



การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยหมักกากตะกอน

Development on Sewage Sludge Composting Technology

ภาวนา ลิกขนานนท์ สุปรานี มั่นหมาย ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต ภูพหอม พิเนตรเสถียร

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

เพื่อแก้ปัญหาในการจัดการกากตะกอนน้ำทิ้งชุมชนของกรุงเทพมหานครที่ผ่านกรรมวิธีบำบัดโดยวิธีการย่อย (digested sludge) จึงทดลองนำกระบวนการทำปุ๋ยหมักมาใช้เพื่อจัดการกากตะกอนน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว โดยศึกษาในสภาพกองปุ๋ยที่มีขนาดใหญ่ คือมีมวลรวมทั้งสิ้นไม่ต่ำกว่า 3 ตัน (ความชื้น 71 เปอร์เซ็นต์) ใช้ระบบการกองแบบกองนิ่งเติมอากาศ (aerated static) และมีการใช้ bulking agent เป็นท่อนไม้ขนาดเล็กปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ทดลองเปรียบเทียบการใส่เศษพืชแห้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักลงในกองปุ๋ยและการไม่ใส่เศษพืชแห้ง

ผลการทดลองพบว่า การใส่เศษพืชแห้งซึ่งทำหน้าที่เป็นวัสดุเติมที่เป็นอินทรีย์ organic amendment ปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเพิ่มโครงสร้างให้แก่กองปุ๋ยและเพิ่มแหล่งของคาร์บอนให้แก่กิจกรรมของจุลินทรีย์ในการทำให้กากตะกอนคงตัวยิ่งขึ้น ทำให้เกิดอุณหภูมิสูงเฉลี่ยภายในกองถึง 75 องศาเซลเซียสซึ่งสูงกว่าการไม่ใส่เศษพืชแห้งซึ่งมีอุณหภูมิภายในกองเฉลี่ยเท่ากับ 57 องศาเซลเซียสและมีช่วงอุณหภูมิสูงที่นานกว่า การผสมกากตะกอนกับเศษพืชแห้ง ทำให้เกิดการย่อยสลายส่วนที่เป็นอินทรีย์ในกากตะกอน (ปริมาณ volatile solids) ซึ่งเท่ากับ 46 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าการไม่ใส่เศษพืชแห้งซึ่งเท่ากับ 38 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทดลองใช้ปุ๋ยหมักกากตะกอนกับคละน้ำ มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยหมักกากตะกอนและการใส่ปุ๋ยเคมี ทำให้ได้น้ำหนักคละน้ำไม่แตกต่างกัน

คำนำ

กากตะกอนน้ำทิ้งชุมชนได้มาจากขั้นตอนการบำบัดน้ำทิ้งชุมชนก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ มักเกิดขึ้นจากการบำบัดขั้นต้นและการบำบัดขั้นที่ 2 การบำบัดขั้นต้นเป็นการทำของแข็งส่วนที่ตกตะกอนให้แยกตัวออกจากน้ำโดยใช้หลักการแรงโน้มถ่วงหรืออาจใช้สารเคมีช่วยในการตกตะกอน เป็นส่วนที่มุ่งให้สารส่วนที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ตกตะกอนในถัง ส่วนการบำบัดขั้นที่ 2 เป็นขั้นตอนการเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่ยังคงมีอยู่จากการบำบัดขั้นต้นให้กลายเป็นเซลล์ของจุลินทรีย์และนำเซลล์นี้ไปแยกออกจากน้ำ จากนั้นต้องนำตะกอนน้ำทิ้งมาบำบัดต่อ เพราะยังถือว่าเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดมลภาวะ เนื่องจากตะกอนส่วนใหญ่เป็นตะกอนอินทรีย์ซึ่งยังมีสภาพไม่คงตัว ทำการบำบัดต่อโดยการลดส่วนที่เป็นน้ำแล้วเปลี่ยนสารอินทรีย์ของตะกอนให้อยู่ในสภาวะที่คงตัว กากตะกอนที่ได้ (digested sludge) จะต้องถูกนำไปกำจัดทิ้งต่อไป

ในปัจจุบันนี้ การเพิ่มขึ้นของค่าใช้จ่ายด้านการพลังงาน และการเฝ้าระวังด้านสิ่งแวดล้อม ทำให้การกำจัดกากตะกอนโดยใช้กากตะกอนเป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยหมัก เป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจเพราะนอกจากจะลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังใช้ประโยชน์จากปุ๋ยหมักที่ได้กับพื้นที่เกษตรกรรมโดยใช้เป็นปุ๋ยหรือปรับปรุงโครงสร้างดิน เนื่องจากในกากตะกอนมีธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุที่เป็นประโยชน์ต่อดินและพืช แต่เนื่องจากกากตะกอนจาก



การบำบัดน้ำทิ้งชุมชนมีการย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นบางส่วนที่ชั้นตอนบำบัดตะกอน จึงจำเป็นต้องศึกษาหาวิธีการที่สามารถทำให้กากตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำทิ้งย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมักได้อย่างสมบูรณ์

กระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก (composting) เป็นการออกซิไดซ์วัสดุอินทรีย์ทางชีวภาพโดยกลุ่มของจุลินทรีย์ชั้นตอนของกระบวนการจะมีช่วงที่อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยขึ้นสูง บางครั้งอาจสูงถึง 80 องศาเซลเซียส กากตะกอนน้ำทิ้งทุกชนิดสามารถนำมาผ่านกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักได้ ไม่ว่าจะเป็นกากตะกอนชั้นที่ 1 หรือชั้นที่ 2 (De Bertoldi *et al.*, 1982) ตามความเป็นจริงแล้ว กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการจัดการกากตะกอนน้ำทิ้ง เพราะสามารถทำให้ส่วนที่เป็นอินทรีย์ของกากตะกอนคงตัว สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคที่มีในกากตะกอน ลดปริมาณความชื้นของกากตะกอนลงได้ และช่วยดึงดูดใจให้นำกากตะกอนกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เป็นกระบวนการจัดการกากตะกอนในลักษณะที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและถูกสุขลักษณะ แต่ปัญหาก็คือธรรมชาติทางด้านกายภาพของกากตะกอนน้ำทิ้งเช่นโครงสร้างอสัณฐาน (amorphous structure) ของกากตะกอนแบบ digested sludge นั้นเองที่เกือบทำให้ไม่สามารถหมักปุ๋ยจากกากตะกอนได้นอกจากจะต้องมีการผสม bulking agent ที่เหมาะสม เช่น เศษไม้และขี้เลื่อย (Golueke *et al.*, 1981) ลงในขั้นตอนการทำปุ๋ยหมัก ดังนั้น เพื่อมุ่งถึงความสำเร็จในการทำปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำทิ้งของกรุงเทพมหานคร จึงทดลองทำปุ๋ยหมักโดยใช้ท่อนไม้ขนาดเล็กเป็น bulking agent กำหนดระบบการทำปุ๋ยหมักเป็นแบบกองนิ่งเติมอากาศและมีการทดลองใช้เศษพืชแห้งเพิ่มให้แก่กากตะกอนเป็น organic amendment และนำกากตะกอนที่ได้มาทดลองใช้เป็นปุ๋ยให้แก่คะน้าในกระถางทดลอง

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. กากตะกอนน้ำทิ้งชุมชนจากโรงบำบัดน้ำทิ้งของกรุงเทพมหานครที่หนองแขม
2. วัสดุที่ใช้เป็น bulking agent คือ ท่อนไม้ขนาดประมาณ 3x6x2 เซนติเมตร
3. เศษพืชแห้ง
4. บี้มลมขนาด 3 แรงม้า
5. เทอร์โมมิเตอร์
6. อุปกรณ์ที่ใช้ในการกองปุ๋ย
7. สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อการวิเคราะห์ทางเคมีและจุลชีววิทยา
8. อุปกรณ์และเครื่องแก้วเพื่อการวิเคราะห์ทางเคมีและจุลชีววิทยา
9. ลานรับวัตถุดิบและลานกอง
10. เมล็ดพันธุ์คะน้า
11. กระถางดินเผาขนาด 8 นิ้ว
12. ดินชุดกำแพงแสน
13. ปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0



วิธีการ

การทดลองผลิตปุ๋ยหมัก วางแผนการทดลองแบบ observation trial โดยกำหนดให้จำนวนกองปุ๋ยหมักเท่ากับ 2 กองและมีขนาดใหญ่พอที่จะศึกษาปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเป็นปุ๋ยหมักของกากตะกอนน้ำทิ้งชุมชนคือมีขนาดของกองปุ๋ยเท่ากับ 3 ลูกบาศก์เมตร (น้ำหนักกากตะกอนเปียกประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 3,000 กิโลกรัม) กรรมวิธีการทดลองมีดังนี้ 1. กากตะกอน 2. กากตะกอนใส่เศษพืชแห้ง 4 เปอร์เซ็นต์ ทั้ง 2 กองมีการใช้ bulking agent ปริมาณที่ใช้เท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

การเตรียมวัตถุดิบ

1. ทำการขนกากตะกอนน้ำทิ้งชุมชนจากโรงบำบัดน้ำเสียของกรุงเทพมหานครที่หนองแขม-ภาษีเจริญมาไว้ที่ลานรับวัตถุดิบปริมาณทั้งหมดเท่ากับ 12 ตันเปียก (ความชื้น 71 เปอร์เซ็นต์) เก็บตัวอย่างกากตะกอนเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมีและชีวภาพก่อนการทดลอง ทำการผึ่งกากตะกอนเพื่อลดปริมาณความชื้นลงให้เท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์

2. เตรียม bulking agent ให้เพียงพอต่อการทดลอง ในการทดลองนี้ใช้ท่อนไม้ขนาดเล็กเป็น bulking agent ปริมาณที่เตรียมเท่ากับ 1,200 กิโลกรัม

3. จัดเตรียมวัสดุที่จะใช้เพิ่มลงในกระบวนการย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมัก (amendment) ของกากตะกอนน้ำทิ้ง ในการทดลองนี้ใช้เศษพืชแห้งเป็น organic amendment เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมีและชีวภาพก่อนการทดลอง

4. จัดสร้างลานกองแบบมีท่อให้อากาศ ขนาดลานกอง เท่ากับ 6x5 เมตร

ทำการคลุกผสมกากตะกอนน้ำทิ้งเข้ากับหัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์อัตราการใช้ กากตะกอนหนัก 1 ตันต่อหัวเชื้อ 1 ถุง (350 กรัมต่อถุง) แล้วแบ่งกากตะกอนนี้ออกเป็น 2 ส่วนให้เท่ากันโดยน้ำหนัก (ประมาณส่วนละ 3,000 กิโลกรัม) ส่วนที่ 1 เป็นกองที่ 1 คลุกกากตะกอนให้เข้ากับท่อนไม้ขนาดเล็ก 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ส่วนที่ 2 เป็นกองที่ 2 คลุกกากตะกอนให้เข้ากับท่อนไม้ขนาดเล็ก 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและเศษพืชแห้ง 4 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักกากตะกอน จากนั้นทำการกองปุ๋ยหมักจากกากตะกอนทั้ง 2 ส่วน ได้กองปุ๋ยหมักจำนวน 2 กอง โดยทั้ง 2 กอง มีขนาดกว้างxยาวxสูงเท่ากับ 1.5x2.5x0.8 เมตร ตามลำดับบนลานกองที่มีท่อให้อากาศ ปริมาณความชื้นของกองปุ๋ย ทั้ง 2 กองมีค่าประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ระบบการทำปุ๋ยหมักแบบนี้เป็นแบบ aerated static โดยให้อากาศกองปุ๋ยแบบบังคับ (forced aeration) แบบ intermittent กำหนดให้อากาศ 3 ชั่วโมงสลับกับหยุดให้อากาศ 3 ชั่วโมงให้ทุกวัน เป็นระยะเวลา 14 วัน วัตถุประสงค์ของกองปุ๋ยที่ตำแหน่งต่างๆ 10 จุดทุกวันจนครบระยะเวลา 40 วัน เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ทางเคมีและชีวภาพทุก 4 7 10 15 และ 30 วัน เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ระยะเวลาก่อนทำการกอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

การทดลองปลูกคะน้าโดยใช้ปุ๋ยหมักกากตะกอนที่ผลิตได้ วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 ซ้ำ มี 4 กรรมวิธีดังนี้ 1. ไม่ใส่ปุ๋ย 2. ปุ๋ยเคมี 3. ปุ๋ยหมักกากตะกอน 4. 1/2 ปุ๋ยเคมี+1/2 ปุ๋ยหมักกากตะกอน ทำการปลูกคะน้าในกระถางดินเผาขนาด 8 นิ้วที่บรรจุดินชุดดินก้ำแพงแสนหนัก 6 กิโลกรัมต่อกระถาง การใส่ปุ๋ยเคมี 21-0-0 ใส่ 0.90 กรัม/กระถาง ปุ๋ยหมักกากตะกอนใส่ 35 กรัม/กระถาง ปุ๋ยเคมี 21-0-0 ครึ่งอัตราและปุ๋ยหมักกากตะกอนใส่ 0.45 และ 35 กรัม/กระถางตามลำดับ



ผลการทดลองและวิจารณ์

สมบัติทางกายภาพ เคมีและชีวภาพของวัตถุดิบก่อนทำปุ๋ยหมัก กากตะกอนน้ำทิ้งชุมชน

สมบัติทางกายภาพ กากตะกอนที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลองทำปุ๋ยหมักครั้งนี้มีสภาพเปียก มีสีน้ำตาล-ดำ มีขนาดเล็กจนถึงละเอียด มีกลิ่นเหม็นเหมื่อนกลิ่นน้ำคั่ว ความชื้นของกากตะกอนน้ำทิ้งชุมชนจากโรงบำบัดน้ำเสียหนองแขม-ภาษีเจริญที่วิเคราะห์ได้เท่ากับ 71 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นระดับความชื้นที่ไม่เหมาะสมกับการทำปุ๋ยหมัก ซึ่งระดับที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์ (Gaur, 1980) ดังนั้นทำการลดปริมาณความชื้นโดยการฝังลมจนได้ความชื้นประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์

สมบัติทางเคมี ค่าความเป็นกรด-ด่าง (1:5) เท่ากับ 6.31 EC เท่ากับ 2.69 ms/cm. อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์) เท่ากับ 32.5 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) เท่ากับ 2.78, 0.17 และ 0.09 ตามลำดับ ปริมาณโลหะหนัก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) Cr 1132, Ni 292, Zn 1333, Cu 4861 As 35, Mo 6.74, Cd 2.33, Pb 195, Hg 3.11 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 27.6

สมบัติทางชีวภาพ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 2.15×10^7 โคโลนีต่อกรัม เป็นจุลินทรีย์ประเภทแบคทีเรีย เท่ากับ 2.1×10^7 ราเท่ากับ 5.0×10^5 โคโลนีต่อกรัม

เศษพืชแห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง (1:5) เท่ากับ 5.11 EC เท่ากับ 3.3 ms/cm. อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์) เท่ากับ 78.1 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) เท่ากับ 2.83, 0.06 และ 1.59 ตามลำดับ

กากตะกอนน้ำทิ้งผสมเศษพืชแห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง (1:5) เท่ากับ 6.21 EC เท่ากับ 3.01 ms/cm. อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์) เท่ากับ 33.1 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) เท่ากับ 2.07, 0.16 และ 0.12 ตามลำดับ

ปัจจัยที่ศึกษาในการทำปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำทิ้งชุมชน

1. อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดผลลัพธ์สุทธิและอัตราของปฏิกิริยาทางเคมีและชีวเคมีภายในกองปุ๋ยหมัก (Johnson *et al.*, 1974) เป็นที่ทราบกันมานานว่า การจับตัวเป็นเม็ดของวัสดุที่มีส่วนที่เป็นอินทรีย์สูงมีแนวโน้มที่อุณหภูมิจะสูงขึ้นได้เอง ซึ่งเป็นผลมาจากประชากรจุลินทรีย์ที่มีอยู่เดิมในวัสดุอินทรีย์นั้นย่อยสลายส่วนที่ย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วและเกิดความร้อนจากปฏิกิริยาขึ้นมา (Finstein and Morris, 1975) ในกองปุ๋ยที่มีขนาดและความเป็นฉนวนที่มากเพียงพอ ความร้อนที่เกิดขึ้นถูกเก็บไว้ภายในกองและทำให้อุณหภูมิของกองปุ๋ยเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 70-80 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกรอบๆภายในระยะเวลาเพียง 2-3 วัน (Epstein *et al.* 1976; Tansey and Brock, 1978) ระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นและต่ำลงของกองปุ๋ยหมักที่มีการไม่เติมเศษพืชแห้ง (กองที่ 1) และกองปุ๋ยหมักที่มีการเติมเศษพืชแห้ง (กองที่ 2) จะเห็นได้ว่า กองปุ๋ยที่ 1 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในกองปุ๋ยหมักขึ้นสูงถึงประมาณ 50 องศาเซลเซียสภายใน 2 วัน หลังจากนั้นอุณหภูมิเพิ่มสูงเรื่อยๆแต่ในระดับที่ไม่รวดเร็วและอุณหภูมิสูงสุดที่ 57 องศาเซลเซียสภายในระยะเวลา 5 วัน หลังจากนั้นอุณหภูมิเริ่มต้นลดต่ำลงที่ละน้อย โดยอุณหภูมิจะอยู่ในช่วง 46-40 องศาเซลเซียสในระหว่างวันที่ 11-22 จากนั้นอุณหภูมิลดต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส จนถึงวันที่ 40 และ 60 วันหลังกองปุ๋ย อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยมีการเปลี่ยนแปลงน้อยคือจะมีค่าประมาณ 33 องศาเซลเซียส กองปุ๋ยที่ 2 อุณหภูมิเฉลี่ยภายใน



กองปุ๋ยหมักสูงกว่าอุณหภูมิของกองที่ 1 จากรูปจะเห็นว่าความชันของเส้นกราฟของกองที่ 2 มากกว่าของกองที่ 1 โดยอุณหภูมิขึ้นสูงถึงประมาณ 63 องศาเซลเซียสภายใน 2 วัน และจากนั้นสูงขึ้นตามลำดับจนอุณหภูมิสูงสุดที่ 74 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 7 วัน หลังจากวันนี้อุณหภูมิเริ่มต้นลดต่ำลงจนถึงวันที่ 21 อุณหภูมิประมาณ 47 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยเริ่มสูงขึ้นมาอีกครั้งจนถึงวันที่ 25 ที่อุณหภูมิสูงเป็นประมาณ 53 องศาเซลเซียส จากนั้นเริ่มลดต่ำลงที่ละน้อยโดยมีค่าอยู่ในช่วง 40-46 องศาเซลเซียสจนถึงวันที่ 40 ที่วันที่ 60 อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 38 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิที่สูงกว่าค่าอุณหภูมิของกองที่ 1

2. ปริมาณความชื้นและส่วนที่เป็นของแข็ง (solids)

ปริมาณความชื้น และความเข้มข้นของส่วนที่เป็นของแข็งทั้งหมด (total solids) และส่วนที่เป็นของแข็งที่ระเหิดเป็นไอได้ (volatile solids, VS) ของกองปุ๋ยที่ 1 และที่ 2 ปริมาณ VS หาได้โดยวิธีการเผาที่ 550 องศาเซลเซียส มักใช้ปริมาณ VS เป็นมาตรบอกความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพของส่วนที่เป็นอินทรีย์ที่มีสภาพเป็นของแข็งในวัสดุเหลือทิ้งจากเมืองใหญ่ (Tchobanoglous *et al.*, 1993) ปริมาณ VS ของกองปุ๋ยกองที่ 1 ลดจากวันที่ 1 ซึ่งเท่ากับ 62.5 เปอร์เซ็นต์ เป็น 50.3 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 45 ดังนั้นการสูญเสียปริมาณ VS จึงมีค่าประมาณ 12.2 เปอร์เซ็นต์ การลดลงของ VS ค่อนข้างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์แรกหลังกองปุ๋ย และลดลงที่ละน้อยอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 45 หลังกองปุ๋ย น้ำหนักเริ่มต้นของกองปุ๋ยกองที่ 1 ประมาณ 3,080 กิโลกรัม ซึ่งมีส่วนเป็นน้ำ 1,934 กิโลกรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลองน้ำหนักปุ๋ยหมักที่ได้เท่ากับ 1,600 กิโลกรัม ซึ่งมีส่วนเป็นน้ำ 717 กิโลกรัม ดังนั้น น้ำหนักที่หายไป (น้ำหนักแห้ง) จึงเท่ากับ 263 กิโลกรัม หรือประมาณ 23 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักที่ระยะเวลาเริ่มต้น ปริมาณ VS เมื่อวันที่ 1 เท่ากับ 716 กิโลกรัม วันที่ 45 ปริมาณ VS เท่ากับ 444 กิโลกรัม ดังนั้น ประมาณ 38 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณ VS ตั้งต้นถูกย่อยสลายไป

ในกองปุ๋ยกองที่ 2 การสูญเสียปริมาณ VS มีค่าประมาณ 18.6 เปอร์เซ็นต์ และเช่นเดียวกับกองปุ๋ยกองที่ 1 การลดลงของปริมาณ VS เป็นไปอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์แรกหลังการกองปุ๋ย และลดลงที่ละน้อยอย่างต่อเนื่องจนถึงสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักเริ่มต้นของกองปุ๋ยกองที่ 1 ประมาณ 3,000 กิโลกรัม ซึ่งมีส่วนเป็นน้ำ 1,848 กิโลกรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลองน้ำหนักปุ๋ยหมักที่ได้เท่ากับ 1,480 กิโลกรัม ซึ่งมีส่วนเป็นน้ำ 628 กิโลกรัม ดังนั้น น้ำหนักที่หายไป จึงเท่ากับ 300 กิโลกรัม หรือประมาณ 26 เปอร์เซ็นต์ ของเมื่อเริ่มต้น ส่วนปริมาณ VS เมื่อวันที่ 1 มี 782 กิโลกรัม วันที่ 45 ปริมาณ VS เหลือ 420 กิโลกรัม ดังนั้น ประมาณ 46 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณ VS ตั้งต้นถูกย่อยสลายไป ดังนั้นการย่อยสลายทางชีวภาพของส่วนที่เป็นของแข็งอินทรีย์ในกากตะกอนน้ำทิ้งในกองที่ 2 จึงมีมากกว่าในกองที่ 1

การทดลองปลูกคะน้าโดยใช้ปุ๋ยหมักกากตะกอน

น้ำหนักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยหมักกากตะกอนน้ำทิ้งซึ่งเท่ากับ 41.44 กรัมต่อต้นไม่แตกต่างจากน้ำหนักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งหนัก 48.49 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1. น้ำหนักต้นคะน้าที่ระยะเวลา 45 วัน

กรรมวิธีการทดลอง	น้ำหนักต้น (กรัม)
1. ไม่ใส่ปุ๋ย	27.63
2. ปุ๋ยเคมี	48.49
3. ปุ๋ยหมักกากตะกอน	47.41
4. 1/2ปุ๋ยเคมี + 1/2ปุ๋ยหมักกากตะกอน	41.44



สรุปผลการทดลอง

การใช้กระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก (composting) เพื่อจัดการกำจัดกากตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำทิ้งแบบ digested sludge ทำให้ได้ผลผลิตเป็นวัสดุอินทรีย์ที่มีลักษณะคงตัวหรือที่เรียกกันว่าปุ๋ยหมัก โดย ปรับความชื้นของ กากตะกอนให้ได้ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ กองปุ๋ยขนาดประมาณ กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 1.5x2.5x0.8 เมตร ตามลำดับ ใช้ท่อนไม้ขนาดเล็กปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ เป็น bulking agent และใช้เศษพืชแห้งปริมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ เต็มให้กากตะกอน ใช้ระบบการกองปุ๋ยแบบ aerated static และให้อากาศแบบบังคับ โดยมีลมขนาด 3 แรงม้า การให้อากาศให้แบบเป็นช่วง ให้อากาศอย่างต่อเนื่อง 3 ชั่วโมงและหยุดพัก 3 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 14 วัน โดย อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักสูงขึ้นถึง 75 องศาเซลเซียสและจะได้ปุ๋ยหมักที่ใช้ได้ภายในเวลามากกว่า 60 วัน

การนำไปใช้ประโยชน์

กรุงเทพมหานครสามารถนำเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยหมักกากตะกอนน้ำทิ้งชุมชนที่ได้ เป็นแนวทางสำหรับ จัดการกำจัดกากตะกอนน้ำทิ้งชุมชนแบบ digested sludge

เอกสารอ้างอิง

- De Bertoldi, M., U. Citrinesi and M. Grisell. 1982. Microbial Populations in compost process, *In* Composting Theory and Practice for City, Industry and Farm. The JG Press Emmaus, PA, pp 26-33.
- Epstein, E., G.B. Willson, W.D. Burge, D.C. Mullen and N.K. Enkiri. 1976. A force aeration system for composting wastewater sludge. *J. Water Pollut. Control Fed.* 48:688-694
- Finstein, M.S. and M.L. Morris. 1975. Microbiology of municipal solid waste composting. *Adv. Appl. Microbiol.* 19: 113-151.
- Gaur, A.C. 1980. Fundamentals of composting. *Compost Technol.* 13: 7-14.
- Golueke, C.G., D. Lafrenz, B. Chaser and L.F. Diaz. 1980. Composting combined refuse and sewage sludge. *Compost Sci./Land Util.* 21(5) : 42-48
- Johnson, F.H., H. Eyring and B.J. Stover. 1974. *The theory of rate and processes in biology and medicine.* John Willey & Sons, Inc., New York.
- Tansey, M.R. and T.D. Brock. 1978. Microbial life at high temperatures: ecological aspects, *In* D.J. Kushner (ed.) *Microbial life in extreme environments.* Academic Press, Inc., New York, pp 159-216.
- Tchobanoglous, C., H. Theisen and S. Vigil. 1993. *Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues.* McGraw-Hill, Inc. Singapore, 977 pp.