS และ TS

5.3.2 <u>น้ำหนักแห้ง</u> (ตารางที่ 4.4)

ทรีตเมนต์ B หรือกลุ่มที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานบุญรอดบริวเวอร์รี่ จำกัด มีน้ำหนักแห้งต่อต้นสูงสุด คือ 5.29 กรัม/ต้น รองลงไปคือกลุ่ม C , F , BS , FS , TS และ T ซึ่งมีน้ำหนัก 5.10, 4.80, 4.25, 4.06, 4.03 และ 3.31 กรัม/ต้น ตามลำดับ รูปที่ 4.26 แสดง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของผักกาดหอม จากทุกทรีตเมนต์

รูปที่ 4.27 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมจากทรีตเมนท์ F, B, T และ กลุ่มควบคุม ซึ่งเมื่อนำค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งมาเปรียบเทียบทางสถิติแบบ DMRTที่ระดับนัยสำคัญ .05 ในระหว่างกลุ่ม F,B และ T แตกต่างกันเอง แต่ทั้งนี้กลุ่ม F,B ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม มีเพียงกลุ่ม T เท่านั้นที่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

เมื่อศึกษาเปรียบเทียบแต่เพียงปริมาณปุ๋ยที่มีในกากตะกอนจากโรงงานทั้งสามและกลุ่มควบคุม พบว่ากลุ่มควบคุม เป็นอัตราที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ผักกาดหอมมีน้ำหนักแห้งสูงที่สุด รองลงไปคือกลุ่ม BS หรือกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยอนินทรีย์ในอัตราเทียบเท่ากับที่มีอยู่ในกากตะกอนจากโรงงานบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด ส่วนกลุ่ม FS และ TS มีน้ำหนักแห้งต่อต้นใกล้เคียงกันคือ 4.06 และ 4.03 กรัม/ต้น รูปที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมจากทรีตเมนต์ FS, BS TS และควบคุม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 ค่าเฉลี่ย

น้ำหนักแห้งของทั้งสามกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยอนินทรีย์คือ FS, BS และ TS ไม่แตกต่างกัน ทั้ง FS และ TS แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ส่วน BS ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

เมื่อศึกษาเปรียบเทียบแต่ละโรงงานกับปุ๋ยอนินทรีย์ พบว่ากากตะกอนจากโรงงานโฟร์โมสต์อาหารนม จำกัดทำให้น้ำหนักแห้งโดยเฉลี่ยต่อต้นของผักกาดหอมสูงกว่าการให้ผักกาดหอมรับปุ๋ยอนินทรีย์ในอัตราที่ได้รับ N, P, K เท่าเทียมกัน แต่ยังคงน้อยกว่ากลุ่มควบคุม โดยที่กลุ่ม F มีน้ำหนักแห้งสูงกว่ากลุ่ม FS คิดเป็น 15.14 % รูปที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมจากทรีตเมนต์ F, FS และควบคุม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 กลุ่ม F ไม่ แตกต่างจากกลุ่ม FS และกลุ่มควบคุม ส่วนกลุ่ม FS แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

ส่วนกลุ่มที่ได้รับทรีตเมนต์ B หรือ กากตะกอนจากโรงงานบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด มีน้ำหนักแห้งสูงกว่ากลุ่ม BS คิดเป็น 19.66 % และยังสูงกว่ากลุ่ม ควบคุม 3.59 % รูป 4.30 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมจากทรีตเมนต์ B, BS และ ควบคุม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 กลุ่ม B แตกต่างจากกลุ่ม BS แต่ทั้งกลุ่ม B และ BS ไม่แตกต่างจากกลุ่ม ควบคุม

ส่วนกลุ่มที่ได้รับทรีตเมนต์ T หรือ กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมไทยชูรส จำกัด มีน้ำหนักแห้งโดยเฉลี่ยต่อต้น ต่ำกว่ากลุ่ม TS อยู่ 0.72 กรัม/ต้น คิดเป็น 21.75 % น้อยกว่ากลุ่มควบคุม อยู่ 1.79 กรัม/ต้น หรือ คิดเป็น 54.08 % รูปที่ 4.31 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมจาก ทรีตเมนต์ T,TS และควบคุม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 กลุ่ม T ไม่แตกต่างจากกลุ่ม TS แต่ทั้งสองกลุ่ม แตกต่างจากกลุ่ม ควบคุม

โดยสรุปกลุ่มที่ได้รับกากตะกอนคือ F และ B มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม มีเพียงกลุ่ม T ที่แตกต่างออกไป

5.3.3 <u>ส่วนสูงของต้นผักกาดหอม</u>

รูปที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบส่วนสูงของต้นผักกาดหอมที่ได้รับทรีตเมนต์ต่าง ๆ จะเห็นว่า กลุ่ม B หรือผักกาดหอมที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด ยังคงมีการเจริญเติบโตในรูปส่วนสูง หรือความยาวส่วนเหนือดินสูงที่สุด คือเฉลี่ย

27.06 ซม/ต้น รองลงไปคือกลุ่ม F หรือผักกาดหอมกลุ่มที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานโฟร์โมสต์ จำกัด มีความสูงเฉลี่ย 26.51 ซม/ต้น กลุ่ม C หรือควบคุมกับกลุ่ม BS มีความสูงเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 25.29 และ 25.17 ซม/ต้น กลุ่ม TS, FS และกลุ่ม T มีความสูง 23.14, 22.74 และ 21.74 ซม/ต้น ตามลำดับ เมื่อนำค่าเฉลี่ยความยาวส่วนเหนือดินของแต่ละกลุ่มมาเปรียบเทียบทางสถิติได้ผลดังนี้

รูปที่ 4.33 แสดงการเปรียบเทียบส่วนสูงของต้นผักกาดหอมที่ได้รับทรีตเมนต์ F, B, T และควบคุม เป็นการเปรียบเทียบในระหว่างกลุ่มที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงาน พบว่ากลุ่ม B มีความสูงมากที่สุด รองลงไปคือ กลุ่ม F ทั้งสองกลุ่มนี้มีความสูงมากกว่ากลุ่ม C หรือกลุ่มควบคุม คิดเป็นเปอร์เซนต์เท่ากับ 7.35 และ 4.60 % ตามลำดับส่วนกลุ่ม T มีความสูงน้อยที่สุด คือเฉลี่ย 21.74 ซม/ต้น หรือน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอยู่ 16.32 % เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติแบบ DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ .05 กลุ่ม F,B และ T ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ในขณะที่กลุ่ม F และ B ไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่ม T แตกต่างออกไป

รูปที่ 4.34 แสดงการเปรียบเทียบส่วนสูงของต้นผักกาดหอมที่ได้รับทรีตเมนต์ FS, BS, TS และควบคุม นั่นคือ เมื่อเปรียบเทียบโดยคำนึงถึงแต่ค่าปุ๋ย N-P-K พบว่าอัตราปุ๋ยที่ทำให้ผักกาดหอมมีส่วนสูงของต้นสูงที่สุดคือ ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ และปุ๋ยยูเรีย 25 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งเป็นอัตราของกลุ่มควบคุม ตามที่กำหนดไว้ ในส่วนของอัตราเปรียบเทียบแต่ละโรงงานพบว่า กลุ่ม BS ทำให้ผักกาดหอมมีความสูงที่สุดรองลงไปคือ TS และ FS โดยทั้งสามกลุ่มนี้มีส่วนสูงของต้นน้อยกว่ากลุ่มควบคุม โดยเฉลี่ยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 0.48 , 9.29 และ 11.16 % ตามลำดับ การเปรียบเทียบทางสถิติที่นัยสำคัญ .05 แสดงให้เห็นว่าทั้งสามกลุ่มไม่แตกต่างกัน และไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

รูปที่ 4.35 แสดงการเปรียบเทียบส่วนสูงของต้นของผักกาดหอมที่ได้รับทรีตเมนต์ F, FS และ ควบคุม คือ เป็นการเปรียบเทียบในกากตะกอนในแต่ละโรงงานกับปุ๋ยอนินทรีย์จะพบว่ากลุ่มที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานโฟร์โมสต์อาหารนม จำกัด หรือกลุ่ม F มีการเจริญเติบโตในรูปของส่วนสูงมากกว่ากลุ่มที่ได้รับปุ๋ยอนินทรีย์ (กลุ่ม FS) ในปริมาณที่ให้ N-P-K เทียบเท่ากับที่มีในกากตะกอน คิดเป็น 14.22% และยังมากกว่ากลุ่มควบคุม คิดเป็น 4.6% เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 กลุ่ม F แตกต่างจากกลุ่ม FS แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

รูปที่ 4.36 แสดงการเปรียบเทียบส่วนสูงของต้นของผักกาดหอมที่ได้รับทรีตเมนต์ B, BS และควบคุม จะเห็นว่ากลุ่มที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด (กลุ่ม B) ได้ผลเช่นเดียวกับกลุ่ม F คือส่วนสูงของต้นมากกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยอนินทรีย์ในอัตราที่ให้ N, P, K ในปริมาณที่เท่าเทียมกับที่มีในกากตะกอน B คิดเป็น 6.54 และ 6.98% ตามลำดับ แต่ทั้งสามกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ

รูปที่ 4.37 แสดงการเปรียบเทียบส่วนสูงของต้นของผักกาดหอมที่ได้รับทรีตเมนต์ T, TS และ ควบคุม พบว่าการเจริญเติบโตของผักกาดหอมกลุ่มที่ได้รับกากตะกอน T แตกต่างจากกลุ่ม F และกลุ่ม B คือมีความยาวส่วนเหนือดินน้อยกว่ากลุ่ม TS และกลุ่มควบคุมคิดเป็น 6.44 และ 16.33 % ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 กลุ่ม T ไม่แตกต่างจากกลุ่ม TS และกลุ่มควบคุม

โดยสรุปเมื่อใช้การเปรียบเทียบทางสถิติของส่วนสูงของต้นผักกาดหอมที่ระดับนัยสำคัญ .05 ทรีตเมนต์ F,B,T ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ในระหว่างกลุ่มที่ได้รับกากตะกอน F และ B ไม่แตกต่างกันมีเพียง T ที่ต่างออกไป ส่วนในระหว่างกลุ่มที่ได้รับ ปุ๋ยอนินทรีย์ FS , BS และ TS ไม่แตกต่างกันและไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยส่วนรวมแล้วจะเห็นว่าการเจริญเติบโตของผักกาดหอมไม่ว่าจะพิจารณาจากน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง หรือส่วนสูงของต้น พบว่า กลุ่มที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด มีความเจริญเติบโตดีที่สุด คือ เจริญเติบโตมากกว่ากลุ่มควบคุม และมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ

เมื่อเปรียบเทียบกากตะกอนจากแต่ละโรงงาน กากตะกอนแห้งจากโรงงานบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด ทำให้ผักกาดหอมเจริญเติบโตได้ดีกว่า กากตะกอนจากโรงงานโฟร์โมสต์อาหารนม จำกัด และกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมไทยชูรส จำกัด

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดหอมที่ได้รับกากตะกอนแห้งกับปุ๋ยอนินทรีย์ จะเห็นว่าโดยเฉลี่ยผักกาดหอมกลุ่มที่ได้รับกากตะกอนแห้งมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าผักกาดหอมกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยอนินทรีย์ การทดลองนี้ให้ผลสอดคล้องกับที่ Sabey และ คณะ (47) พบว่าคุณค่าปุ๋ยที่มีในกากตะกอนอย่างเดียว หรือในกากตะกอนที่ผสมกับเศษไม้มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวสาลี (Triticum aestivum L.) เท่ากับหรือมากกว่า ปุ๋ยเคมีที่ประกอบด้วย N และ P ในอัตราสูง

จากการทดลองนี้ผักกาดหอมกลุ่มที่ได้รับกากตะกอน B และ F มีการเจริญเติบโตได้ดีโดยไม่แสดงอาการเป็นพิษ (phytotoxicity) ใด ๆ ซึ่งคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ Yuran และ Harrison (48) ซึ่งไม่พบว่าผักกาดหอมที่ปลูกโดยมีการเติมกากตะกอนจากชุมชนเปรียบเทียบกับกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรม ในปี 1983 และ 1984 จะมีอาการผิดปกติใด ๆ และยังมีการเจริญเติบโตอย่างดี เช่นเดียวกับผลงานของ Harrison และ Staub (49) ได้รับจากการปลูกแตงกวา แสดงให้เห็นว่ากากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมทั้งสองสามารถใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารพืชได้อย่างดี

ทั้งนี้การที่ผักกาดหอมกลุ่มที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมไทยชูรส จำกัด หรือกลุ่ม T มีการเจริญเติบโตแตกต่างจากกลุ่มอื่นนั้น เมื่อพิจารณาถึงปริมาณแร่ธาตุอาหาร และจุลธาตุอื่น ๆ ที่มีในกากตะกอนไม่พบว่ามีแร่ธาตุอาหารหรือจุลธาตุตัวใดที่มากหรือน้อยผิดไปจากกากตะกอนอื่นมากจนเกินไปนัก ดังนั้นการที่ผักกาดหอมในกลุ่ม T มีการเจริญเติบโตได้น้อยกว่ากลุ่มอื่น ๆ รวมทั้งกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยอนินทรีย์ทางการค้าในอัตราที่ให้ N-P-K ในปริมาณที่เท่าเทียมกัน อาจเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆดังต่อไปนี้

1.ค่า C/N ratio ของกากตะกอน T มีค่า 11.98 ในขณะที่กากตะกอน B และ F

มีค่า 3.33 และ 5 ตามลำดับ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่า อัตราการสลายตัวกลายเป็นแร่ธาตุของกากตะกอน T จะเกิดขึ้นได้ช้ากว่ากากตะกอน B และ F ดังนั้นผักกาดหอมกลุ่มที่ได้รับกากตะกอน B และ F จึงได้รับแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ ได้เร็วกว่ากลุ่มที่ได้รับกากตะกอน T ซึ่งทำให้มีการเจริญเติบโตได้เร็วกว่า สอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่า ผักกาดหอมกลุ่มที่ได้รับกากตะกอน B มีการเจริญเติบโตดีที่สุด เนื่องจากกากตะกอน B มีค่า C/N ratio ต่ำที่สุดในกลุ่มคือ 3.33 เท่านั้น ซึ่งหากเป็นเช่นนี้ผักกาดหอมกลุ่มที่ได้รับกากตะกอน T ก็อาจเติบโตได้เท่าเทียมกับผักกาดหอมกลุ่ม B และ F ได้ เพียงแต่ใช้ระยะเวลาในการปลูกนานขึ้น

2. ลักษณะทางกายภาพของกากตะกอนเอง เพราะกากตะกอน T ที่นำมาใช้ในการทดลองมีลักษณะแห้ง สีดำแข็งคล้ายถ่าน แตกต่างจากกากตะกอน F และ B ซึ่งมีลักษณะยืดหยุ่นฟู คล้ายดินเมื่อเปียกน้ำ ซึ่งมีผลในเรื่องลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของดินปลูก

3. อีกประการหนึ่ง อาจเป็นไปได้ที่ความแตกต่างในเรื่องการเจริญเติบโตอาจมาจากสาเหตุอื่น ๆ อาทิเช่น ความแปรปรวนของดินที่ใช้ปลูก ปริมาณน้ำที่ได้รับ และความแปรปรวนอื่นๆ

และจากผลการทดลองที่แสดงให้เห็นว่า กลุ่มควบคุมมีการเจริญเติบโตโดยเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยอนินทรีย์และสูงเป็นอันดับสองเมื่อเปรียบเทียบกับทุกกลุ่ม ชี้ให้เห็นว่าอัตราปุ๋ยที่กำหนดไว้สำหรับกลุ่มควบคุม เป็นอัตราที่พอเหมาะสำหรับผักกาดหอม

5.4 คุณสมบัติและลักษณะของดินหลังปลูก

คุณสมบัติทางเคมีของดิน

การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะดินที่เกิดขึ้น ภายหลังจากการใส่กากตะกอนลงดิน เป็นสิ่งที่จำเป็นที่จะต้องกระทำ แต่ถ้าหากว่าการใส่กากตะกอนลงดินนั้นเป็นการใส่ด้วยอัตรา agronomic rate หรือ ต่ำกว่า การตรวจวัดก็ไม่จำเป็นต้องกระทำ เพราะโดยทั่วไปแล้วการตรวจวัดดินที่จะกระทำเป็นช่วง ๆ นั้น จะกระทำต่อเมื่อเป็นกรณีดังต่อไปนี้ กรณีใดกรณีหนึ่งหรือมากกว่า คือ

1. ในกากตะกอนประกอบด้วยโลหะหนักหนึ่งหรือมากกว่า 1 ตัว หรือสารอินทรีย์ที่คงรูป (priority persistant organics) ในปริมาณที่มีนัยสำคัญ
2. มีการใส่กากตะกอนในอัตราสูง ๆ เนื่องจากดินนั้นจะกลายเป็นพิษต่อพืชที่ปลูก
3. เป็นกฎเกณฑ์ที่ออกมาควบคุมโดยหน่วยงานต่าง ๆ อาทิเช่น การควบคุม ให้มีเอช

ของดินอยู่ในระดับสูงกว่า 6.5 เสมอ

4. เป็นจุดประสงค์ของการทดลอง เพื่อจะได้มาซึ่งความรู้ในเรื่องปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของกากตะกอนและระบบดิน (9)

ในกรณีของการทดลองครั้งนี้ เป็นการใส่ด้วย agronomic rate คือการใส่กากตะกอนลงไปในดิน เพื่อให้ได้ N และ/หรือ P จากกากตะกอนที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชปลูกไม่เกินความต้องการ N และ/หรือ P ในแต่ละฤดูปลูกสำหรับแต่ละพืช ซึ่งเมื่อยึดถือ N เป็นหลัก ก็จะใส่ในปริมาณที่จะให้พืชได้รับ N ที่เป็นประโยชน์เท่ากับการใส่ปุ๋ยเคมี โดยการใช้ข้อแนะนำปริมาณปุ๋ย N ที่พืชต้องการให้เป็นประโยชน์ (9)

และในกากตะกอนที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีจุลธาตุโลหะหนักเป็นองค์ประกอบอยู่น้อยมาก ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นต้องตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของดินที่เกิดขึ้นภายหลังจากการทดลอง แต่เนื่องจากจุดประสงค์ของการทดลองแต่แรกเริ่มที่ต้องการจะทราบว่าเมื่อมีการใส่กากตะกอนโดยคำนึงถึง agronomic rate แล้ว ปริมาณ N ที่ใส่ลงดินโดยทางกากตะกอนนั้น ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวพืชปลูกไปแล้วนั้น จะยังคงเหลือ N ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินอีกเท่าใด และปริมาณโลหะหนักที่ไม่ได้เคลื่อนย้ายไปสู่ที่อื่น และยังคงตกค้างอยู่ในบริเวณนั้นมีมากน้อยเพียงไร แต่ทั้งนี้เนื่องจากว่าการทดลองนี้ไม่ได้ออกแบบเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับของไนโตรเจนในดิน กับระยะเวลาที่ผ่านไป ดังนั้นจึงไม่มีการเก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ทุกอาทิตย์

5.4.1 ไนโตรเจนทั้งหมดที่ตกค้างในดินปลูก

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total-N) ที่เหลือตกค้างในดินปลูก ซึ่งพบว่าดินที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานบูรอดบริวเวอรี่ จำกัด หรือทรีตเมนต์ B มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เหลือตกค้างอยู่สูงที่สุด คือ 1588.39 ppm รองลงไป คือ ดินที่ได้รับทรีตเมนต์ T, F, BS, Control, TS และ FS มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ตกค้างอยู่ 1526.10, 1519.18, 1325.39, 1282.14, 1268.29 และ 1247.53 ppm ตามลำดับ ดังแสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ตกค้าง จากทุกทรีตเมนต์ในรูปที่ 4.38 เมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบทางสถิติ แบบ DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ทรีตเมนต์ F ,B และ T ไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับที่ FS,BS,TS และ C ไม่ต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบในระหว่างโรงงาน จะเห็นว่าดินที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดตกค้างอยู่มากที่สุด โดยสูงกว่าดินที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมไทยชูรส จำกัด อยู่ 68.51 ppm หรือ 4.31% สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมไทยชูรส จำกัด อยู่ 62.29 ppm. หรือ 3.92% และยังสูงกว่ากลุ่มควบคุม 306.25 ppm หรือ 19.28% รูปที่ 4.39 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ตกค้างในดินปลูกในระหว่างทรีตเมนต์ F, B, T และ กลุ่มควบคุม

เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติภายในระหว่างกลุ่มที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานที่ระดับนัยสำคัญ .05 กลุ่ม F,B และ T ไม่แตกต่างกัน แต่ทั้งสามกลุ่มแตกต่างจากกลุ่มควบคุม

เมื่อเปรียบเทียบแต่เพียงปริมาณปุ๋ยที่เท่าเทียมกับที่ได้รับจากโรงงานทั้งสามโดยการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ในปริมาณที่เทียบเท่ากับที่ได้รับจากกากตะกอนของแต่ละโรงงาน และกลุ่มควบคุม พบว่า กลุ่ม BS มีปริมาณไนโตรเจนที่เหลือตกค้างในดินสูงกว่ากลุ่มอื่น คือสูงกว่ากลุ่ม FS 77.86 ppm. หรือ 5.87% สูงกว่ากลุ่ม TS 57.1 ppm หรือ 4.31% และสูงกว่ากลุ่มควบคุม 43.25 ppm หรือ 3.26% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 ทั้งกลุ่ม FS,BS,TS ไม่แตกต่างกัน และไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม รูปที่ 4.40 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ตกค้างในดินปลูก ระหว่างทรีตเมนต์ FS, BS, TS และกลุ่มควบคุม

เมื่อศึกษาเปรียบเทียบแต่ละโรงงานกับปุ๋ยอนินทรีย์ พบว่า ดินที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานโฟร์โมสต์อาหารนม จำกัด มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ตกค้างในดินสูงกว่าดินที่ได้รับปุ๋ยอนินทรีย์กลุ่ม FS อยู่ 271.65 ppm หรือ 17.88 % เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญที่ .05 ค่าทั้งสองแตกต่างกันโดยที่ F สูงกว่า FS และกลุ่มควบคุม รูปที่ 4.41 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ตกค้างในดินปลูกระหว่างกลุ่ม F, FS และกลุ่มควบคุม

ส่วนกลุ่มที่ได้รับทรีตเมนต์ B หรือดินที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดตกค้างในดินสูงกว่าดินที่ได้รับทรีตเมนต์ BS อยู่ 263 ppm หรือ 16.56% เช่นเดียวกับทรีตเมนต์ F คือกลุ่ม B แตกต่างจากกลุ่ม BS และกลุ่มควบคุมทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05

ส่วนกลุ่มที่ได้รับทรีตเมนต์ T หรือดินที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมไทยชูรส จำกัด มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดตกค้างในดินสูงกว่าดินที่ได้รับทรีตเมนต์ TS อยู่ 257.81 ppm หรือ 16.89% ซึ่งกลุ่ม T แตกต่างจากกลุ่ม TS และกลุ่มควบคุมทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ

.05 เช่นเดียวกับกลุ่ม F และ B รูปที่ 4.43 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ตกค้างในดินปลูกในระหว่างทรีตเมนต์ T, TS และ กลุ่มควบคุม

จากผลการทดลองดังกล่าว ที่แสดงว่า ดินที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานบุญรอดบริวเวอรี่จำกัด มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดตกค้างอยู่ในดินปลูกมากกว่าดินที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานอื่น คือ F และ T และขณะเดียวกันดินที่ได้รับกากตะกอนจากโรงงานทั้งสามโรง มีไนโตรเจนตกค้างสูงกว่าดินที่ได้รับปุ๋ยอนินทรีย์ทางการค้า ซึ่งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ผลการทดลองนี้สามารถวิเคราะห์เหตุผลได้ว่า การที่ดินซึ่งได้รับกากตะกอนจากโรงงานมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสะสมอยู่ในดินสูงกว่าดินที่ได้รับปุ๋ยอนินทรย์ ทั้ง ๆ ที่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ใส่ลงในดินในตอนเริ่มต้นการทดลองมีเท่ากัน และผลจากการวัดความเจริญเติบโตของผักกาดหอมที่แสดงให้เห็นว่าผักกาดหอมที่ปลูกในดินที่ได้รับกากตะกอน F และ B มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่า ผักที่ปลูกในดินที่ได้รับปุ๋ยอนินทรย์ ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ปริมาณไนโตรเจนจากทรีตเมนต์ F และ B ที่ถูกผักกาดหอมใช้ไปเพื่อการเจริญเติบโตย่อมไม่น้อยไปกว่าปริมาณไนโตรเจน จากทรีตเมนต์ FS, BS และควบคุม ที่ถูกผักกาดหอมใช้ไป ดังนั้นการที่มีไนโตรเจนเหลือสะสมอยู่ในดินมากกว่า อธิบายได้ว่าเป็นเพราะไนโตรเจน ที่ได้รับจากการเติมกากตะกอนถูกชะล้างไปจากดินน้อยกว่าไนโตรเจนที่ได้รับจากปุ๋ยอนินทรีย์ เหตุผลนี้สอดคล้องกับที่ Day และ Thompson (50) ชี้ว่า ปริมาณปุ๋ยในกากตะกอนจะไม่ถูกชะล้างออกจากดินโดยง่ายเหมือนปุ๋ยเคมี และไนโตรเจนในกากตะกอนจะค่อย ๆ ถูกปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืช (8)

เมื่อเปรียบเทียบในระหว่างกลุ่มที่ได้รับกากตะกอน การที่กากตะกอน T มีไนเตรทไนโตรเจน และแอมโมเนียมไนโตรเจน ซึ่งเป็นรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที และถูกชะล้างหรือสูญเสียได้โดยง่ายอยู่สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับกากตะกอน F และ B ทำให้สัดส่วนขององค์ประกอบไนโตรเจนในรูปที่จะค่อยๆ สลายตัวให้แร่ธาตุที่เป็นประโยชน์กับพืชที่ละน้อยใน T มีต่ำกว่าในกากคะกอน F และ B จึงเป็นไปได้ที่ว่า เมื่อใส่กากตะกอนลงดิน โดยกำหนดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดให้เท่ากันทุกสิ่งทดลอง ในตอนเริ่มแรกไนเตรทไนโตรเจนและแอมโมเนียมไนโตรเจน ซึ่งอยู่ในรูปที่จะถูกชะล้างจากดินได้โดยง่าย ถูกชะล้างไปจากดินก่อน โดยที่พืชทดลองยังไม่ได้ใช้ให้เป็นประโยชน์มากนัก เพราะยังอยู่ในระยะแรกของการเจริญเติบโต ดังนั้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมดที่เหลืออยู่ในดินที่ได้รับกากตะกอน T จึงน้อยกว่าดินที่ได้รับกากตะกอน B สอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่า การเจริญเติบโตของผักกาดหอมกลุ่มที่ได้รับกากตะกอน

B สูงกว่าผักกาดหอมกลุ่มที่ได้รับกากตะกอน T

5.4.2 จุลธาตุโลหะหนักในดินปลูกหลังการเก็บเกี่ยวผัก

จากผลการทดลองซึ่งพบว่า ปริมาณจุลธาตุโลหะหนักที่เหลือในดินปลูกมีอยู่น้อยมาก จากการใช้กากตะกอนน้ำทิ้งจากโรงงานทั้งสาม

แม้ว่าจากการทดลองโดยทั่วไป โอกาสที่โลหะหนักจะเหลือตกค้าง และสะสมอยู่ในดินที่เติมกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรม จะมีสูงกว่าในดินที่ได้รับกากตะกอนจากชุมชน (48) แต่ในการทดลองนี้ กากตะกอนที่ใช้มีโลหะหนักปนเปื้อนอยู่น้อยมากอยู่แล้ว ประกอบกับจุลธาตุประเภทโลหะหนัก สามารถเคลื่อนย้ายไปจากบริเวณที่ได้รับการผสมคลุกเคล้าได้ (11, 24) อาจจะเนื่องจากฝนหรือน้ำรด ดังนั้นปริมาณโลหะหนักที่มีเหลือตกค้างอยู่ในบริเวณนั้นยิ่งมีน้อยลง

จากผลการทดลองนี้ ชี้ให้เห็นว่า การใช้กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารและ/หรือเครื่องดื่ม ซึ่งไม่มีสารประเภทโลหะหนักเป็นวัตถุดิบในขบวนการผลิต ไม่มีผลเสียหายต่อดิน

5.5 จุลธาตุโลหะหนักที่สะสมในเนื้อเยื่อใบผักกาดหอม

เมื่อเปรียบเทียบผลของการใช้กากตะกอนน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารและ/หรือเครื่องดื่ม กับการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ทางการค้าในเรื่องการสะสมจุลธาตุโลหะหนักในเนื้อเยื่อใบผักกาดหอม ซึ่งพบว่าความเข้มข้นของ Cd, Pb และ Ni ในเนื้อเยื่อใบ ไม่แสดงความแตกต่างกัน เนื่องจากผลของการใช้กากตะกอน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ในทุกตัวอย่างที่สุ่มมามีปริมาณน้อยมากจนไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นเท่าใด ทั้งคู่

เนื่องจากในการทดลองนี้เป็นการศึกษาความเสี่ยงสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยการใช้ผักกินใบ บริโภคสดเป็นพืชทดลอง เพราะเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมของโลหะหนักในส่วนที่กินได้ของพืชแต่ละชนิด โดยทั่วไปโลหะหนักที่สะสมในใบผักมีระดับมากกว่าที่สะสมในผลหรือส่วนรากที่ใช้บริโภค (49) ทั้งนี้เนื่องจากกากตะกอนที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารและ/หรือเครื่องดื่มที่โดยตัวของมันเองแล้ว จากการวิเคราะห์พบว่ามีโลหะหนักปนเปื้อนอยู่น้อยมาก ดังนั้นโอกาสที่พืชจะดูดซับโลหะหนักเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อย่อมมีอยู่น้อยมาก สอดคล้องกับการศึกษาของ Yuran และ Harrison (48) ที่ชี้ว่ากากตะกอนจากแหล่งที่มี

โลหะหนักปนเปื้อนอยู่น้อย ปลอดภัยต่อการนำไปใช้ในการเกษตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย